

MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO

EFEITOS DE IDADE, FÓSFORO, MOLIBDÊNIO E COBALTO NAS
PERCENTAGENS DE NPK EM DIFERENTES PARTES DO
FEIJOEIRO - COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

TESE DE MESTRADO

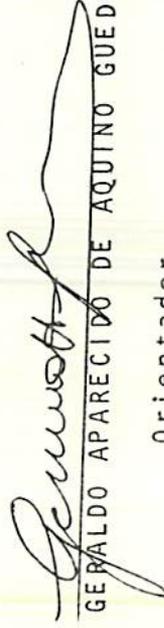
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

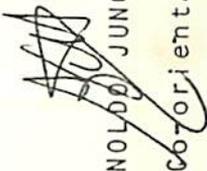
LAVRAS - MINAS GERAIS

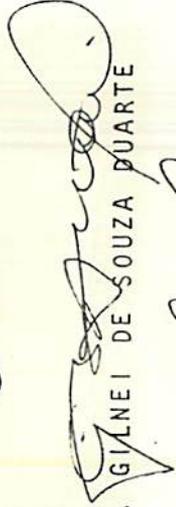
1977

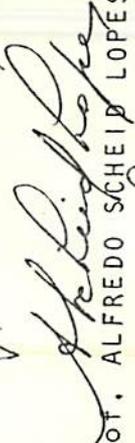
EFEITOS DE IDADE, FÓSFORO, MOLIBDÊNIO E COBALTO NAS
PERCENTAGENS DE N P K EM DIFERENTES PARTES DO
FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

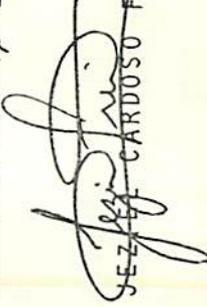
APROVADA:


Prof. GERALDO APARECIDO DE AQUINO GUEDES
Orientador


Prof. ARNALDO JUNQUEIRA NETTO
Coorientador


Prof. GILNEI DE SOUZA DUARTE


Prof. ALFREDO SCHEID LOPES


Prof. SEZAR EL CARDOSO FREIRE

DEDICO

A minha esposa Flávia;
a meu filho Régis;
a meus pais e irmãos;
e à família de minha
esposa.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e à Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.

Ao Departamento de Ciências do Solo (DCS), pelas facilidades oferecidas.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio na execução deste trabalho.

Ao Professor Orientador, Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, pela incansável e eficiente orientação e amizade com que sempre me distinguiu.

Ao Professor Co-orientador, Arnaldo Junqueira Netto pela orientação, sugestão do assunto desta pesquisa e amizade.

A Professora Janice Guedes de Carvalho do Departamento de Química, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela valiosa colaboração e orientação nas análises do material vegetal.

Ao Professor Gilnei de Souza Duarte, pela ajuda prestada durante a análise estatística dos dados.

Ao Professor Nilton Curi, pela colaboração na identificação e classificação do solo.

Aos demais professores que transmitiram seus valiosos conhecimentos.

Ao estudante de Agronomia Valcir R. Bortolan, pela ajuda durante a análise estatística dos dados.

À querida esposa Flávia, que além do carinho e dedicação, colaborou também em todas as fases desse curso.

Ao amigo e colega de curso, Joaquim dos Santos Machado, pela colaboração, amizade e convivência.

Aos Técnicos Agrícolas, Mário Lúcio dos Santos e Vitorino Wagner Domingos de Souza, pela valiosa colaboração prestada nos trabalhos de campo.

Às funcionárias do laboratório de análise foliar e de solo pela execução dos trabalhos de análise.

Ao Bibliotecário da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Bacharel Dorval Botelho Santos, pelas referências bibliográficas.

À Maria José Dias e Analucia Meirelles Andrade, pelos trabalhos de datilografia desta tese.

Aos demais colegas do curso de mestrado.

E, finalmente, a todos que, de uma maneira ou de outra, colaboraram para a concretização do presente trabalho.

O autor

BIOGRAFIA DO AUTOR

MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO, filho de Morel Pereira Barbosa e Maria da Costa Barbosa, nasceu em Campo Belo, Minas Gerais, aos 13 dias do mês de março de 1948.

Fez os cursos básicos, primário e secundários em grupos e colégios de Campo Belo, Minas Gerais.

Ingressou em 1970 no Colégio Universitário da Universidade Federal de Viçosa e em 1971 na Escola Superior de Agricultura, graduando-se em Agronomia em 1974.

Em 1975, iniciou seu trabalho profissional na Associação de Crédito e Assistência Rural do Espírito Santo (Ex-ACARES), transferindo-se, posteriormente, para o serviço de Extensão Rural de Minas Gerais (Ex-ACAR), tendo desempenhado a função de Exensionista local, em Patos de Minas, Minas Gerais.

Em 1976, foi contratado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), tendo iniciado o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em março do mesmo ano.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Generalidades	9
3.2. O solo	11
3.3. Tratamentos e delineamento experimental	13
3.4. Dados utilizados e análise do material vegetal	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. Efeitos dos tratamentos no teor percentual de nitrogênio	17
4.2. Efeitos dos tratamentos no teor percentual de fósforo	25
4.3. Efeitos dos tratamentos no teor percentual de potássio	33

5. CONCLUSÕES	42
6. RESUMO	44
7. SUMMARY	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE	54

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Características químicas e texturais das amostras coletadas a 20 cm a partir da superfície do solo ..	12
2	Esquema da análise de variância empregado	14
3	Quadrados médios obtidos na análise de variância dos dados para nitrogênio nas diferentes partes da planta	19
4	Quadrados médios obtidos na análise de variância dos dados para fósforo nas diferentes partes da planta	26
5	Quadrados médios obtidos na análise de variância dos dados para potássio nas diferentes partes da planta	34

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Situação do município de Lavras, Minas Gerais	10
2	Precipitação pluviométrica diária ocorrida durante o período de permanência do experimento no campo ..	16
3	Variação das percentagens de nitrogênio na raiz, em função da idade da planta, na presença e ausência do fósforo	20
4	Variação das percentagens de nitrogênio no caule, em função da idade da planta	21
5	Variação das percentagens de nitrogênio na folha, em função da idade da planta	22
6	Variação das percentagens de nitrogênio na vagem, em função da idade da planta	24
7	Variação das percentagens de fósforo na raiz, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo	27

FIGURA

Página

8	Variação das percentagens de fósforo no caule, em função da idade da planta	29
9	Variação das percentagens de fósforo na folha, em função da idade da planta	30
10	Variação das percentagens de fósforo na folha, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo	31
11	Variação das percentagens de fósforo na vagem, em função da idade da planta	35
12	Variação das percentagens de potássio na raiz, em função da idade da planta	37
13	Variação das percentagens de potássio no caule, em função da idade da planta, na presença e ausência de molibdênio	38
14	Variação das percentagens de potássio no caule, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo	40
15	Variação das percentagens de potássio na folha, em função da idade da planta	41

1. INTRODUÇÃO

A produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) depende de vários fatores, dentre os quais o suprimento e a intensidade de absorção de nutrientes minerais. Investigações por COBRA NETTO et alii (11), GALLO & MIYASAKA (15) e HAAG et alii (18) sobre as causas de crescimento e de absorção de nutrientes pela referida planta tem sido desenvolvidas, especialmente no Estado de São Paulo, no sentido de conhecer a quantidade de nutrientes absorvidos e a intensidade relativa de absorção durante o desenvolvimento da planta. Informações sobre a variação da composição química da planta durante o seu ciclo vegetativo é importante porque pode dar uma idéia de seu estado nutricional e pode esclarecer problemas básicos de adubação.

Por ser o feijão uma cultura de subsistência, poucos são os trabalhos básicos de nutrição mineral conhecidos. Entretanto, não foi encontrado até o presente, na literatura mundial e nacional consultadas, nenhum trabalho semelhante a este, sobre a absorção de N-P-K pelo feijoeiro comum afetada pelo Mo e Co. Existem, todavia, alguns trabalhos realizados com leguminosas por AH

MED & EVANS (1, 2, 3); CHENG & OULLETE (10); DELWICHE (12) e GIDDENS & PERKINS (16), relacionando o efeito desses elementos com a fixação biológica do nitrogênio.

No Brasil, centenas de experimentos já foram realizados sobre a resposta diferencial do feijoeiro à adubação, visando elevar seu rendimento. Entretanto, nesses trabalhos de modo geral, empregam-se apenas a adubação N-P-K e quando usam micronutrientes, é normal o emprego de uma mistura desses elementos, dificultando-se, desta maneira, separar o efeito de cada um.

Considerando-se o exposto, pretendeu-se com o presente trabalho, verificar em condições de campo, as variações percentuais de N-P-K na raiz, caule, folha, vagem e grãos do feijoeiro comum provocadas pelo efeito do fósforo, molibdênio e cobalto em diversas idades da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, não se tem conhecimento de trabalhos referentes ao efeito do Mo e Co na absorção de nutrientes pelas leguminosas. Aplicação de pequenas quantidades de Mo, So^- , ou em combinação com outros elementos tais como Ca, B, Co, Cu ou P, segundo vinte e cinco pesquisadores de todo mundo, citados por CHENG & OULLETE (10), tem aumentado a produção, número de nódulos e teores de nitrogênio, proteína, aminoácidos, carboidratos, caroteno, clorofila e ácido ascórbico de várias plantas, inclusive o feijoeiro. A função do Mo nos sistemas enzimáticos da fixação do nitrogênio sugere que as plantas dependentes da simbiose, quando sujeitas à deficiência desse micronutriente, ficariam carentes de nitrogênio. O Co está associado a maiores teores de vitamina B_{12} , leg-hemoglobina nos nódulos e à síntese da 5,6 dimetil benzimidazolil-cobamida, uma coenzima encontrada nos nódulos e nos *Rhizobium* de vida livre segundo AHMED & EVANS (1) e REISENAUER (29). O efeito do Co na nutrição da planta é, portanto, indireto.

Além do Mo e Co, o fósforo segundo HELDER (19) é necessã-

rio, tanto para a atividade da nitrato redutase quanto para a absorção de $N-NO_3$ e do próprio fósforo, segundo RESNIK (30), de maneira que a falta de qualquer um deles certamente acarretará uma diminuição na capacidade absorptiva da planta.

AIYAR, citado por BIDDULPH & WOODBRIDGE (7) verificou, em condições controladas, que o aumento na concentração de fósforo causou diminuição no teor de nitrogênio nas raízes do feijoeiro.

O teor de fósforo, além de variar nas diferentes partes da planta, tem apresentado valores bem diferentes em função do seu nível na solução do solo, da espécie da planta e estágio de crescimento da cultura. Absorvido principalmente na forma de $H_2PO_4^-$, transforma-se em compostos orgânicos dentro dos tecidos para desempenhar funções importantes no metabolismo energético segundo EPSTEIN (13).

O fósforo favorece a absorção e translocação do molibdênio. Essas espécies de interações iônicas são surpreendentes - porque considerações de ordem química sugerem a probabilidade de sinergismo entre os dois íons. Talvez seja essa uma das situações discutidas por EPSTEIN (13) em que o sinergismo leva a um movimento acelerado.

Com relação às exigências minerais do feijoeiro, GALLO & MIYASAKA (15) e COBRA NETTO et alii (11) estudaram as curvas de produção de matéria seca e de absorção dos macronutrientes em função da idade da planta, sob condições de campo. Os primeiros encontraram a seguinte seqüência de absorção percentual de nutri

entes em ordem decrescente: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo, enquanto que os outros encontraram na seguinte ordem decrescente: nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo, mostrando apenas uma inversão na ordem dos elementos enxofre e magnésio. Constataram que o máximo de absorção dos macronutrientes se dá em torno dos 56 dias após a semeadura.

HAAG et alii (18), estudando a marcha de absorção dos macronutrientes essenciais na cultura do feijoeiro, em condições controladas, encontraram que a planta absorveu todo nitrogênio, potássio e cálcio de que necessita aos primeiros 50 dias, sendo que o fósforo não apresentou época preferencial de absorção. Foi observada a seguinte seqüência de absorção em ordem decrescente: nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo.

De modo geral, os teores de nitrogênio, fósforo e potássio são mais elevados por ocasião do florescimento e formação dos frutos, decrescendo com o aumento do peso da planta segundo GALLO & MIYASAKA (15) e HAAG et alii (18). Nos órgãos vegetativos, os teores de nitrogênio tendem a decrescer com a idade da planta. Os primeiros autores verificaram que as raízes mostravam um incremento acentuado do teor de nitrogênio quando a percentagem desse elemento nas folhas começava a diminuir.

BIDDULPH & WOODRIGE (7) verificaram que, em condições controladas a concentração de fósforo na raiz das plantas de feijão era particularmente alta a níveis elevados desse elemento e que o ganho inicial de fósforo era mais rápido em todas as partes da

planta, quando aumentava seu nível na solução nutritiva.

Em relação à variação dos teores dos nutrientes no caule, comumente, esta parte da planta apresenta maior concentração de nutrientes que as raízes e menor que as folhas conforme verificou MAFRA (23). O decréscimo dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas da planta madura, a partir da formação de vagens, foi encontrado por HAAG et alii (18), sugerindo translocação dos elementos.

RUSCHEL et alii (31), verificaram em condições de campo, que o Mo, em presença do B, aplicados às sementes de feijão em revestimento de fosforita + carbonato de cálcio, aumentou o N percentual e total do feijoeiro. Em condições controladas, usando solução nutritiva, RUSCHEL & REUSZER (32) encontraram menor teor de N na parte aérea do feijoeiro quando o Mo estava ausente na solução nutritiva. FRANCO & DAY (14), entretanto, utilizando seis cultivares de feijão, obtiveram respostas à adubação com Mo, apenas para os cultivares "Venezuela 350" e "Rico-23", sendo as respostas dependentes do pH do solo.

Com relação à aplicação conjunta de Mo e Co sobre a cultura do feijão, JUNQUEIRA NETTO et alii (20), trabalhando em solo argiloso e contaminado com *Rhizobium phaseoli*, verificaram um aumento de 100 e 130% na produção de feijão, pela aplicação de Co e Mo, respectivamente. Juntos, esses micronutrientes foram tão eficientes como o P aplicado na dose de 200 kg/ha. Entretanto, a associação do P com o Co, Mo ou ambos, não produziu efeitos melhores do que o conseguido com apenas P.

Resposta positiva à aplicação de cobalto em alfafa (*Medicago sativa* L.) foi encontrada por REISENAUER (29), em Berkeley (E.U.A.).

Conforme AHMED & EVANS (1), as plantas que se desenvolveram na ausência de cobalto, apresentaram um decréscimo na produção e mostraram sintomas de deficiência de nitrogênio, sugerindo que este elemento está, provavelmente, envolvido de alguma maneira no processo de fixação de nitrogênio pelas leguminosas.

No que diz respeito ao modo de aplicação do Mo ou Co, na literatura encontram-se os mais variados métodos, porém, poucos estudos têm sido conduzidos no sentido de comparar métodos de aplicação segundo MURPHY & WALSH (26). As técnicas mais adotadas são: mistura com outros adubos e aplicados no sulco de plantio por BRAGA (8) e MIYASAKA et alii (24, 25), revestimento à semente por RUSCHEL et alii (31) e em pulverização por CAMARGO & SILVA (9). Mas conforme MURPHY & WALSH (26), a técnica de tratamento da semente em solução talvez seja a mais comum e eficiente porque o Mo e Co pode ser mais uniformemente aplicados, em vista da pequena quantidade exigida pelas culturas.

O Mo, normalmente, é aplicado na forma de molibdato de sódio segundo BRAGA (8), GIDDENS & PERKINS (16) e JUNQUEIRA NETTO et alii (20), molibdato de amônio, trióxido de molibdênio, sulfato de molibdênio, ou mesmo "frits" de molibdênio com 2-3% de Mo aproximadamente conforme MURPHY & WALSH (26). O cobalto, normalmente, é empregado na forma de sulfato de cobalto segundo DELWICHE et alii (12) ou cloreto de cobalto segundo AHMED & EVANS (1,

2, 3). As doses usadas foram de 0,1 e 1,0 ppb de cobalto em solução nutritiva, enquanto que JUNQUEIRA NETTO et alii (20) usaram 0,25 g/ha em solução aplicada às sementes. Com relação ao molibdênio, CAMARGO & SILVA (9) recomendam, para uso em pulverização foliar, a dose de 20 g de molibdato de sódio em 100 litros de água. HAGSTROM & BERGER citados por MURPHY & WALSH (26), obtiveram bons resultados usando 56 g/ha de molibdato de sódio, em aplicação foliar na ervilha. BRAGA (8), entretanto, utilizando-se a variedade "Rico-23", verificou que o máximo de produção foi obtido com 13,5 g de molibdênio por hectare, aplicado na forma de molibdato de sódio puro no sulco de plantio e que, desta dose em diante, a produção caiu, sugerindo um efeito fitotóxico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Generalidades

O experimento foi realizado em área da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, tendo sido instalado em 26 de outubro do ano agrícola 1976/77. O clima da região é do tipo temperado propriamente dito, mesotérmico de inverno seco (Cwb), segundo a classificação de Köppen, citado por BAHIA (5).

A altitude de Lavras está entre 900 e 950 metros, situada na latitude de $21^{\circ}14'06''$ sul e na longitude de $45^{\circ}00'$ Gr. (Figura 1). Os dados diários de precipitação pluviométrica foram coletados durante o período de permanência do experimento no campo.

Antes do plantio e da adubação, o terreno foi devidamente arado e gradeado. Aplicou-se uma tonelada de calcário calcítico micropulverizado (P.R.N.T. = 80%), vinte dias antes da instalação do experimento. A adubação básica, aplicada em todos os tratamentos, foi de 40 kg/ha de K_2O e 20 kg de N nas formas de cloreto de potássio e sulfato de amônio, respectivamente, aplicados

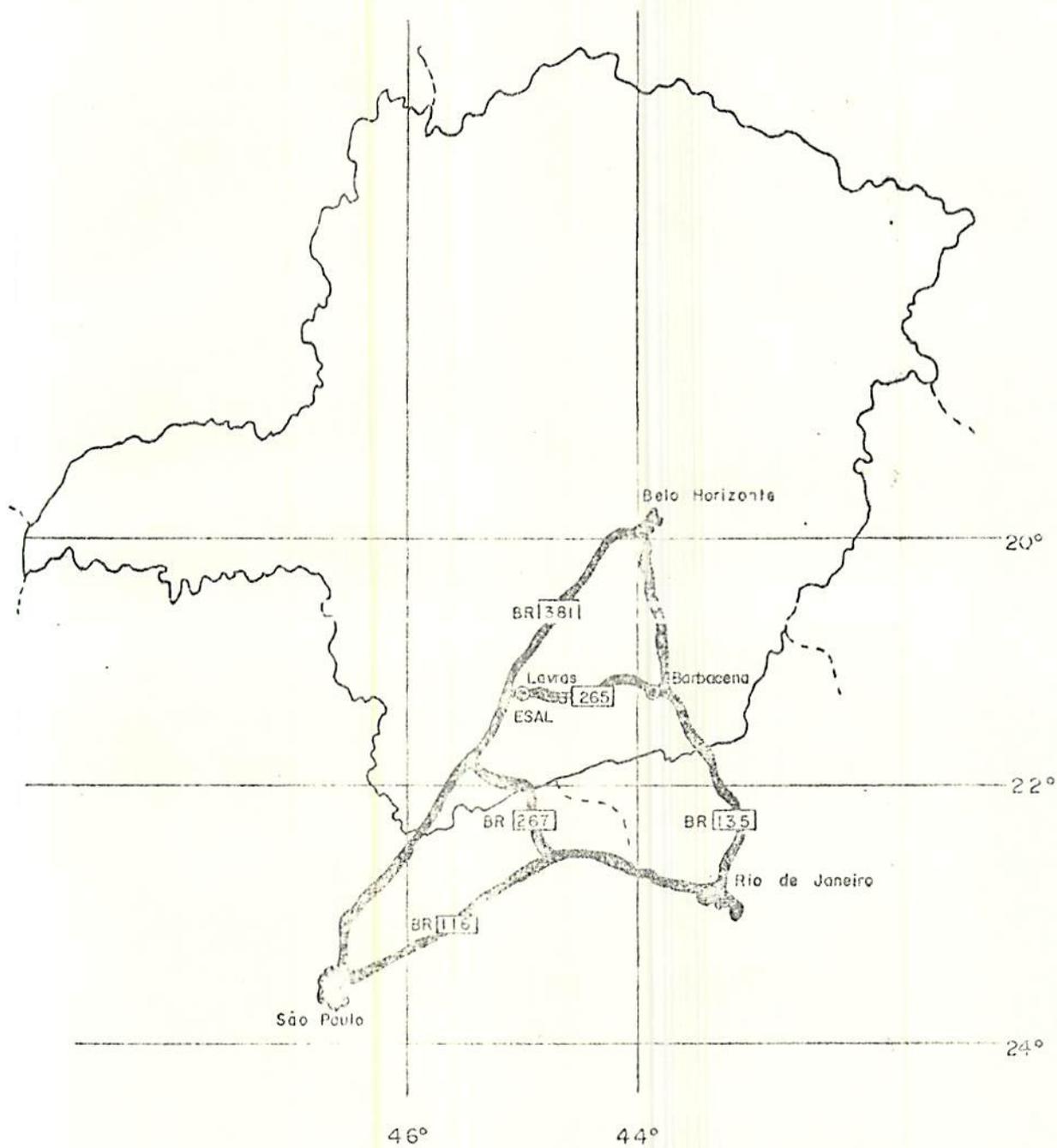


FIG. 1 — Situação do município de Lavras, Minas Gerais.

no sulco de plantio misturados com a terra, sendo que o nitrogênio correspondeu a 1/3 do total indicado pelo boletim de recomendações do uso de fertilizantes para o estado de Minas Gerais (28).

O cultivar de feijão empregado foi o "Ricobaio 1014" não inoculado, tendo sido semeadas duas sementes a cada 10 cm de sulco, espaçados 50 cm, com profundidade de 3 cm, dispensando-se o desbaste.

Em virtude da falta de chuva, durante a fase de germinação, a primeira coleta de material para análise foi feita aos vinte dias após a emergência, e as outras de dez em dez dias, até completar sete coletas correspondendo, respectivamente, às épocas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Foram efetuados tratamentos fitossanitários para combater o ataque de pragas, utilizando-se inseticida clorado. Os demais tratamentos foram executados de acordo com as técnicas recomendadas para a cultura.

3.2. O solo

O presente trabalho foi realizado em solo pertencente, segundo os critérios propostos por BENNEMA & CAMARGO para a Classificação Brasileira (6), à unidade taxonômica Latossolo Roxo Distrófico textura muito argilosa relevo ondulado, ou Oxisol pela 7a. Aproximação, do SOIL SURVEY STAFF (33) descrito morfologicamente e classificado por CURI* (APÊNDICE 1).

* CURI, N. - 1977. Informação pessoal.

As amostras de material do solo foram coletadas e analisadas por bloco, antes da instalação, no laboratório de solos "John H. Weelock" do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras e interpretação dos resultados baseada no boletim de recomendações do uso de fertilizantes para o estado de Minas Gerais (28). Algumas características analíticas da camada de 20 cm a partir da superfície, são apresentadas no quadro 1. Em relação ao suprimento de nutrientes, apresentam na camada superficial baixa disponibilidade, com um teor médio de matéria orgânica. De acordo com a análise textural, o solo pertence à classe textural muito argilosa, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (21).

Deve ser considerado que o terreno vem sendo trabalhado a no após ano, recebendo contínuos preparos e adubações.

QUADRO 1 - Características químicas e texturais das amostras coletadas a 20 cm a partir da superfície do solo

pH em água (1:2,5)		5,0 M
Al ⁺⁺⁺	- meq/100 cm ³	0,1 B
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	- meq/100 cm ³	2,0 B
K	- ppm	32,5 B
P	- ppm	3,5 B
M.O.	- %	2,65 M
Areia	- %	25,8
Limo	- %	2,0
Argila	- %	72,2

Nas colunas, M e B indicam níveis médio e baixo, respectivamente (28).

3.3. Tratamentos e Delineamento Experimental

Os tratamentos foram constituídos pelas combinações de três fatores, quais sejam: molibdênio, cobalto e fósforo em duas dosagens cada. As doses de molibdênio foram de 0,0 e 13,0 g/ha na forma de heptamolibdato de amônio e as de cobalto 0,0 e 0,25 g/ha na forma de sulfato de cobalto, aplicados à semente em solução e no ato do plantio MURPHY & WALSH (26), e fósforo nas dosagens de 0,0 e 200 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato simples. Essas fontes, com exceção do fósforo, foram reagentes P.A.

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com duas repetições, em parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas épocas de coleta e as subparcelas pelos tratamentos (fatorial 2^3), cujo esquema de análise de variância, considerando-se as sete épocas de coleta, consta no quadro 2.

Cada parcela compreendia oito subparcelas com três fileiras de 3 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, sendo aproveitada a fileira central, desprezando-se 0,30 m em cada extremidade, sendo portanto, a área útil de cada subparcela 2,40 m²

As plantas de cada subparcela foram colhidas em épocas de finidas, tendo-se o cuidado para não danificar o sistema radicular.

3.4. Dados utilizados e análise do material vegetal

Foram colhidas vinte plantas ao acaso, na fileira compre-

endida na área útil de cada parcela. As plantas foram separadas em raiz, caule, folha, vagem e grãos que após lavados com água desmineralizada, foram colocadas para secar em estufa a 60-70° C. O preparo do material para análise foi feito em moinho Wiley médio com peneira de malha 20.

Na matéria seca das diferentes partes das plantas coletadas, foram determinados os teores percentuais de nitrogênio, fósforo e potássio. Essas determinações foram efetuadas segundo a técnica descrita por LOTT et alii (22), no laboratório de análise foliar do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

QUADRO 2 - Esquema de análise de variância empregado

F. V.*	G. L.
Bloco	1
Época de coleta	6
Resíduo (a)	6
Parcela	13
Adubação	7
Adubação x Época de coleta	42
Resíduo (b)	49
TOTAL	111

* Fontes de variação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima é um fator importante afetando a absorção de nutrientes através da influência da temperatura e fornecimento de água para as plantas e microorganismos.

Após o plantio, período em que o teor de umidade é importante para a germinação das sementes, a deficiência de água no solo (figura 2) foi acentuada, afetando o crescimento das plantas, razão por que a primeira colheita de material para análise, só foi possível vinte dias após a emergência. Por outro lado, a elevada precipitação, 366 mm e 211 mm, ocorrida respectivamente, no mês de dezembro e nos últimos 20 dias do mês de janeiro, coincidente com as fases críticas de florescimento e "pegamento" das vagens, supriu as necessidades de água da cultura.

As temperaturas, durante o período de permanência do experimento no campo, variaram de 10,0 a 30,0°C, com média das mínimas de 12,8°C e das máximas de 29,9°C, sendo portanto, a média das médias igual a 21,4°C, dados que concordam com MIYASAKA et alii e SING & MACKE segundo AMARAL (4), no que se refere às exigências de temperaturas para o desenvolvimento do feijoeiro.

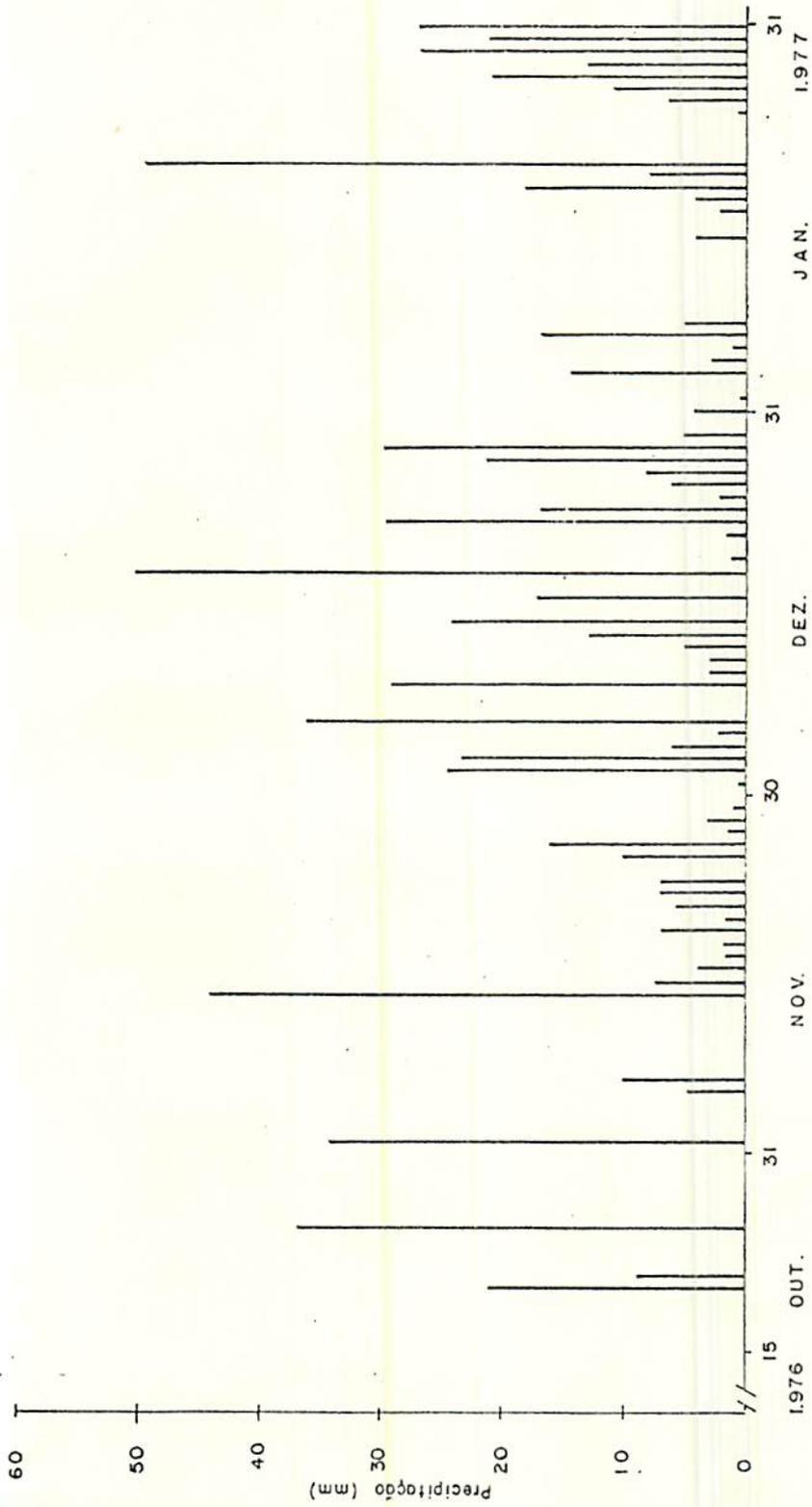


FIG. 2 — Precipitação pluviométrica diária ocorrida durante o período de permanência do experimento no campo. (Dados fornecidos pela Estação Experimental de Lavras.)

4.1. Efeitos dos tratamentos no teor percentual de nitrogênio

Em ecossistemas naturais, o teor de nitrogênio do solo depende, entre outros fatores, da atividade da microflora e microfauna, do clima, características físicas do solo, tipo de vegetação segundo STEVENSON (34). Absorvido nas formas amoniacal e nítrica, esta última é preferencialmente absorvida em função da espécie, do estágio de crescimento da planta e da disponibilidade de outros nutrientes conforme MAFRA (23) e EPSTEIN (13). Uma vez absorvido, ele se transloca para outras partes, sendo comumente o elemento mais abundante nas plantas, depois do carbono e dos elementos da água segundo descrição de EPSTEIN (13).

As percentagens de nitrogênio nas diferentes partes da planta e sua variação durante o ciclo são apresentados no apêndice 2.

A análise de variância para percentagem de nitrogênio na raiz mostra resultados significativos para época, fósforo e interação idade x fósforo. O desdobramento da interação mostra que a presença do fósforo reduziu significativamente o percentual de nitrogênio aos 20 e 60 dias de idade e que, de modo geral, a percentagem do nutriente decresceu com a idade da planta tanto na presença como na ausência do fósforo, o que concorda plenamente com os resultados alcançados por MAFRA (23). A causa desse decréscimo talvez seja atribuída ao efeito de diluição.

A diminuição do percentual de nitrogênio teve representação cúbica na presença de fósforo e quadrática na sua ausência.

A equação de regressão cúbica (Figura 3) mostra que o nível máximo de nitrogênio na raiz ocorreu quando a planta tinha em torno de 25 dias e mínimo quando tinha pouco mais de 75 dias. Resultado semelhante foi encontrado por AIYAR, citado por BIDDULPH & WOODBRIDGE (7) no caso da raiz do feijoeiro, em condições controladas. Tudo indica que o fenômeno observado não se deve ao fator genético impedindo o transporte do nitrogênio e sim à influência do fósforo inibindo a absorção do nitrogênio pelas raízes, sem uma definição se a inibição foi competitiva ou não competitiva.

O nutriente no caule decresceu com a idade da planta como pode ser observado na figura 4, apresentando uma tendência quadrática, evidenciando-se uma estabilização na fase final do ciclo, conforme se verifica na figura 4.

Novamente, verificou-se um efeito significativo do fósforo ao nível de 1% na redução do teor de nitrogênio no caule (quadro 3).

Do mesmo modo que para raiz e caule, na folha também houve um efeito quadrático altamente significativo da idade da planta sobre o teor de nitrogênio, o qual sofreu um decréscimo até a fase final do seu ciclo, conforme pode ser visto na figura 5.

Pelo quadro 3 de resumo dos quadrados médios, verifica-se um efeito significativo, ao nível de 5%, para a interação Mo x P. Por essa razão, procedeu-se ao seu desdobramento. O Mo aumentou a percentagem de nitrogênio na ausência de P, enquanto que o P

QUADRO 3 - Quadrados médios obtidos na análise de variância dos dados para nitrogênio nas diferentes partes da planta

F. V.	Raiz	Caule	Folha	Vagem	Grão
Bloco	0,0130	0,0021	0,2614	0,0252	0,3444
Idade (I)	2,8362**	4,1365**	9,3221**	31,3790**	0,2926
Resíduo (a)	0,0233	0,0128	0,0018	0,1699	0,0105
Molibdênio (Mo)	0,0135	0,0212	0,0124	0,0216	1,4450*
Cobalto (Co)	0,0519	0,0661	1,0868	0,0290	0,0024
Fósforo (P)	0,4590*	0,9994**	0,0179	0,2351	0,0171
Mo x Co	0,0920	0,2584	0,0677	0,2128	0,2178
Mo x P	0,0004	0,1132	0,8122*	0,0183	0,0820
Co x P	0,0510	0,0283	0,4043	0,0017	0,0171
Mo x Co x P	0,0333	0,0416	0,0585	0,6722*	0,1035
I x Mo	0,0850	0,1007	0,5851	0,1239	0,3321
I x Co	0,0850	0,0240	0,1522	0,0623	0,0561
I x P	0,1403*	0,1519	0,2446	0,0208	0,0799
I x Mo x Co	0,0473	0,0179	0,0689	0,0097	0,0153
I x Mo x P	0,0305	0,0761	0,1314	0,1047	0,2812
I x Co x P	0,0701	0,0737	0,1708	0,1155	0,0200
I x Mo x P x Co	0,0368	0,0659	0,0813	0,0251	0,1301
Resíduo (b)	0,0476	0,0812	0,1428	0,1143	0,0866
C. V. (%) - P	9,45	6,81	13,13	16,32	2,70
C. V. (%) - SP	13,51	16,81	10,70	13,38	7,74

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

P = Parcela; SP = Subparcela

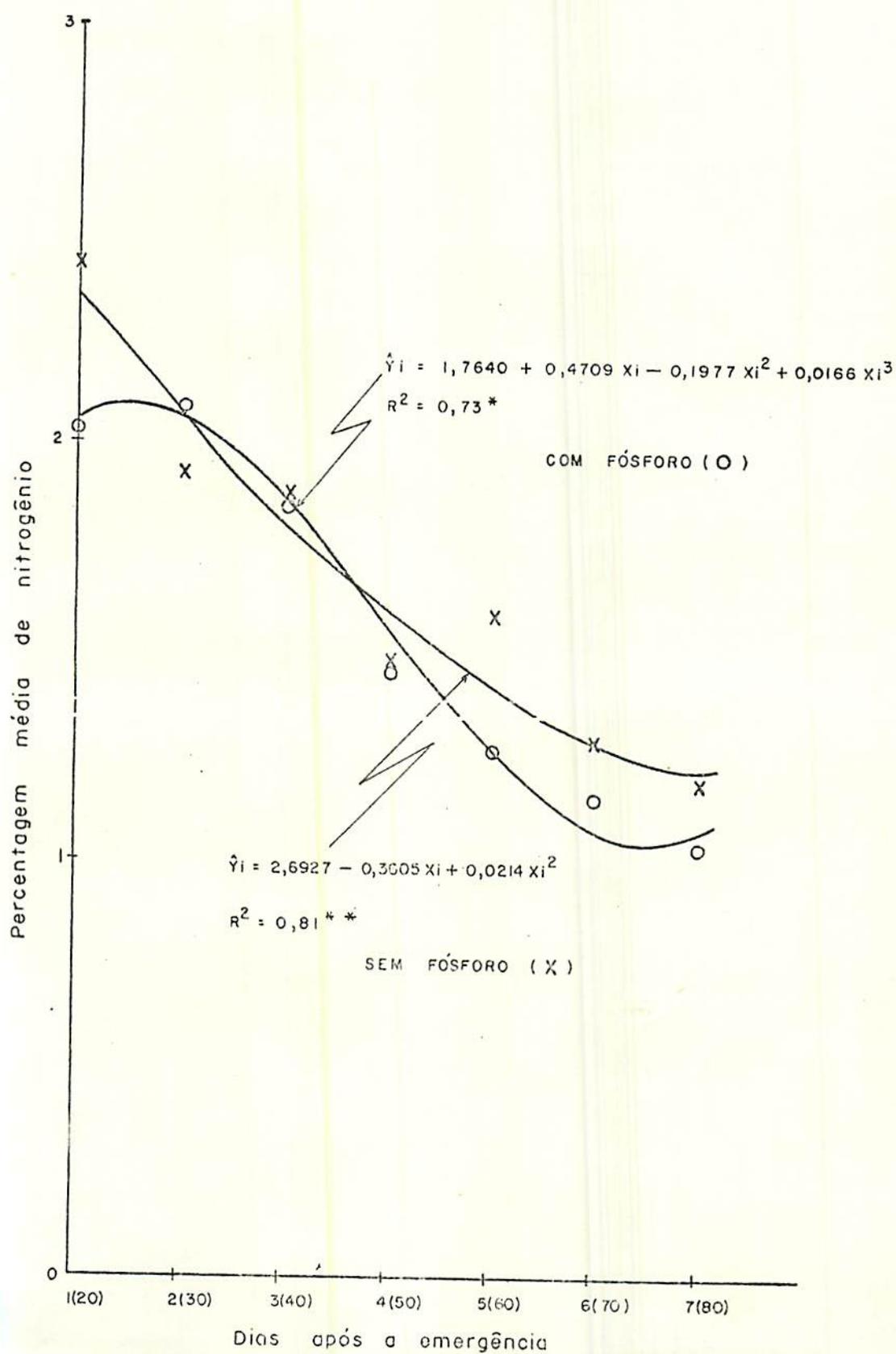


FIG. 3 - Variação das porcentagens da nitrogênio na raiz, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo.

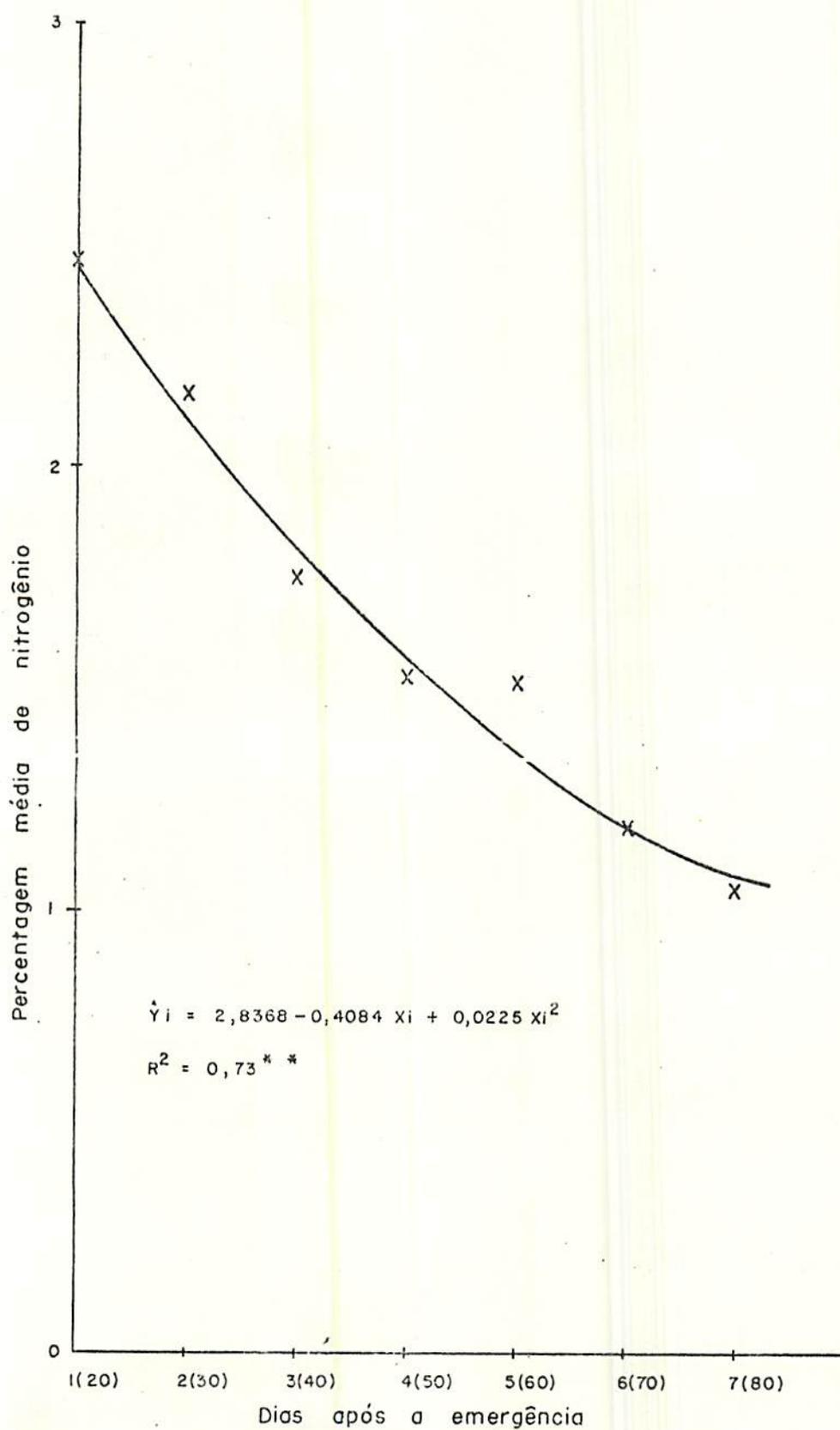


FIG. 4 - Variação das porcentagens de nitrogênio no caule, em função da idade da planta.

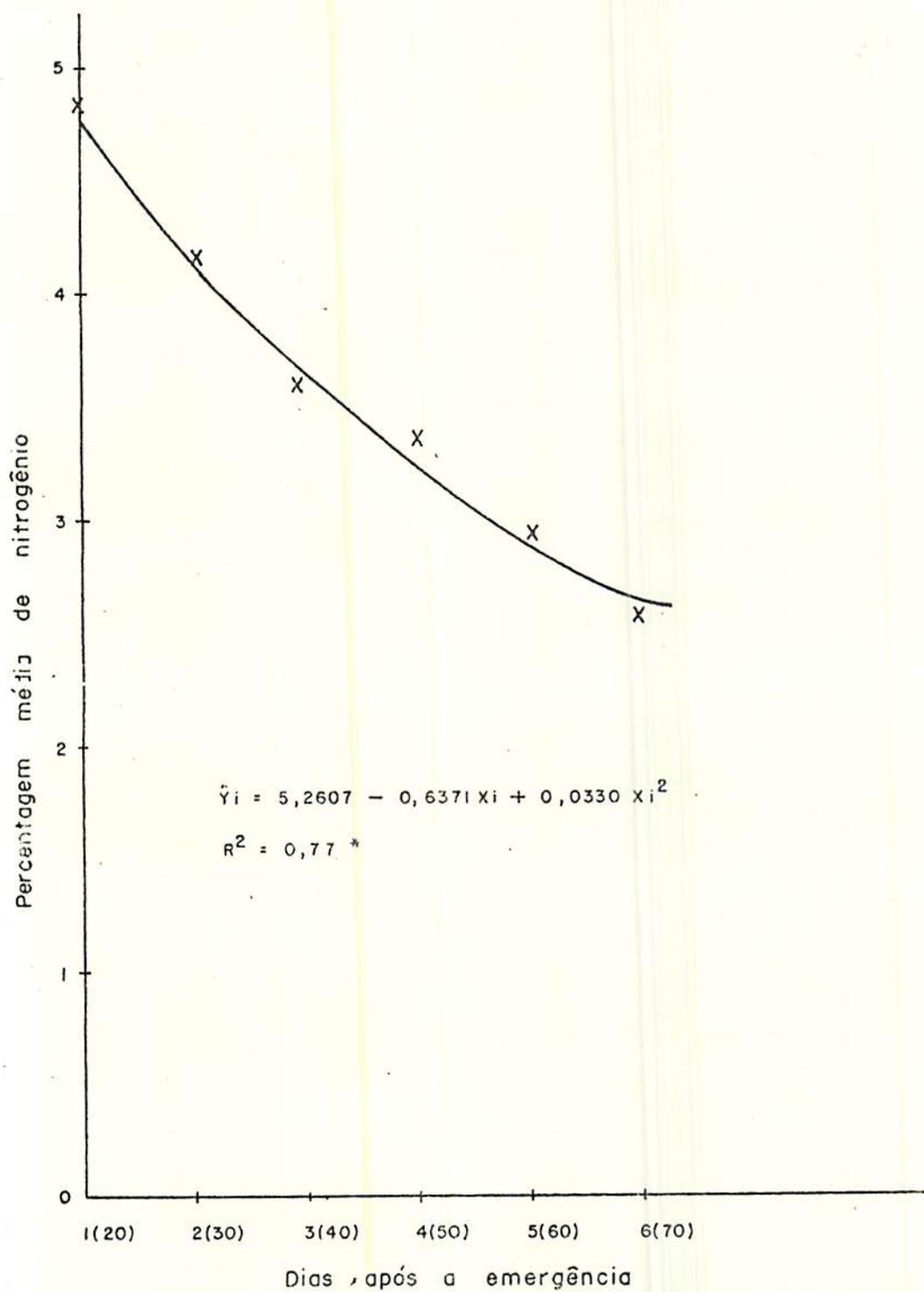


FIG. 5 — Variação das porcentagens de nitrogênio na folha, em função da idade da planta.

4.2. Efeitos dos tratamentos no teor percentual de fósforo

O percentual de fósforo nas plantas tem apresentado valores variáveis de acordo com seu nível na solução do solo. Ocorre na maioria das plantas, entretanto, em quantidades menores do que nitrogênio e potássio.

Os dados relativos à percentagem média de fósforo nas diferentes partes da planta, em função de sua idade e tratamentos estudados são apresentados no APÊNDICE 3. Observa-se que a percentagem variou entre as partes da planta, como também entre épocas referente ao crescimento do feijoeiro, o que concorda com as informações de EPSTEIN (13).

Os quadrados médios da análise de variância encontram-se no quadro 4. No que diz respeito à raiz, verifica-se um efeito altamente significativo para idade, fósforo e a interação Idade x P.

De modo geral, a percentagem de fósforo nas raízes decresceu com a idade da planta. As equações de regressão ajustadas em função dos níveis de fósforo, e seus respectivos gráficos acham-se na figura 7. O percentual de fósforo nas raízes foi favoravelmente influenciado pela sua aplicação apenas aos 20 dias; daí em diante a adição de fósforo não teve efeito significativo. Essa influência teve representação cúbica e mostra que na ausência de fósforo, a percentagem desse nutriente na raiz aumenta até atingir um máximo aos 30 dias, para depois decrescer até a fase final do ciclo da planta. Observa-se, neste caso, um ganho i

QUADRO 4 - Quadrados médios obtidos na análise de variância de dados para fósforo nas diferentes partes da planta

F. V.	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Grão
Bloco	0,0000	0,0057	0,0151**	0,0056	0,0423
idade (I)	0,0430**	0,0205**	0,0650**	0,6549**	0,0000
Resíduo (a)	0,0007	0,0007	0,0013	0,0004	0,0190
Molibdênio (Mo)	0,0000	0,0040	0,0040	0,0030	0,0020
Cobalto (Co)	0,0006	0,0004	0,0039	0,0066	0,0064
Fósforo (P)	0,0131**	0,0067**	0,1463**	0,0003	0,0047
Mo x Co	0,0000	0,0002	0,0012	0,0001	0,0064
Mo x P	0,0011	0,0000	0,0122*	0,0041	0,0025
Co x P	0,0014	0,0001	0,0021	0,0019	0,0001
Mo x Co x P	0,0012	0,0000	0,0006	0,0001	0,0005
I x Mo	0,0006	0,0007	0,0062*	0,0014	0,0011
I x Co	0,0017	0,0004	0,0006	0,0002	0,0099*
I x P	0,0134**	0,0062	0,0436**	0,0087	0,0003
I x Mo x Co	0,0004	0,0003	0,0067*	0,0010	0,0040
I x Mo x P	0,0010	0,0002	0,0043	0,0068	0,0050
I x Co x P	0,0007	0,0006	0,0085**	0,0020	0,0008
I x Mo x P x Co	0,0004	0,0001	0,0016	0,0026	0,0003
Resíduo (b)	0,0011	0,0003	0,0021	0,0026	0,0021
C. V. (%) - P1	16,80	18,29	11,49	8,05	34,55
C. V. (%) - SP	20,62	12,51	14,62	20,30	16,61

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

P = Parcela; SP = Subparcela

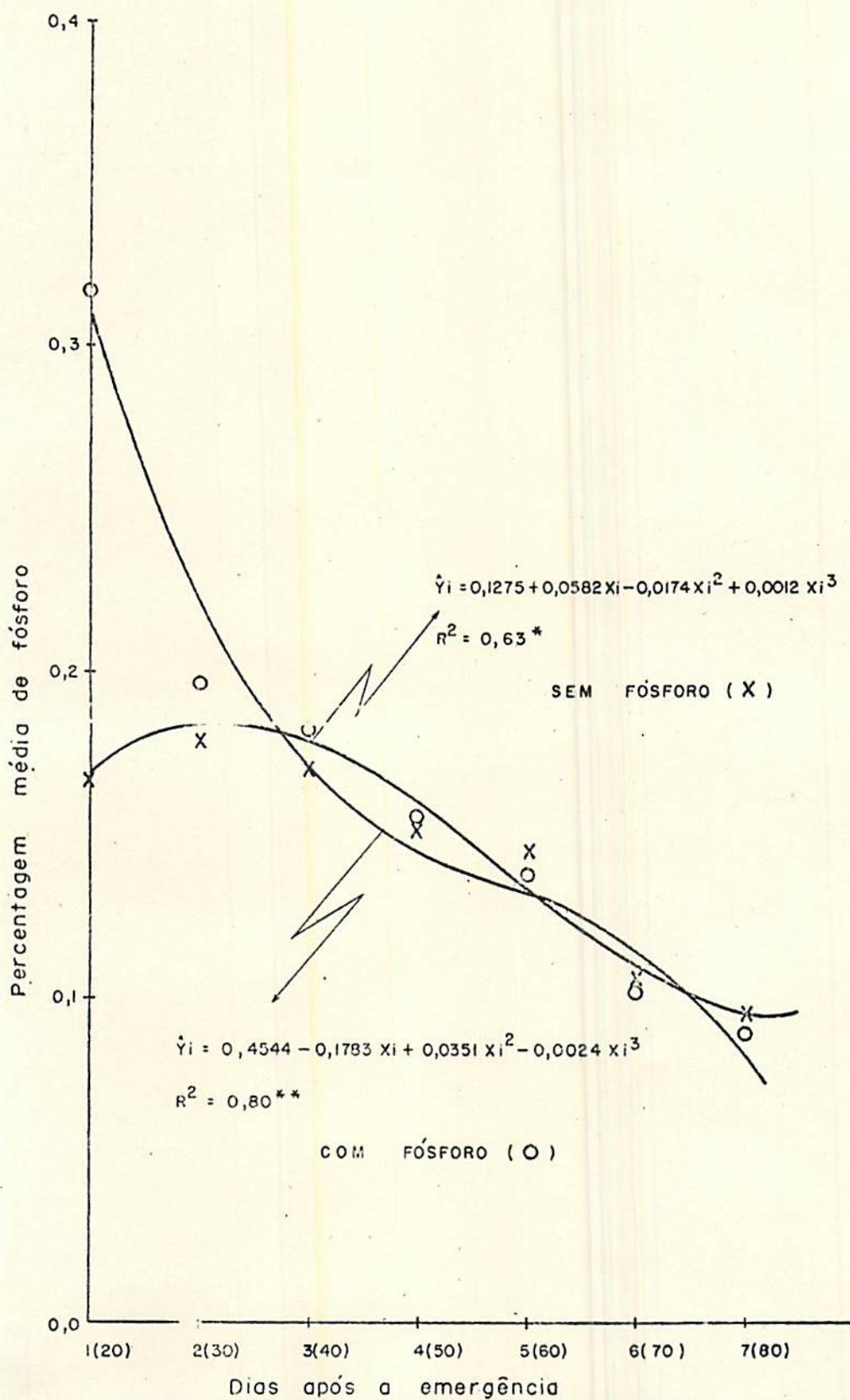


FIG. 7 — Variação das porcentagens de fósforo na raiz, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo.

inicial rápido de fósforo pela raiz, concordando com o resultado obtido por BIDDULPH & WOODBRIGE (7).

No caule, a análise de variância mostrou efeito significativo para idade e fósforo. Conforme se verifica pela figura 8, as percentagens do nutriente em função da idade se distribuem seguindo uma curva do segundo grau, mostrando que o teor de fósforo no caule a partir dos 20 dias decresce até a fase final do ciclo da planta.

A semelhança do que aconteceu na raiz, no caule também a aplicação de fósforo aumentou o teor desse nutriente em 11,54%.

Como pode ser observado no quadro 4, o teor de fósforo na folha foi o mais afetado pelos tratamentos. O teor de fósforo decresceu linearmente com a idade da planta até a fase final de seu ciclo, conforme pode ser visto na figura 9.

A aplicação do Mo diminuiu significativamente a percentagem de fósforo na folha, apenas na presença de P. Entretanto, a aplicação deste nutriente causou um aumento de 37% na percentagem de P na folha na ausência e 20% na presença de Mo.

Embora o cobalto não tenha apresentado efeito significativo, ao se efetuar o desdobramento idade x Co x P, verificou-se que, aos 20 dias de idade, o cobalto, na presença de fósforo, diminuiu a percentagem desse último na folha em 14,35% e aos 60 dias, na ausência de fósforo em 28,73%. As equações de regressão ajustadas em função dos níveis de fósforo encontram-se na figura 10. Essas equações tiveram representação cúbica na presença de

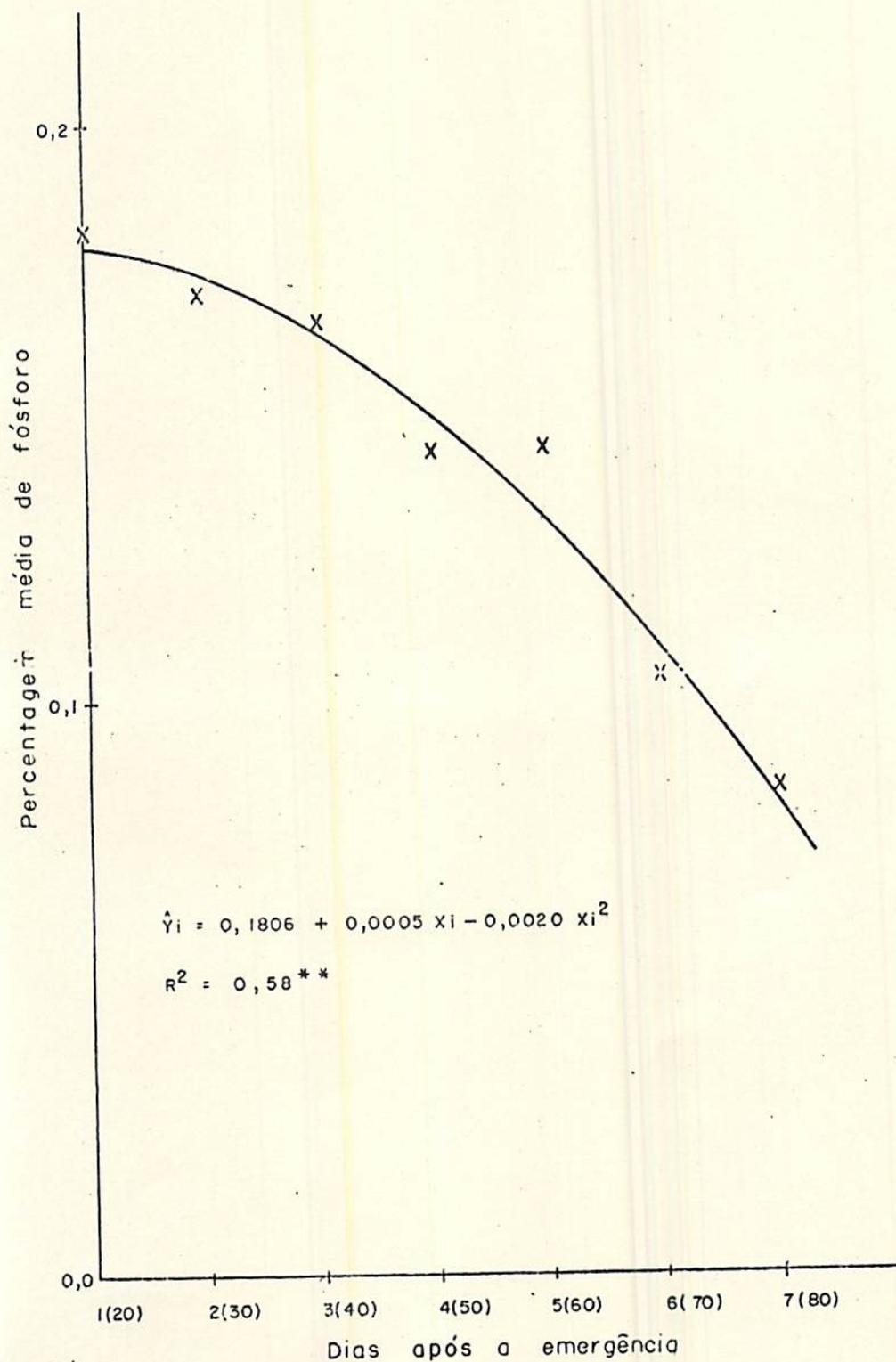


FIG. 8 — Variação das percentagens de fósforo no caule, em função da idade da planta.

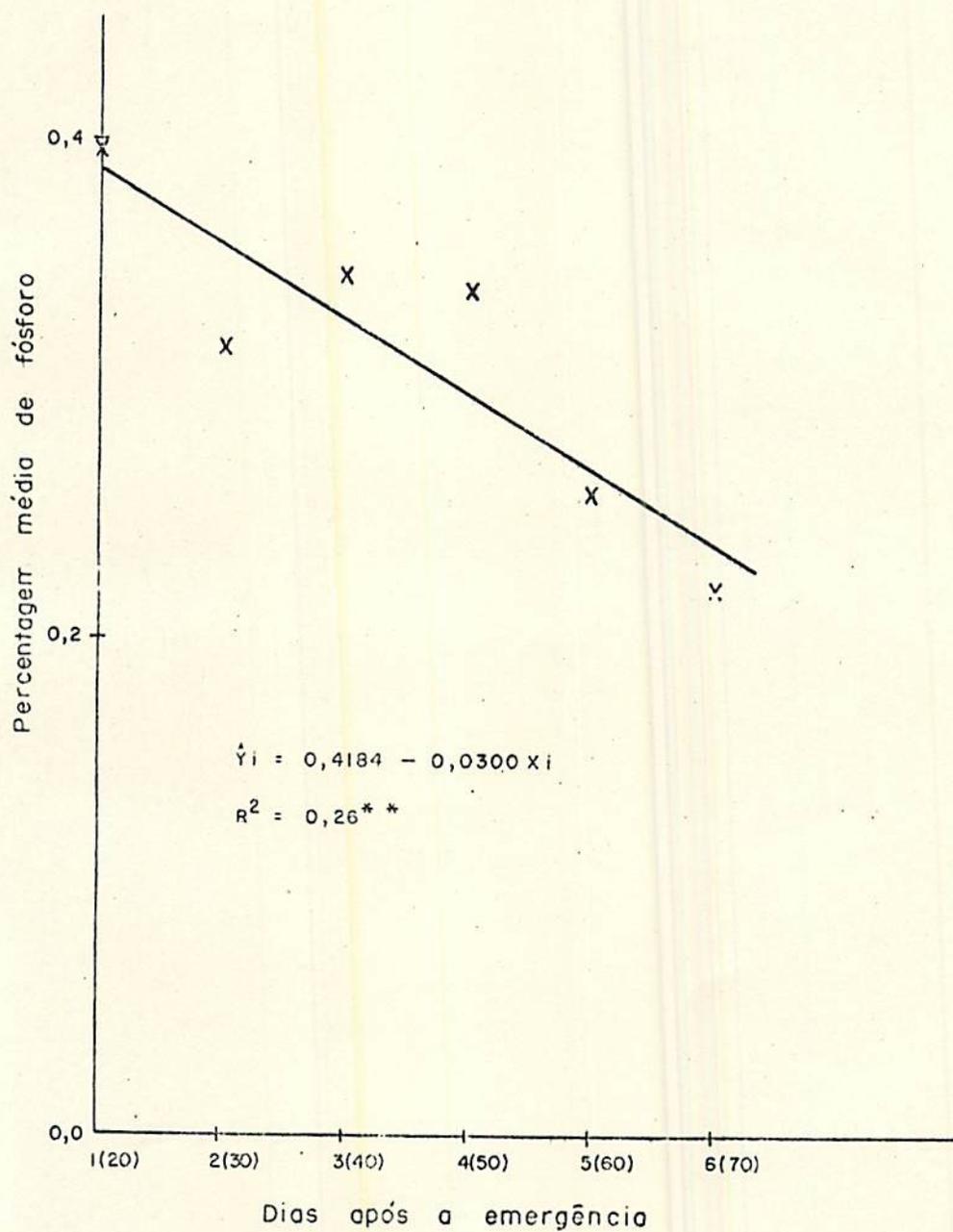


FIG. 9 — Variação das percentagens de fósforo na folha, em função da idade da planta.

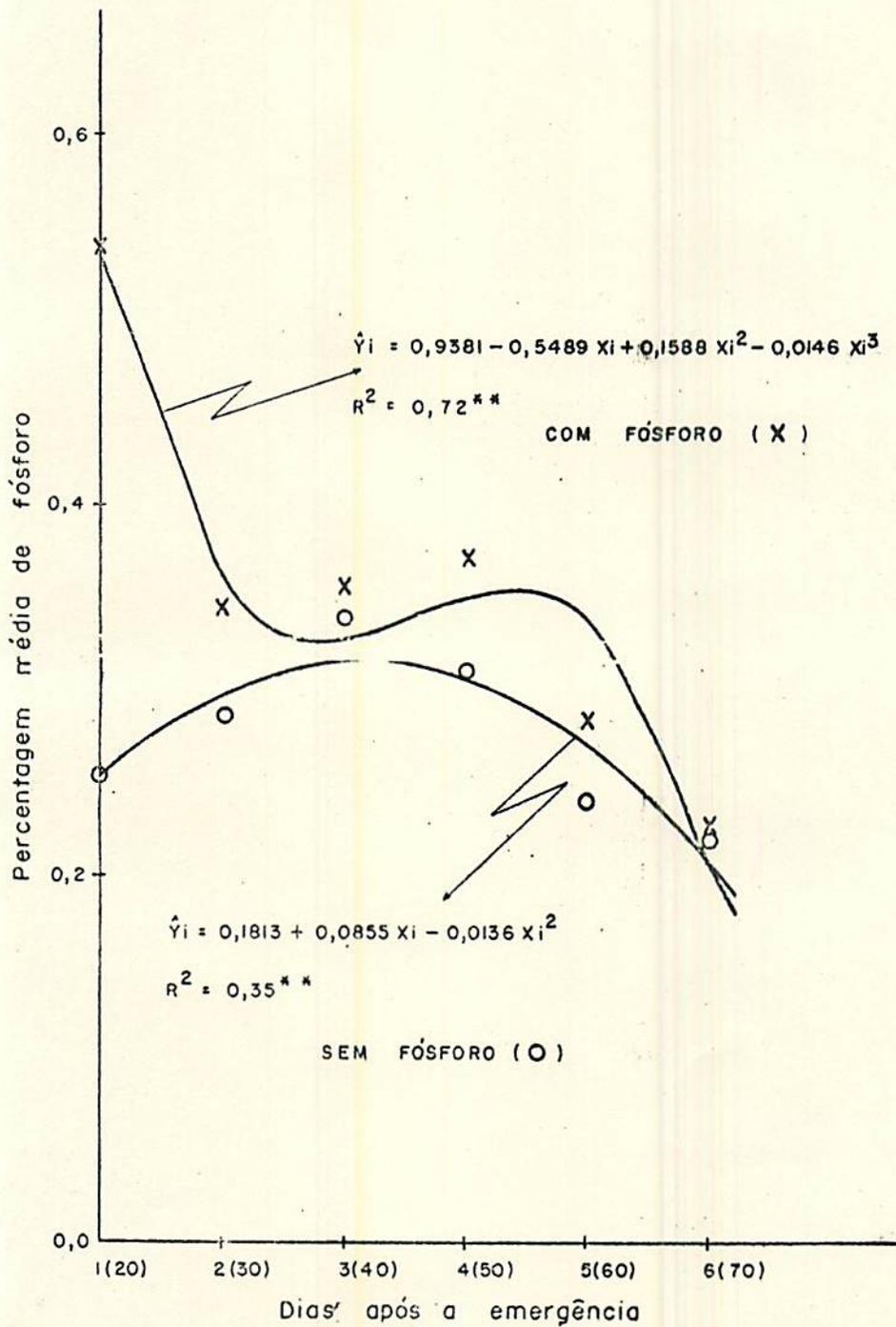


FIG. 10 - Variação das porcentagens de fósforo na folha, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo.

fósforo e quadrática na sua ausência. Na ausência do fósforo, seu percentual na folha aumentou até atingir um máximo em torno de 40 dias de idade, para depois decrescer até a fase final do ciclo da planta, enquanto que na presença do fósforo, sua percentagem decresceu até um mínimo próximo de 40 dias e, novamente, começou a aumentar até atingir pouco mais de 50 dias, e daí decresceu até a fase final do ciclo da planta.

A aplicação do fósforo, tanto na presença como ausência do Co, provocou um aumento no seu percentual na folha aos 20 dias. Já aos 30 dias, verificou-se um aumento correspondente a 43,4% apenas na presença do Co. Após isso, outro aumento só foi verificado aos 60 dias quando a aplicação do fósforo na presença do Co provocou um aumento no seu percentual na folha de 54%.

Ao se desdobrar a interação idade x Mo x Co, verificou-se que o Co na ausência do Mo, aos 40 dias aumentou em 24,47%, a percentagem de fósforo na folha. Por outro lado, aos 60 dias também na ausência de Mo houve redução no percentual de fósforo em 23,83%.

O Mo na presença do cobalto, aos 20 dias reduziu em 26,68% a percentagem de fósforo na folha, enquanto que na ausência do Co causou um aumento de 23,5% aos 40 dias de idade.

Verificou-se um decréscimo na percentagem de fósforo na folha, tanto na presença como na ausência de Mo e Co.

Nas vagens, a percentagem do nutriente decresceu com o desenvolvimento da planta. Conforme pode ser verificado na figura

11 e no quadro 4 houve, à semelhança do que aconteceu com nitrogênio, um decréscimo acentuado dos 60 aos 70 dias de idade, sugerindo portanto, uma translocação intensa do nutriente para os grãos.

A análise de variância acusou efeito significativo para a interação idade x cobalto no grão. Ao se efetuar seu desdobramento, verificou-se que a aplicação de cobalto reduziu em 14,7%, a percentagem de fósforo nos grãos aos 80 dias após a emergência.

4.3. Efeitos dos tratamentos no teor percentual de potássio

O potássio, que é o único catiônio monovalente essencial para todas as plantas superiores, é absorvido na forma iônica e tem elevada mobilidade no floema. Com exceção do nitrogênio, é o nutriente encontrado em maior quantidade nas plantas. Segundo NELSON (27), o potássio é absorvido mais rapidamente do que nitrogênio e fósforo e acumula-se mais intensamente do que a matéria seca. Isso significa que os tecidos vegetais em crescimento têm maior capacidade de acumular potássio. Outrossim, a velocidade de absorção depende de fatores ecológicos e daqueles ligados à planta. Entre esses, o sistema radicular, variedade, espécie da planta, estágio de desenvolvimento e outros nutrientes presentes na solução do solo.

Os dados médios das percentagens de potássio nas diferentes partes, em função da idade da planta acham-se no APÊNDICE 4. Observando-se no quadro 5, verifica-se que houve efeito altamen-

QUADRO 5 - Quadrados médios obtidos na análise de variância dos dados para potássio nas diferentes partes da planta

F. V.	Raiz	Caule	Folha	Vagem	Grão
Bloco	0,3657	0,9675	0,0007	0,0110	0,0840
Idade (I)	0,4295**	14,3728**	9,2660**	3,5822	0,1682
Resíduo (a)	0,0764	0,4615	0,5211	0,6176	0,0105
Molibdênio (Mo)	0,9258	0,1832	0,0323	1,8842**	0,0968
Cobalto (Co)	0,0009	0,0025	0,0000	0,0094	0,0008
Fósforo (P)	1,5841**	0,0188	0,3700	1,4665*	0,0050
Mo x Co	0,1196	0,5116	1,2927*	0,0315	0,0378
Mo x P	0,0360	0,0062	0,1001	0,3728	0,0003
Co x P	0,1989	0,1981	0,0852	0,0083	0,0010
Mo x Co x P	0,0072	0,0333	0,0088	0,0488	0,0012
I x Mo	0,0448	0,4195*	0,3385	0,2599	0,0015
I x Co	0,0113	0,1066	0,2495	0,1737	0,0210
I x P	0,0596	0,6351**	0,3723	0,1633	0,0120
I x Mo x Co	0,0440	0,1527	0,5762	0,1628	0,0084
I x Mo x P	0,0510	0,1573	0,2639	0,0069	0,0338
I x Co x P	0,0433	0,2490	0,3811	0,5826	0,0018
I x Mo x P x Co	0,0160	0,0574	0,2580	0,0986	0,0006
Resíduo (b)	0,0544	0,1344	0,2506	0,2229	0,0211
C. V. (%) - P	15,65	28,77	25,09	35,91	7,04
C. V. (%) - SP	13,21	15,59	17,40	21,77	9,97

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

P = Parcela; SP = Subparcela

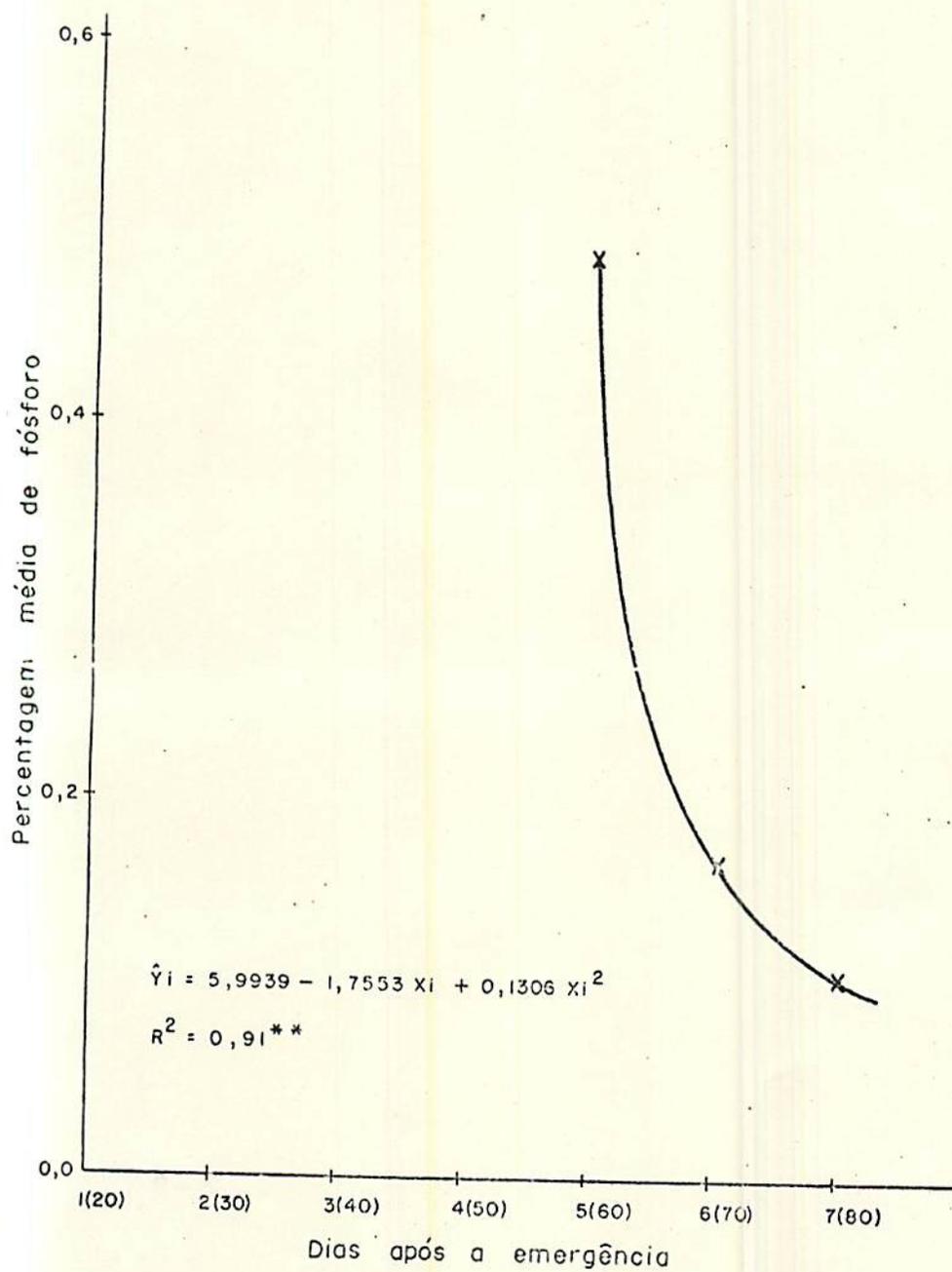


FIG. II — Variação das porcentagens de fósforo na vagem, em função da idade da planta.

te significativo para a idade da planta e a aplicação de fósforo, no caso da raiz.

Como pode ser visto na figura 12, o percentual de potássio no sistema radicular cresceu com a idade da planta até aos 25 dias após a emergência para depois então decrescer até atingir pouco mais de 70 dias, quando novamente começou a haver um aumento da percentagem do nutriente. Isso pode ser atribuído, provavelmente, a uma mobilização do íon das diferentes partes da planta para as raízes, e, possivelmente, a um acúmulo do nutriente, em razão da maior disponibilidade d'água no solo nesta época. TOMAS & HIPPI (35) verificaram que, de modo geral, há um aumento na absorção de potássio pelas plantas quando existe maior disponibilidade d'água no solo. Este fato foi comprovado por MAFRA (23) mostrando que as raízes das plantas de feijão das "águas" apresentaram maior percentagem do nutriente do que as do período da "seca".

Observa-se no APÊNDICE 4 que o fósforo exerceu efeito depressivo em relação à absorção de potássio pelas raízes, da ordem de 12,6%, semelhante ao ocorrido com nitrogênio, mostrando também efeito inibidor.

No caule, a percentagem de potássio foi influenciada pela aplicação do molibdênio aos 20 dias reduzindo seu teor de potássio, e aos 80 dias aumentando seu teor. Esta influência teve representação cúbica e as equações de regressão ajustadas aos níveis de molibdênio encontram-se na figura 13. As equações mostram que o teor do nutriente decresceu com a idade da planta a-

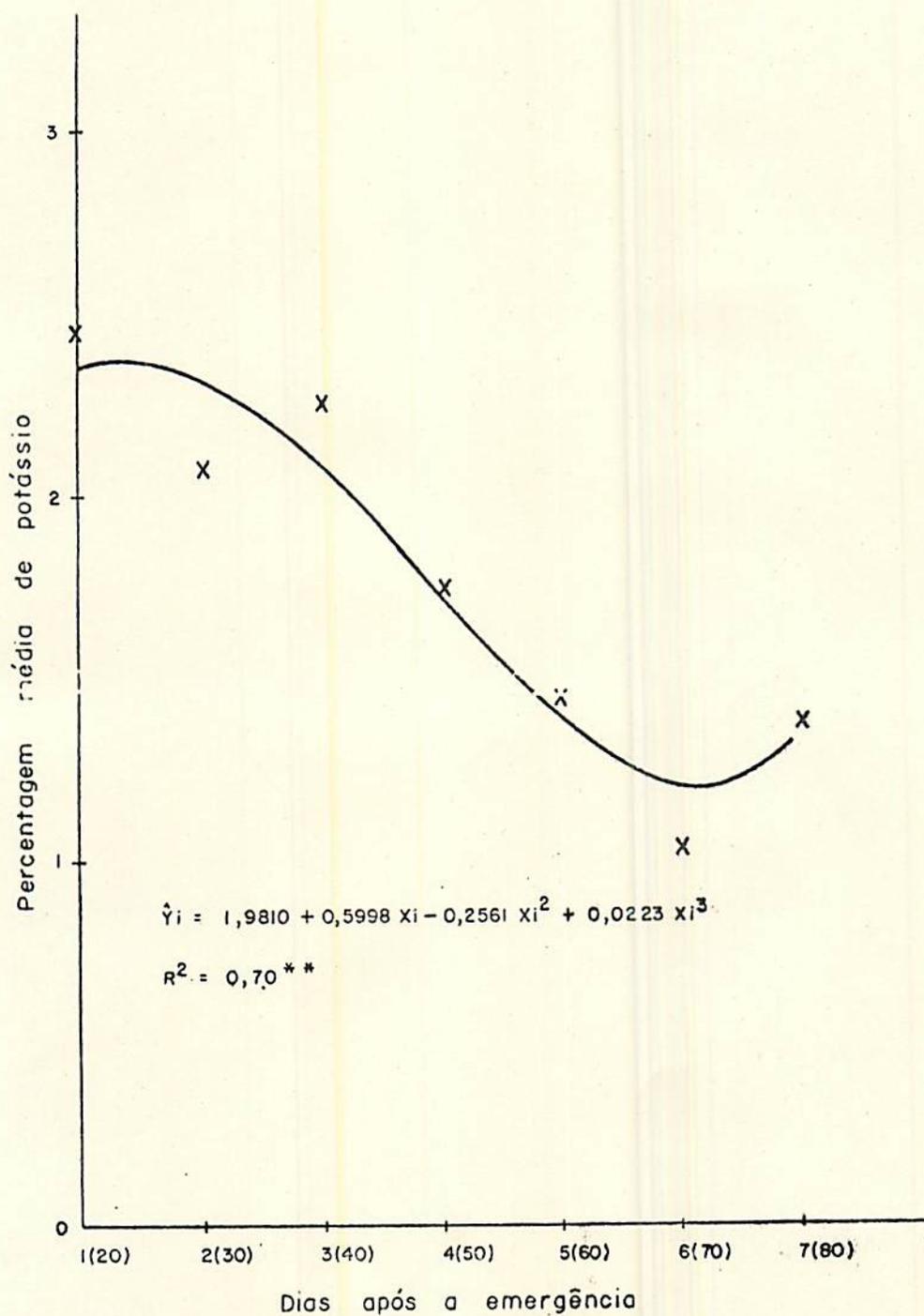


FIG. 12 — Variação das percentagens de potássio na raiz, em função da idade da planta.

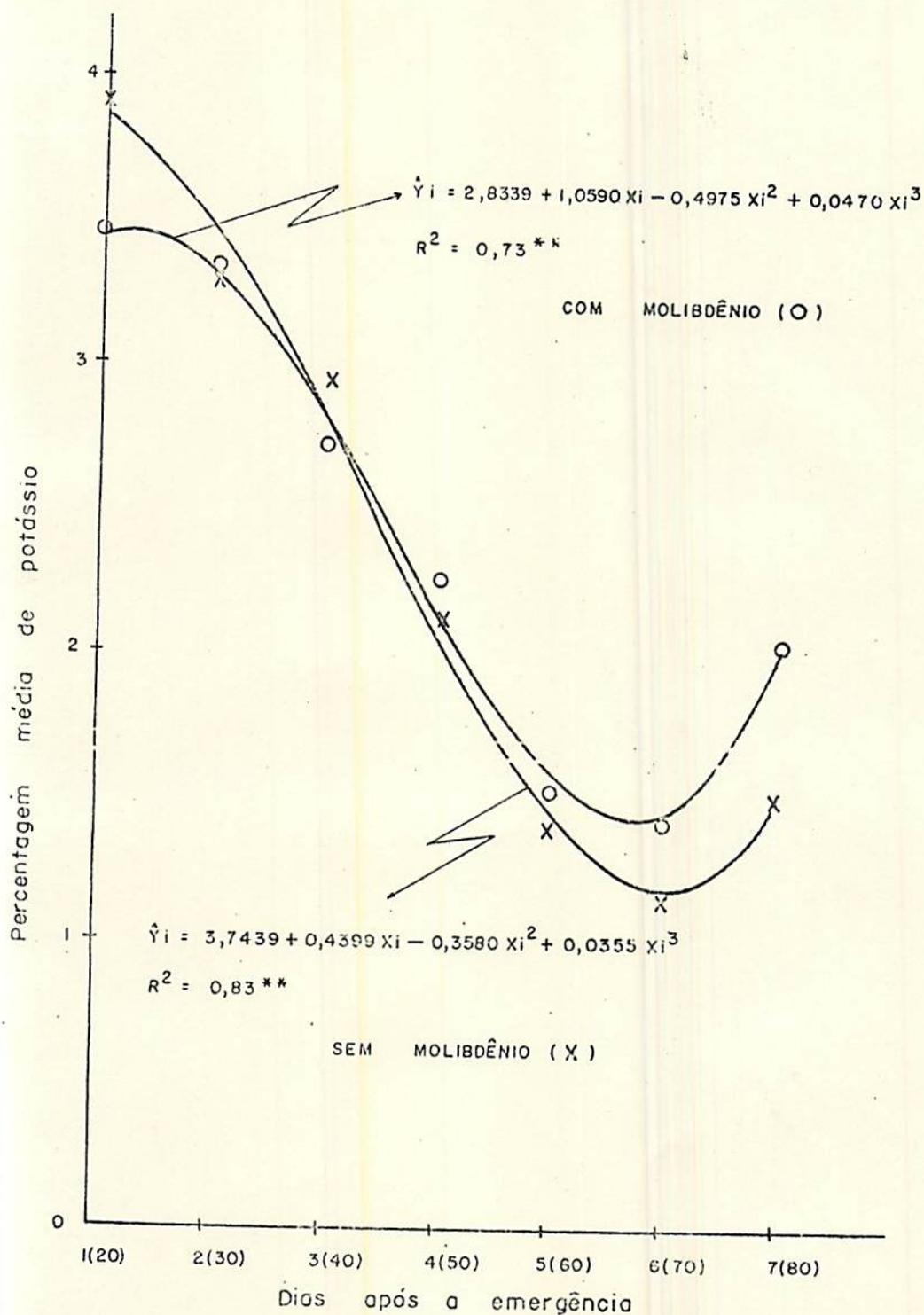


FIG. 13 — Variação das porcentagens de potássio no caule, em função da idade da planta, na presença e ausência de molibdênio.

tê próximo de 70 dias para depois então aumentar até a fase final do seu ciclo.

O efeito favorável do fósforo na percentagem de potássio no caule foi significativo aos 20 e desfavorável aos 40 dias de idade. A figura 14 mostra comportamento diferente na percentagem de potássio em relação aos níveis de fósforo empregados. Enquanto que na ausência do fósforo, a percentagem de potássio cresceu até aos 30 dias e depois decresceu até aos 70 dias, após a emergência, quando novamente aumentou até a fase final do ciclo da planta. Na presença, a quantidade do nutriente decresceu até pouco mais de 70 dias para depois então mostrar uma tendência de estabilização.

A percentagem de potássio nas folhas foi influenciada pela idade da planta. Essa influência teve representação linear no sentido descendente, como pode ser visto na figura 15, evidenciando mais uma vez o efeito de diluição. Apesar da interação Mo x Co ter mostrado significativa, o seu desdobramento não mostrou significância.

Nas vagens não houve efeito significativo da idade da planta. O Mo e o P aumentaram significativamente o percentual do nutriente. O aumento provocado na percentagem de potássio foi de 17,63% e 15,13% para Mo e P respectivamente. Já para grãos não se verificou influência dos tratamentos.

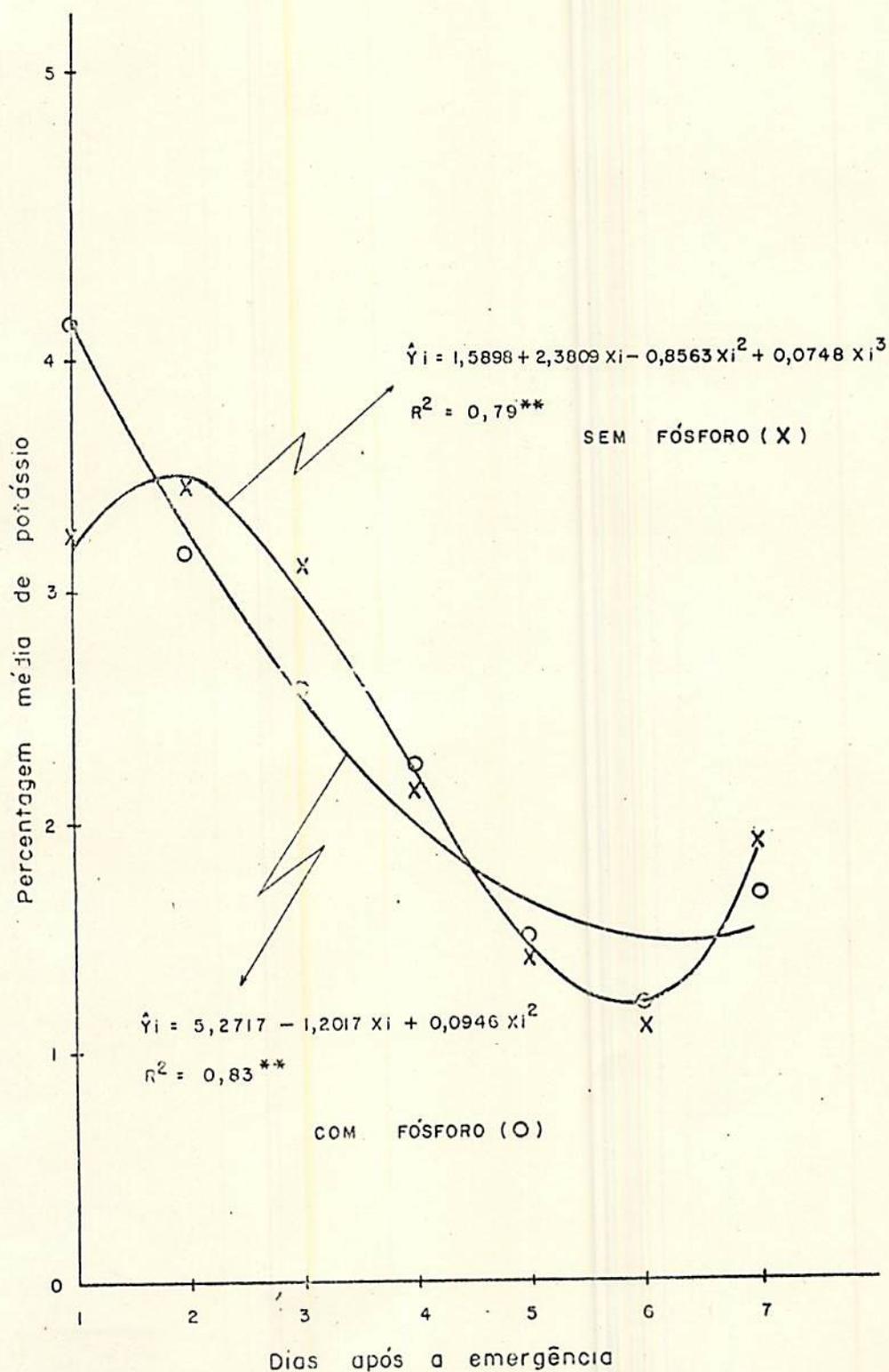


FIG. 14 — Variação das porcentagens de potássio no caule, em função da idade da planta, na presença e ausência de fósforo.

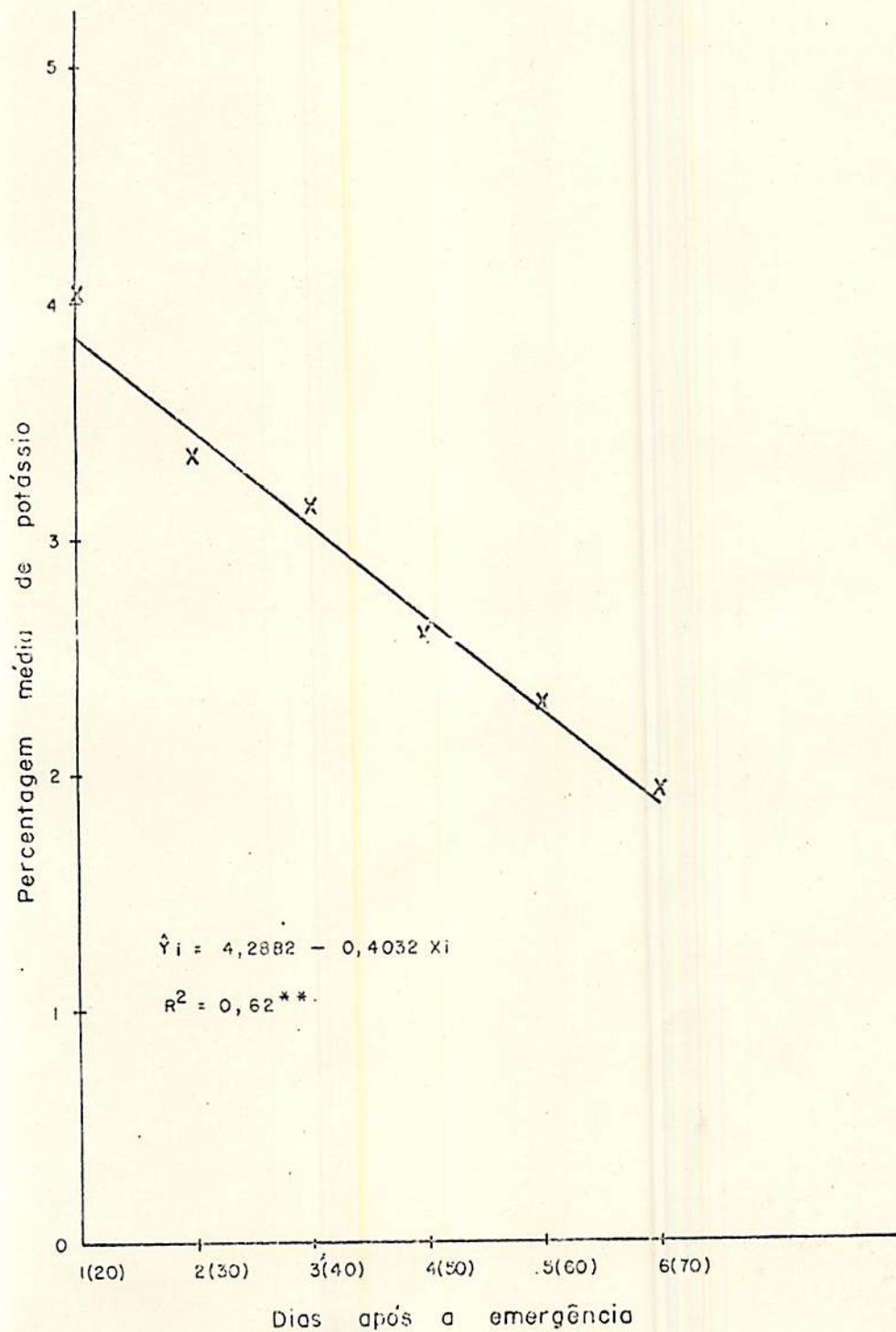


FIG. 15 — Variação das porcentagens de potássio no folho, em função da idade da planta.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões, dentro das condições experimentais desse trabalho:

1. Os teores percentuais de nitrogênio, fósforo e potássio, nas diferentes partes, foram influenciados pela idade da planta, excetuando-se os valores referentes ao potássio na vagem e N P K nos grãos. De modo geral, as percentagens dos nutrientes decresceram nas diferentes partes com a idade das plantas.

2. O Mo e Co não exerceram influência nas percentagens dos nutrientes estudados nas raízes.

3. Nas folhas, a maior percentagem de nitrogênio ocorreu quando o Mo foi aplicado em ausência do fósforo.

4. A aplicação do Mo aumentou a quantidade de nitrogênio encontrada nos grãos em 11,84%.

5. No caule, a aplicação de Mo exerceu influência diferente sobre a percentagem de potássio com o desenvolvimento das plantas. Enquanto aos 20 dias ocorreu uma redução, aos 80 hou

ve um aumento significativo na sua percentagem. Já nas vagens, o Mo favoreceu o percentual de potássio, durante todo o desenvolvimento das plantas.

6. O teor percentual de fósforo nas folhas foi reduzido pela adição de Co aos 60 dias de idade e aumentado aos 40 dias, quando aplicado na ausência de Mo. Nos grãos, seu efeito provocou uma redução na percentagem de fósforo correspondente a 14,7% aos 80 dias após a emergência.

7. As percentagens de nitrogênio determinadas nas raízes e caules sofreram um decréscimo aos 20 e 60 dias, após a emergência das plântulas pelo efeito da aplicação de fósforo. O mesmo não aconteceu com potássio nas vagens, onde o efeito do fósforo foi favorável durante todo o ciclo da cultura.

8. O percentual de nitrogênio e fósforo nas vagens de - cresceu de maneira acentuada, aos 60 e 70 dias, início de formação dos grãos.

6. RESUMO

Neste trabalho conduzido na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), M.G., em 1976/77, estudou-se a influência do Mo, Co e P sobre os teores percentuais de N P K, em diferentes partes e idades do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L., variedade "Ricobaio 1014") em condições de campo, em um Latossolo Roxo Distrófico.

O delineamento utilizado foi blocos casualizados, com parcelas subdivididas em esquema fatorial 2^3 , com duas repetições. As parcelas correspondiam as idades da planta e as subparcelas, aos tratamentos.

Os níveis de Mo foram 0,0 e 13,0 g/ha; de Co 0,0 e 0,25 g/ha e de P 0,0 e 200 kg de P_2O_5 /ha, respectivamente nas formas de heptamolibdato de amônio, sulfato de cobalto e superfosfato simples, sendo o Mo e Co aplicados a semente em solução e o P no sulco de plantio.

Os dados utilizados na avaliação dos tratamentos foram as percentagens de N P K das diferentes partes da planta (raiz, cau

le, folha, vagem e grãos), determinadas em diferentes épocas.

Com exceção das percentagens de N P K nos grãos e K na vagem, a idade da planta influenciou significativamente a concentração desses nutrientes. De modo geral, nas diferentes partes estudadas ocorreu um decréscimo nas percentagens de N P K com a idade da planta.

Na raiz os dois micronutrientes estudados não influenciaram a percentagem de N P K.

O Mo causou um aumento significativo na percentagem de N e P na folha quando aplicado na ausência de fósforo. Com relação ao K, o Mo aumentou sua percentagem com significância estatística no caule aos 80 dias, e nas vagens durante todo o ciclo da cultura.

O Co reduziu a percentagem de fósforo na folha, aos 60 dias de idade, e aumentou aos 40 dias quando aplicado na ausência de Mo. Nos grãos ocorreu uma diminuição aos 80 dias.

Na vagem, o P aumentou em 15,13% a percentagem de K, independentemente da idade da planta.

7. SUMMARY

This research work conducted at the Superior Agricultural School of Lavras, M.G. (E.S.A.L.) during 1976/77 studied the influence of Mo, Co and P on the percentages of N P K applied to the common bean (*Phaseolus vulgaris* L., variety "Ricobaio" 1014). The percentages of N, P and K on various parts of the plants in different stages of development in field conditions of Dystrophic Dusky Red Latosol were analysed.

The experimental design used was randomized blocks with split plots of a 2^3 factorial in duplication. The plots correspond to the age of the plants and the split plots to their type of treatment.

Percentages found of Mo were 0.0 and 13.0 g/ha; of Co were 0.0 and 0.25 g/ha and of P were 0.0 and 200 kg P_2O_5 /ha. The following salts were used; ammonium heptamolibdate, cobalt sulphat and superphosphate simples. Mo e Co in solution were applied to the seeds and phosphorus was applied to the soil of the growing plants.

The data used to evaluate the treatment of the plants were the percentages of N P K in different parts of the plants (root, stem, leaves, husk and grains), analysed in different stages of development.

With the exception of the percentages of N P K on the grain and K on the husk, the age of the plants had a significant influence on the concentration of these nutrients. Generally a decrease of the N P K percentages was observed with the increasing age of the plants.

The two nutrients studied, Mo and Co had no influence on the percentages of N P K on the roots.

Mo caused a significant increase in percentage of N and P on the leaves when applied in the absence of P. In relation to K, it was observed that Mo caused an increase on the percentages statistically significant on the stems at 80 days, and on the husks independent of age.

Co reduced the percentages of P on the leaves at the age of 60 days; and increased at 40 days when applied in the absence of Mo. This percentage on the grains decreased at the of 80 days.

On the husk the P increased the percentages of K by independent of the age of the plant.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHMED, S. H. & EVANS, H. J. Effect of cobalt on the growth of soybean in the absence of supplied nitrogen. Biochemical and Biophysical Research Communications, New York, 1: 271-275, 1959.
2. _____ & _____. Cobalt: A micronutrient element for soybean plants under symbiotic conditions. Soil Science, Baltimore, 90(1):205-210, July 1960.
3. _____ & _____. The assenciality of cobalt for soybean plants grow under symbiotic conditions. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, 47:24-36 , 1961.
4. AMARAL, F. A. L. Eficiência da utilização de nitrogênio, fósforo e potássio de 104 variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba - E.S.A.L.Q. - U.S.P., 1975. (Tese Doutorado).

5. BAHIA, V. G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras - MG. Piracicaba - E.S.A.L.Q. - U.S.P., 1975. 67 p. (Tese Doutorado).
6. BENNEMA, J. & CAMARGO, M. N. Esboço parcial da segunda aproximação de solos brasileiros, subsídio a 4a. reunião técnica de levantamentos de solos. Rio de Janeiro, D.P.F.S., 1964. 17 p.
7. BIDDULPH, O. & WOODBRIDGE, C. G. The uptake of phosphorus by bean plants with particular reference to the effects of iron. Plant Physiology, Washington, 27(3):431-443, July 1952.
8. BRAGA, J. M. Resposta do feijoeiro "Rico 23" a aplicação de enxôfre, boro e molibdênio. Revista Ceres, 19(103):222-226, maio-junho 1972.
9. CAMARGO, P. N. & SILVA, O. Manual de adubação foliar. São Paulo, ed. HERBA, 1975. 258 p.
10. CHENG, B. T. & OUELLETE, G. J. Molybdenum as a plant nutrient. Soils & Fertilizers, 36(6):207-215, June 1973.
11. COBRA NETTO, A. et alii. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Roxinho. In: ANAIIS DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". Piracicaba, E.S.A.L.Q., 1971. p. 257-274.

12. DELWICHE, C. C. et alii. Influence of cobalt on nitrogen fixation by medicago. Plant Physiology, Washington, 36(1): 73-78, 1961.
13. EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos, 1975. 341 p.
14. FRANCO, A. A. & DAY, J. M. The role lime and molybdenum on symbiosis of *Phaseolus vulgaris*. 5th. American Phyzobi um Conference. North Carolina. In: Relatório CNPq - EMBRAPA. U.F.R.J., 1975. p. 11-12.
15. GALLO, J. R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, 20(40):867-884, setembro 1961.
16. GIDDENS, J. & PERKINS, H. F. Essentiality of molybdenum for alfafa on highly oxidized Piedmont soils. Agronomy journal, Madison, 64(6):819-820, november-december 1972.
17. GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 5a. ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 1973. 430 p.
18. HAAG et alii. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 26(30):381-391, setembro 1967.

19. HELDER, R. J. Analysis of the process of anion uptake of intact maize plants. In: HARPER, J. E. & PAULSEN, G. M. Nitrogen assimilation and protein synthesis in wheat seedlings as affected by mineral nutrition. I. Macronutrients. Plant Physiology, Washington, 44(1):69-74, 1969.
20. JUNQUEIRA NETTO, A. et alii. Efeitos do molibdênio e do cobalto sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres, Viçosa, U.F.V., 24(136):628-633, novembro 1977.
21. LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. Manual de método de trabalho de campo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. 36 p.
22. LOTT, W. L. et alii. A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1956. p. 40. (Boletim nº 9).
23. MAFRA, R. C. Absorção e distribuição de nutrientes minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): Efeitos da densidade e da época de plantio. Viçosa - U.F.V., Imprensa Universitária, 1972. 86 p. (Tese M.S.).
24. MIYASAKA, S. et alii. Adubação mineral do feijoeiro. IX. Efeitos de NPKS e de uma mistura de micronutrientes em terra roxa misturada, previamente tratada ou não com calcário dolomítico e adubação verde com labelabe. Bragantia, Campinas, 26(12):161-180, abril 1967.

25. _____. Adubação mineral do feijoeiro. X. Efeitos de NPKS e de uma mistura de micronutrientes em terra roxa legítima e terra misturada. Bragantia, Campinas, 26(21):287 - 302, junho 1967.
26. MURPHY, L. S. & WALSH, L. M. Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers. In: MORTVED, J. J.; GIORDANO, P. M. & LINDSAY, W. L. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. Cap. 15, p. 347-387.
27. NELSON, W. L. Plant factors affecting potassium availability and uptake. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S. E. & BRADY, N.C. The role of potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1968. Cap. 17, p. 355-383.
28. PROGRAMA INTEGRADO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais. 2a. tentativa. Belo Horizonte, Secretaria da Agricultura, 1972. 87 p.
29. REISENAUER, H. M. Cobalt in nitrogen fixation by a legume. Nature, London, 186(4721):375-376, april 1960.
30. RESNIK, M. E. Phosphate stimulation by previous phosphorus supply in plant tissues. Phyton, Buenos Ayres, 26(1):27-29, january-june 1969.

31. RUSCHEL, A. et alii. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos da semente de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:49-52, 1970.
32. _____ & RESUZER, H. W. Fatores que afetam a simbiose. *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, Série Agronomia, 8(8): 287-292, 1973.
33. SOIL SURVEY STAFF. Soil Taxonomy. Washington, Soil Conservation Service, 1975. 754 p.
34. STEVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: BARTHOLOMEW, W. V. and CLARK, F. E. Soil nitrogen. American Society of Agronomy, Inc. Publisher, 1965. Cap. 1, p. 1-42.
35. TOMAS, G. W. & HIPPIE, B. N. Soil factors affecting potassium availability. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S. E. & BRADY, N.C. The role of potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1968. Cap. 13, p. 269-291.

APENDICE

APÊNDICE 1 - Descrição, situação e localização do perfil representativo do local do experimento

Perfil Nº 1

Data: 08/09/77

Classificação: Latossolo Roxo Distrófico textura muito argilosa relevo ondulado ou Oxisol.

Localização: Estação experimental de Lavras (E.S.A.L.), M.G.

Situação e declive: Trincheira situada na parte média de uma elevação, com declive de 8%.

Altitude: 918 metros.

Relevo: Ondulado.

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Acentuadamente drenado.

Vegetação: Cerradão em transição para Floresta latifoliada tropical.

Uso atual: Local - roça em pousio.

Regional - café, culturas anuais e pastagem.

- Ap 0-22 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido e úmido amassado); vermelho escuro acinzentado (2,5YR 3/2, seco); muito argiloso; moderada pequena e muito grande granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e irregular.
- A₃ 22-56 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido e seco); muito argiloso; moderada pequena e grande granular; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual a difusa e plana.
- B₁ 56-95 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/3, úmido) ; vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, seco); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₁ 95-155 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido); vermelho escuro acinzentado (10R 3/3, seco); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₂ 155-200 cm; vermelho acinzentado (10R 3/4, úmido); vermelho escuro (10R 3/6, seco); muito argiloso; aspecto de ma

ciça porosa "in situ" que se desfaz em forte pequena granular; macio, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₃ 200-270 cm; vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido); vermelho escuro (10R 3/6, seco); muito argiloso; macio, friável, plástico e pegajoso.

B₂₄ 270-310 cm+; vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido); vermelho escuro (10R 3/6, seco); muito argiloso; macio, friável, plástico e pegajoso.

Raízes: Abundantes no A₁; muitas no A₃; comuns no B₁; raras nos demais horizontes.

Observação: A massa do solo é atraída pelo magneto.

APÊNDICE 2 - Quadro das percentagens de nitrogênio na matéria seca das diferentes partes da planta, em função da idade e dos tratamentos estudados (média de duas repetições)

Tratamentos	Idade da planta em dias após a emergência											
	20			30			40*			50*		
	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha
Mo ₁ Co ₀ P ₀	2,32	2,65	4,38	2,07	2,13	4,51	2,00	1,94	3,87	1,55	1,54	3,40
Mo ₀ Co ₁ P ₀	2,56	2,91	5,16	1,97	2,35	3,88	1,94	2,10	3,94	1,65	1,45	3,14
Mo ₁ Co ₁ P ₀	2,40	2,26	4,50	1,88	2,54	4,50	1,85	1,54	3,82	1,50	1,70	3,35
Mo ₁ Co ₀ P ₁	1,77	2,29	4,94	2,15	1,88	4,25	2,29	1,36	3,28	1,55	1,53	3,69
Mo ₀ Co ₁ P ₁	2,11	2,36	4,75	1,94	2,37	3,68	1,68	1,92	3,44	1,40	1,59	2,98
Mo ₁ Co ₁ P ₁	2,20	2,26	4,04	1,75	1,80	3,97	1,73	1,69	3,28	1,45	1,35	3,96
Mo ₀ Co ₀ P ₁	2,03	2,01	4,84	2,53	1,91	4,25	1,68	1,76	3,58	1,38	1,70	3,57
Mo ₀ Co ₀ P ₀	2,43	2,99	4,74	1,81	2,09	4,00	1,69	1,64	3,34	1,21	1,33	2,76

* Período de florescimento e formação de vagens

Mo = molibdênio; Co = cobalto; P = fósforo

0 = ausência

1 = presença

APÊNDICE 2 - Continuação

Tratamentos	Idade da planta em dias após a emergência														
	60				70					80**					
	Raiz	Caule	Folha	Vagem	Raiz	Caule	Folha	Vagem	Grão	Raiz	Caule	Folha	Vagem	Grão	
Mo ₁ Co ₀ P ₀	1,57	1,84	3,18	4,39	1,41	1,23	3,18	2,07	3,82	1,10	1,26	-	1,98	4,29	
Mo ₀ Co ₁ P ₀	1,69	1,70	2,52	4,61	1,19	1,29	2,51	2,10	3,58	1,15	0,92	-	1,63	3,53	
Mo ₁ Co ₁ P ₀	1,45	1,55	2,81	3,94	1,08	1,26	2,80	1,61	3,58	1,22	1,17	-	1,69	4,48	
Mo ₁ Co ₀ P ₁	1,20	1,40	2,90	4,11	1,15	1,15	2,17	1,78	4,04	1,06	0,97	-	1,36	4,28	
Mo ₀ Co ₁ P ₁	1,25	1,33	3,11	4,06	1,02	1,16	2,55	1,64	3,63	1,15	1,05	-	1,62	3,91	
Mo ₁ Co ₁ P ₁	1,25	1,53	2,63	3,82	1,08	1,14	2,54	1,80	3,83	0,94	0,98	-	1,76	3,80	
Mo ₀ Co ₀ P ₁	1,35	1,40	3,18	4,16	1,19	1,06	2,75	1,59	3,62	1,02	0,98	-	1,55	3,59	
Mo ₀ Co ₀ P ₀	1,62	1,35	3,00	4,03	1,45	1,29	2,36	1,99	3,55	1,29	1,08	-	1,34	3,40	

** Ausência completa das folhas aos oitenta dias de idade após a emergência

Mo = molibdênio; Co = cobalto; P = fósforo

0 = ausência

1 = presença

APENDICE 3 - Quadro das percentagens de fósforo na matéria seca das diferentes partes da planta, em função da idade e dos tratamentos estudados (média de duas repetições)

Tratamentos	Idade da planta em dias após a emergência											
	20			30			40*			50*		
	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha
Mo ₁ Co ₀ P ₀	0,171	0,119	0,234	0,176	0,162	0,287	0,153	0,167	0,379	0,150	0,151	0,347
Mo ₀ Co ₁ P ₀	0,157	0,151	0,287	0,179	0,158	0,262	0,158	0,170	0,346	0,160	0,126	0,286
Mo ₁ Co ₁ P ₀	0,174	0,125	0,262	0,241	0,154	0,252	0,195	0,154	0,329	0,156	0,114	0,316
Mo ₁ Co ₀ P ₁	0,311	0,244	0,521	0,163	0,194	0,339	0,197	0,158	0,383	0,184	0,131	0,368
Mo ₀ Co ₁ P ₁	0,314	0,232	0,605	0,229	0,173	0,382	0,180	0,181	0,422	0,138	0,175	0,342
Mo ₁ Co ₁ P ₁	0,268	0,206	0,392	0,206	0,177	0,355	0,169	0,162	0,311	0,132	0,141	0,373
Mo ₀ Co ₀ P ₁	0,376	0,237	0,643	0,187	0,181	0,296	0,178	0,162	0,312	0,163	0,161	0,384
Mo ₀ Co ₀ P ₀	0,162	0,132	0,232	0,184	0,172	0,338	0,173	0,167	0,305	0,143	0,144	0,293

* Período de florescimento e formação de vagens

Mo = molibdênio; Co = cobalto; P = fósforo

0 = ausência

1 = presença

Tratamentos	Idade da planta em dias após a emergência													
	60				70				80**					
	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Grão	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Grão
Mo ₁ Co ₀ P ₀	0,153	0,158	0,246	0,500	0,104	0,093	0,254	0,178	0,356	0,110	0,112	-	0,142	0,461
Mo ₀ Co ₁ P ₀	0,143	0,139	0,170	0,456	0,104	0,106	0,205	0,290	0,415	0,088	0,088	-	0,074	0,357
Mo ₁ Co ₁ P ₀	0,148	0,160	0,227	0,393	0,093	0,111	0,217	0,145	0,372	0,081	0,080	-	0,158	0,355
Mo ₁ Co ₀ P ₁	0,146	0,140	0,229	0,544	0,109	0,093	0,214	0,173	0,444	0,111	0,084	-	0,098	0,480
Mo ₀ Co ₁ P ₁	0,133	0,138	0,284	0,460	0,101	0,092	0,212	0,136	0,391	0,086	0,072	-	0,083	0,402
Mo ₁ Co ₁ P ₁	0,146	0,160	0,328	0,560	0,095	0,107	0,203	0,156	0,430	0,079	0,062	-	0,067	0,358
Mo ₀ Co ₀ P ₁	0,125	0,123	0,285	0,461	0,109	0,128	0,264	0,158	0,390	0,081	0,071	-	0,093	0,395
Mo ₀ Co ₀ P ₀	0,137	0,134	0,311	0,488	0,120	0,095	0,198	0,178	0,390	0,102	0,106	-	0,141	0,390

** Ausência completa das folhas aos oitenta dias de idade após a emergência

Mo = molibdênio; Co = cobalto; P = fósforo

0 = ausência

1 = presença

APENDICE 4 - Quadro das porcentagens de potássio na matéria seca das diferentes partes da planta, em função da idade e dos tratamentos estudados (média de duas repetições)

Tratamentos	Idade da planta em dias após a emergência											
	20			30			40*			50*		
	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha	Raiz	Caule	Folha
Mo ₁ Co ₀ P ₀	2,39	3,02	3,91	2,29	3,44	3,48	2,38	2,92	3,31	1,67	2,67	2,56
Mo ₀ Co ₁ P ₀	2,57	3,80	4,11	2,31	3,67	4,49	2,73	3,42	3,78	1,89	1,90	2,75
Mo ₁ Co ₁ P ₀	2,39	2,86	3,68	2,32	3,39	3,20	2,47	2,93	3,07	2,03	2,24	2,57
Mo ₁ Co ₀ P ₁	2,49	4,40	4,16	2,04	3,67	3,42	2,38	2,67	3,67	1,68	2,05	2,18
Mo ₀ Co ₁ P ₁	2,45	4,27	4,51	1,93	3,23	3,39	2,05	2,68	2,99	1,56	2,28	2,64
Mo ₁ Co ₁ P ₁	2,28	3,57	3,38	1,76	2,81	2,78	1,98	2,39	2,48	1,51	2,11	2,84
Mo ₀ Co ₀ P ₁	2,50	4,39	4,57	1,76	2,97	3,10	1,94	2,54	2,35	1,63	2,51	2,99
Mo ₀ Co ₀ P ₀	2,50	3,25	3,79	2,09	3,32	2,82	2,63	3,11	3,33	1,87	1,72	2,19

* Período de florescimento e formação de vagens

Mo = molibdênio; Co = cobalto; P = fósforo

0 = ausência

1 = presença

Tratamentos	Idade da planta em dias após a emergência													
	60			70			80**			80**				
	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Grão	Raiz	Caulo	Folha	Vagem	Grão
Mo ₁ Co ₀ P ₀	1,66	1,64	2,80	2,74	1,27	1,19	2,23	1,33	1,54	1,76	2,55	-	2,07	1,53
Mo ₀ Co ₁ P ₀	1,44	1,28	1,61	2,19	1,07	1,28	1,75	1,67	1,59	1,32	1,57	-	2,12	1,29
Mo ₁ Co ₁ P ₀	1,54	1,24	2,19	2,02	1,32	1,81	2,44	1,63	1,57	1,56	1,91	-	2,84	1,38
Mo ₁ Co ₀ P ₁	1,30	1,48	2,34	2,64	0,88	1,17	1,64	1,80	1,59	1,44	2,03	-	3,39	1,51
Mo ₀ Co ₁ P ₁	1,36	1,46	2,31	2,35	0,82	1,06	1,83	1,65	1,47	1,26	1,51	-	2,27	1,42
Mo ₁ Co ₁ P ₁	1,46	1,76	2,32	2,68	0,79	1,48	1,98	2,32	1,61	1,24	1,67	-	2,95	1,38
Mo ₀ Co ₀ P ₁	1,33	1,33	2,11	2,28	1,09	1,10	1,62	1,44	1,42	1,24	1,48	-	2,35	1,36
Mo ₀ Co ₀ P ₀	1,53	1,51	2,61	2,43	0,90	1,13	1,88	1,64	1,45	1,28	1,51	-	1,75	1,23

** Ausência completa das folhas aos oitenta dias após a emergência

Mo = molibdênio; Co = cobalto; P = fósforo

0 = ausência

1 = presença

APENDICE 5 - Quadro das características químicas do complexo sortivo determinado nos diversos horizontes do perfil representativo do local do experimento

Horizonte	Prof. (cm)	pH		meq/100g						V*** (%)	M.O. (%)	
		H ₂ O	KCl	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S*			T**
Ap	0- 22	5,1	5,0	2,0	0,020	0,083	4,1	0,1	2,10	6,30	33,38	2,65
A ₃	22- 56	4,4	4,3	0,3	0,016	0,012	5,2	0,4	0,31	5,91	5,24	1,31
B ₁	56- 95	4,5	4,3	0,2	0,016	0,007	3,9	0,2	0,25	4,35	5,74	1,31
B ₂₁	95-155	4,9	4,4	0,3	0,016	0,007	3,1	0,1	0,26	3,46	7,51	1,26
B ₂₂	155-200	5,2	4,4	0,2	0,016	0,005	3,1	0,1	0,23	3,43	6,70	0,86
B ₂₃	200-270	5,0	4,4	0,2	0,016	0,005	3,1	0,1	0,23	3,43	6,70	0,70
B ₂₄	270-310+	5,1	4,4	0,2	0,016	0,005	3,1	0,1	0,23	3,43	6,70	0,68

*** Percentagem de saturação de bases

** Capacidade de troca de cátions total

* Soma de bases

APÊNDICE 6 - Quadro de resultados do ataque sulfúrico (d = 1,47) dos diversos horizontes do perfil representativo do local do experimento

Horizonte	% de T.F.S.E.						Ki	Kr
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅			
Ap	19,32	26,09	22,77	0,695	0,099	1,26	0,81	
A ₃	18,22	28,30	24,55	0,85	0,093	1,09	0,70	
B ₁	22,68	28,56	23,95	0,80	0,099	1,35	0,88	
B ₂₁	22,26	29,07	23,55	0,84	0,105	1,30	0,85	
B ₂₂	17,80	29,58	24,15	0,83	0,099	1,02	0,67	
B ₂₃	19,30	30,18	24,65	0,85	0,095	1,08	0,71	
B ₂₄	20,10	30,10	23,95	0,82	0,099	1,14	0,74	

APÊNDICE 7 - Quadro da distribuição dos separados do perfil representativo do local do experimento

Horizonte	Resultados em percentagem de T.F.S.E.			
	Areia	Limo	Argila	Argila dispersa em água
Ap	25,80	2,00	72,20	46,20
A _s	10,60	2,25	87,15	70,00
B ₁	9,96	2,70	87,34	14,80
B _{2 1}	10,35	3,15	86,50	0,00
B _{2 2}	10,40	3,55	86,05	0,00
B _{2 3}	10,10	1,95	87,95	0,00
B _{2 4}	10,50	1,75	87,75	4,70