PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DO FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

BELISA RAMOS BEZERRA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **RONALDO IVAN SILVEIRA**

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia, Área de concentração: Solos e
Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro – 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Bezerra, Belisa Ramos

Produção de massa seca e absorção de macronutrientes em cultivares do feijão
Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) / Belisa Ramos Bezerra. - - Piracicaba, 2000.
141 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Bactéria fixadora de nitrogênio 2. Caupi 3. Estufa 4. Fisiologia vegetal 5.
Inoculação 6. Macronutriente 7. Nutrição vegetal 8. Semente 9. Variedade I. Título

CDD 635.652

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor"

*E graças a Deus, que sempre nos faz triunfar em Cristo, e pôr meio de nós
manifesta em todo o lugar a fragrância do seu conhecimento .*

(II Coríntios 2:14)

DEDICO

Aos meus filhos,

Wilson Filho, Flávio Murilo e Milena,

razões da minha vida,

pelo amor e incentivo.

OFEREÇO

À família

Gondim Bezerra,

pelo apoio sempre dado,

em especial para a

realização desse curso.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me permitiu mais uma realização.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela possibilidade de realização do curso de pós-graduação a nível de doutorado.

À Coordenação do Curso de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), na pessoa do Coordenador Professor Dr. Francisco Antônio Monteiro, pela acolhida amiga.

À CAPES/PICD pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Ronaldo Ivan Silveira pela amizade e orientação prestada.

Ao Professor Dr. Euripedes Malavolta pelo constante apoio e sugestões.

Ao Professor Dr. Álvaro Pires da Silva pelo crédito de confiança.

À EMBRAPA/UEPAE de Teresina-PI nas pessoas dos MSc. Francisco de Brito Melo e Francisco Rodrigues Freire Filho pelo fornecimento de sementes e dados técnicos.

À Seção de Microbiologia do Solo do Centro de Energia Nuclear da Agricultura/USP, pela colaboração .

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos e Nutrição de Planta da ESALQ/USP pela colaboração e suporte que possibilitou a realização das análise de solo.

Aos colegas Professores da UFPI, Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano, Dr. João Batista Lopes e Dr. Milcíades Gadelha de Lima, que contribuíram com sugestões na redação final.

À colega de curso MSc. Marcela Müller pelo convívio fraterno e ajuda prestada durante a realização do mesmo.

A MSc. Marcos Piedade e MSc. Demora Araújo pela colaboração amiga.

À família Dr. João Batista Lopes pela amizade e constante solidariedade.

Aos colegas de curso de pós-graduação que formaram a comunidade nordestina de alunos da ESALQ: Aderson, Augustinho, Ângela, Bringel, Edson, Maurisrael, Maria Teresa, Francisco Ocean, Ranyse, Salvador, Tadeu, Thales, Valdemício, Wellington, por nosso alegre convívio.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades Históricas.....	3
2.2 Nutrição Mineral.....	4
2.2.1 Nitrogênio.....	8
2.2.2 Fósforo.....	15
2.2.3 Potássio.....	20
2.2.4 Cálcio.....	23
2.2.5 Magnésio.....	26
2.2.6. Enxofre.....	27
3 MATERIAL E MÉTODO.....	30
3.1 Local.....	30
3.2 Solo.....	30
3.3 Calagem e Adubação.....	32
3.4 Cultivares.....	34
3.5 Inoculação.....	35
3.6 Instalação e condução do experimento.....	35
3.7 Coleta do experimento.....	38
3.8 Avaliações do Experimento.....	39
3.9 Delineamento experimental.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 BR12-Canindé.....	42
4.1.1 Massa seca.....	42
4.1.2 Conteúdo Nitrogênio.....	49

4.1.3 Conteúdo Fósforo.....	56
4.1.4 Conteúdo Potássio.....	60
4.1.5 Conteúdo Cálcio.....	64
4.1.6 Conteúdo Magnésio.....	69
4.1.7 Conteúdo Enxofre.....	72
4.2 BR17-Gurguéia.....	76
4.2.1 Massa seca.....	76
4.2.2 Conteúdo Nitrogênio.....	82
4.2.3 Conteúdo Fósforo.....	87
4.2.4 Conteúdo Potássio.....	92
4.2.5 Conteúdo Cálcio.....	96
4.2.6 Conteúdo Magnésio.....	100
4.2.7 Conteúdo Enxofre.....	104
5 CONCLUSÕES.....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
APÊNDICE.....	129

PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DO FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Autor: BELISA RAMOS BEZERRA

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

RESUMO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma leguminosa, cuja produção de grãos é responsável pelo fornecimento de proteínas a milhares de habitantes das regiões semi-áridas. Objetivando estudar a produção de massa seca e a intensidade de absorção de macronutrientes dos cultivares do feijão caupi, BR12-Canindé e BR17-Gurguéia, foi conduzido, para cada um desses cultivares, um experimento na casa de vegetação do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), localizado no município de Piracicaba, SP, a 22°41'30" de latitude Sul, 47°38'30" de longitude Oeste e 580 m de altitude. As plantas foram cultivadas em vasos, contendo seis quilogramas de terra, coletada da camada arável (de 0-20 cm.), de um Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999), do município de Piracicaba, SP, com a acidez corrigida (para todos os vasos), e com adubação segundo as recomendações de Raij, (1981) e Raij et al. (1997). Utilizaram-se quatro tratamentos, com quatro repetições, nos quais foram empregadas as seguintes práticas: T1 – adubação e inoculação das sementes; T2 – adubação; T3 – inoculação das sementes; T4 – testemunha. Diferentemente do que ocorreu com as sementes nos tratamentos T2 e T4, nas quais não foi feita inoculação, as dos tratamentos T1 e T3 foram inoculadas com *Bradyrhizobium* s.p., estirpe

CM 1507 + 1529. Foram feitas nove coletas de material (parte aérea e raiz) dos dois cultivares estudados. Para o BR12-Canindé: a primeira, dez dias após a semeadura; as cinco seguintes, a cada cinco dias; e as três últimas, a cada dez dias. Para o BR17-Gurguéia: a primeira, dez dias após a semeadura; e as seguintes, a cada dez dias. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial (4x9). Os cálculos estatísticos realizados através do SANEST. Dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

a) Em ambos os cultivares as curva de produção de massa seca e conteúdo de macronutrientes modificam-se em função dos tratamentos; b) Em ambos os cultivares os tratamentos com adubação, proporcionaram, maior produção de massa seca de vagens e total de massa seca; c) Em ambos os cultivares os totais de rendimento de massa seca e o de conteúdo de fósforo apresentaram variação semelhante de resultados; d) No cultivar BR12-Canindé, a adubação promoveu semelhança na variação da produção de massa seca e no do conteúdo de nitrogênio na parte aérea; e) No cultivar BR12-Canindé a adubação propiciou a antecipação do ponto de máxima produção de massa seca total e conteúdo total de cada macronutrientes; f) No cultivar BR12-Canindé, a presença do *Bradyrhizobium* s.p determinou melhores rendimentos das vagens; o que não o fez no cultivar BR17-Gurguéia; h) As exigências nutricionais totais observadas em ambos os cultivares foram as mesmas, sendo apresentadas, em ordem decrescente em $N > K > Ca > S > Mg > P$.

DRY MASS PRODUCTION AND MACRONUTRIENTS ABSORPTION IN CAWPI BEAN (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) CULTIVARS

Author: **BELISA RAMOS BEZERRA**

Adviser: **Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA**

SUMMARY

The cowpea bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a leguminous plant whose grain production is responsible for protein supply for thousands of inhabitants of semiarid regions. In order to study the dry mass production and the macronutrients absorption intensity of the cowpea bean, BR12-Canindé and BR17-Gurguéia cultivars, an experiment for each cultivar was carried out under greenhouse conditions at the Soil and Plant Nutrition Department of the “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)”, University of Sao Paulo (USP), in Piracicaba municipality, SP, at latitude 22°41’30” south, longitude 47°38’30” west and 580 m altitude. The plants were grown in plant pots containing 6 kg of soil collected from the plowable soil layer (0 - 20 cm depth). Acidity was corrected (for all pots) and the fertilization proceeded according to the recommendations from Raij (1981) and Raij et al. (1997). Four treatments with four replications were used: T1 – fertilization and seed inoculation; T2 – fertilization; T3 – seed inoculation; T4 – control. Unlike treatments T2 and T4, whose seeds were not inoculated, seeds in treatments T1 and T3 were

inoculated with *Bradyrhizobium* s.p., CM 1507 + 1529 strain. Nine collections were carried out (top part and root) from both studied cultivars. For BR12-Canindé: the first collection was performed ten days after seeding; the following five collections occurred every five days; and the last three ones every ten days. For BR17-Gurguéia: the first collection was performed ten days after seeding and the following collections carried out every ten days. The experiment was arranged in a randomized block factorial (4x9) design and the statistics were calculated by using SANEST software. From the obtained results it was possible to conclude that: a) For both cultivars, the dry mass production and macronutrients content curves vary in function of treatments; b) For both cultivars, the fertilized treatments promoted greater hull dry mass and dry mass productions; c) For both cultivars, the dry mass yield and the phosphorous content varied in a similar way; d) For the BR12-Canindé cultivar, the fertilization promoted a similar variation on the dry mass production and nitrogen content in the plant top part; e) For the BR12-Canindé cultivar, the fertilization promoted the anticipation of the total dry mass production peak and total content of each macronutrient; f) For the BR12-Canindé cultivar, the *Bradyrhizobium* s.p. was responsible for better hull yield; g) For the BR17-Gurguéia cultivar, the presence of *Bradyrhizobium* s.p showed no effects on hull yields; h) The total nutritional demands observed for both cultivars were the same, being expressed, in a decreasing order, as follows: N > K > Ca > S > Mg > P.

1 INTRODUÇÃO

O feijão tem se caracterizado, no cenário agrícola mundial, como uma importante cultura em termos social e econômico. É bastante difundido em todo território brasileiro, sendo cultivado quase sempre como cultura de subsistência, fazendo parte da maioria dos sistemas produtivos de pequenos e médios produtores. Sua produção é, geralmente, direcionada ao consumo familiar e o excedente à comercialização, sendo cultivado nos mais variados tipos de solo, climas e sistemas de produção.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial dessa leguminosa, perdendo apenas para a Índia. O consumo per capita brasileiro apresentou, nos últimos anos, grandes oscilações, ficando a média em torno de 17,5 kg/hab./ano. Sendo também o maior produtor do Mercosul, onde é responsável por 91% da produção. A Argentina ocupa o segundo lugar com 4,6%, sendo não significativa a produção do Uruguai e do Paraguai.

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa cuja produção de grãos é responsável pelo fornecimento de proteínas a milhares de habitantes das regiões semi-áridas e tropicais de países asiáticos e africanos.

Nos estados do Nordeste brasileiro, o feijão caupi, conhecido também como caupi, feijão de corda ou macassar, sendo fonte de proteína de

origem vegetal, é considerado uma cultura de alta expressão econômica e social, tendo representado 60% da produção total de feijão no ano de 1994, constituindo a base da alimentação diária de grande parcela da população rural e meio de sobrevivência dos agricultores e seus familiares. No Estado do Piauí o feijão caupi é a mais importante leguminosa de ciclo anual, ocupando o segundo lugar da área total cultivada com cereais.

Os cultivares de feijão caupi utilizados atualmente na região nordestina apresentam produtividade potencial raramente alcançada, estando os baixos rendimentos médios obtidos, em torno de 300 kg.ha^{-1} , relacionados a diversos fatores, entre os quais, destacam-se: densidade de plantio inadequada e práticas de manejo e adubação incorretas, (Cardoso et al., 1991).

O cultivo de feijão caupi no Nordeste emprega ainda pouca tecnologia. Grande parte dos produtores inicia o plantio logo após as primeiras chuvas, que, normalmente, ocorrem a partir de novembro e estendem-se até o mês de abril, sem observar os aspectos técnicos compatíveis com a exploração racional.

O feijão caupi atinge a fase reprodutiva rapidamente, devido à precocidade de seu ciclo. Com isso, a falta temporária de determinados nutrientes pode causar danos irreversíveis ao desenvolvimento das plantas. Assim sendo, o conhecimento da velocidade de absorção e das quantidades de nutrientes necessárias para o bom desenvolvimento vegetativo e reprodutivo desta cultura são importantes referências para as tomadas de decisão com respeito à sua adubação.

O presente trabalho teve por objetivo estudar, em condições de casa de vegetação, a velocidade de absorção de macronutrientes e a produção de massa seca dos cultivares do caupi, o BR12-Canindé e o BR17-Gurguéia, em função dos respectivos estádios fenológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Generalidades históricas

As leguminosas comestíveis vêm sendo cultivadas desde épocas remotas. Já, a Bíblia, em seu livro do Gênesis (25,34), relata o fato de Jacó ter servido a Esaú “pão e cozinhado de lentilhas”. Kaplan (1965) e Vieira (1988), ao fazerem mostram que investigações arqueológicas conduzidas no México indicaram que o feijão (gênero *Phaseolus*) foi domesticado nesse país há cerca de 7.000 anos.

As diferentes espécies biológicas de feijão que chegaram ao Brasil têm possivelmente três rotas alternativas de introdução. A dos feijões pequenos, mesoamericanos, iniciada no México, e passando pela Guatemala, Caribe, Colômbia. A dos feijões grandes, do tipo andino, proveniente do Peru, e a terceira, dos imigrantes oriundos da Europa. (Gepts¹ et al., citado por Araújo & Watt, 1998).

Yokoyama et al. (1996) destacaram que, considerando-se todos os gêneros e espécies de feijão, o Brasil é o segundo maior produtor dessa leguminosa.

¹ GEPTS, P. L ; KMIČEK, K. ; PERREIRA, P.A.A. ; BLISS, F.A.. Dissemination pathways of common bean (*Phaseolus vulgaris*, *Fabaceae*) deduced from phaseolin electrophoretic variability. I. The Americas. **Economic Botany**, v.42, n.1, 1988. p.73-85.

A unidade da EMBRAPA, em Teresina-PI, conta com uma coleção de sementes nacionais e exóticas de feijão caupi.

Em 1982, o Centro de Pesquisa do Meio Norte brasileiro obteve, por meio de cruzamento entre os genótipos TVu 612 e CNC O434, o cultivar BR12-Canindé, linhagem Tex 11-99 s.m. O cultivar BR17-Gurguéia corresponde à linhagem TE 86-75-37E.1, a qual foi obtida do cruzamento entre os cultivares BR 10-Piauí e CE- 315 (TVu 2331), realizado no setor de Plantas Autógomas do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, em 1986.

2.2 Nutrição Mineral

O feijão caupi, por sua rusticidade e precocidade e por ser uma fonte considerável de proteína, tem sido utilizado tanto na alimentação animal quanto na humana (Singh & Singh, 1992; Santra & Karim, 1999). Estas características motivaram sua introdução, mesmo ainda de modo incipiente, nas áreas irrigadas do Nordeste do Brasil, demandando a realização de estudos nas áreas de estudo de solos e nutrição de planta, visando definir suas necessidades nutricionais dentro de cada ambiente específico (Oliveira & Dantas, 1988). Boaret & Rosolem (1989) citaram que do ponto de vista de adubação, o feijoeiro é uma planta que apresenta particularidades, tais como ciclo curto e sistema radicular pouco profundo.

Dantas (1978), trabalhando com duas variedades de feijão caupi (Pitiuba e Dorminhoco), com o objetivo de determinar as exigências minerais, relatou ser requerida para atingir o estágio reprodutivo, de ambas as variedades, a seguinte ordem de exigência nutricional: K>N>Ca>Mg>S>P para os macronutrientes, e Fe>B>Mn>Zn>Cu>Mo, para os micronutrientes. Malavolta (1985), ao comparar as exigências minerais do feijão comum com as

do feijão-de-corda, constatou que as percentagens exportadas obedeceram à seguinte ordem decrescente para macronutrientes: $S=N=P>K=Mg>Ca$ para o feijão comum e $N>P=S$, $K>Mg>Ca$, para o feijão-de-corda. Para os micronutrientes a ordem encontrada foi a seguinte: $B=Cu=Zn>Mo>Mn>Fe$ para o feijão e $Mo>Zn=Cu>B>Mn=Fe$ para o feijão de corda.

Como o crescimento é afetado pelos mesmos fatores ambientais que influem na absorção salina não é de surpreender que haja uma estreita correlação entre o conteúdo de sal e crescimento. A fase de rápido crescimento vegetativo, seja da planta toda ou de uma célula, é acompanhada por um grande aumento na concentração salina, declinando a absorção quando o crescimento diminui (Sutcliffe, 1989).

Rosolem (1987), trabalhando com feijão caupi, esclareceu, através das curvas de absorção dos diferentes elementos, que existe uma época crítica em que o feijoeiro necessita, praticamente, de todos os nutrientes em quantidades relativamente altas. Este período vai desde o momento em que ocorre o número máximo de flores até o final do florescimento. O nitrogênio, o fósforo e o enxofre, aparentemente, são absorvidos durante todo o ciclo, existindo portanto, a possibilidade de se obter respostas a aplicações tardias desses elementos, o que não acontece com o potássio, o cálcio e o magnésio. A matéria seca se acumula rapidamente no período do florescimento, demonstrando ser esta uma fase crítica também para o fornecimento de água.

Abhardwaj & Tyagi (1994), avaliaram, em experimento de campo, um sistema de cultivo arroz-trigo-feijão caupi durante 16 ciclos, no qual o feijão caupi foi cultivado para produção de forragem e grãos. Observou-se resposta positiva do feijão caupi à aplicação do fertilizante, tanto para a produção de forragem como para a de grãos. As curvas de absorção de nitrogênio, fósforo e potássio e do rendimento das culturas seguiram tiveram o mesmo comportamento. As perdas de potássio do solo variaram indo de 80 a 189 kg ha⁻¹ por ano.

Oliveira & Thung (1985), estudando adubação em feijoeiro, afirmaram que, embora seja necessário conhecer-se de um modo geral as condições em que se dá o desenvolvimento da cultura do feijão, e em particular do cultivar plantado, para se obter a produção de 1.500 kg.ha^{-1} de grãos são necessários, cerca de 46 kg.ha^{-1} de N, 9 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , 20 kg.ha^{-1} de K_2O , 8 kg.ha^{-1} de CaO, $7,5 \text{ Kg.ha}^{-1}$ de MgO e $7,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de S; afirmam, ainda, que, para o feijão, continua sendo recomendada a aplicação de nitrogênio tanto no plantio quanto em cobertura, 25 a 35 dias após a germinação, embora o boletim informativo da EMBRAPA (1993), afirme que a prática de aplicação do nitrogênio no feijoeiro deve-se ao descrédito na eficiência da fixação simbiótica, considera portanto desnecessário a adubação nitrogenada .

Rachie & Roberts (1974), trabalhando com adubação de feijão caupi, relataram que para produzir de 600 a 750 kg.ha^{-1} de grãos, em diferentes condições de solos, são necessários, 40 kg.ha^{-1} de nitrogênio, $7,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de fósforo, 40 kg.ha^{-1} de potássio, $11,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de cálcio, 9 kg.ha^{-1} de magnésio e 4 kg.ha^{-1} de enxofre. Ao passo que Dantas et al. (1987) concluíram que para uma produção de 1.210 kg.ha^{-1} de grãos por hectare a exportação de macro (kg) e micronutrientes (g) foi de: nitrogênio=38,0; fósforo=6,8; potássio=20; cálcio=4,5; magnésio=3,3; enxofre=1,8; boro=72,6; cobre=13,3; ferro=31,46; manganês=79,9; molibdênio=1,9; Zn=41,1.

Malavolta & Amaral (1978), em estudo de avaliação da eficiência de utilização dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, cultivaram 104 variedades de feijoeiro (gênero *Phaseolus*) em duas fases: a primeira em solução nutritiva e a segunda no campo. Os autores encontraram entre a mínima e a máxima eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio variações da ordem de 30 vezes para nitrogênio, fósforo e de 100 vezes para o potássio e concluíram que a produção se correlaciona de modo altamente significativo com eficiência de utilização dos nutrientes, o que sugere a utilidade desse parâmetro no melhoramento, devido à possibilidade de existirem efeitos

de genes aditivos dando uma contribuição maior para a utilização de nitrogênio, fósforo e potássio no processo de formação de grãos.

Gallo (1961), trabalhando com feijão (*Phaseolus vulgaris*), em solo com e sem adubação encontrou dados que indicam que o peso massa seca da planta aumenta com a idade da planta até o início da queda das folhas. A adubação causou, nesse estágio, comparativamente às plantas não adubadas, um aumento de 26,1% no peso da massa seca total e de 17,1% no peso da massa seca de fruto. Excetuando o cálcio nas folhas, as porcentagens dos nutrientes em todas as partes da planta foram mais elevadas por ocasião do florescimento e estabelecimento das vagens e sementes que decresceram de modo geral com o prolongamento do ciclo. Nas vagens e sementes, a concentração dos elementos também foi mais elevada nos primeiros estádios, isto é, nas vagens novas. As quantidades de nutrientes absorvidas pelo feijoeiro, evidentemente, cresceram com a idade da planta até o início da queda das folhas. As maiores quantidades foram absorvidas pelas plantas com adubação. O conteúdo de nutrientes dos tratamentos “sem adubação” e “com adubação” cresceu com o aumento de peso de massa seca até o início da maturação, quando a queda de folhas não era apreciável.

Malavolta (1997) afirmou que o enchimento das vagens do feijoeiro deve ocorrer em parte pela redistribuição do conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio existente nas folhas, cujo teor diminui. O mesmo comportamento, de forma surpreendente, ocorre também com o cálcio, em geral tido como imóvel no floema. Já, os teores foliares de magnésio e enxofre não variam substancialmente.

Rosolem & Marubayashi (1994) descreveram os sintomas visuais que as deficiências dos diversos elementos minerais provocam no feijoeiro. Os autores concordam com o sistema de avaliação nutricional através da diagnose visual, entretanto, consideram o método subjetivo e de pouca precisão. Malavolta (1981), refere-se ao fato das manifestações visíveis de carência ou de excesso de um determinado elemento, normalmente, sejam similares para

qualquer espécie vegetal, as manifestações externas são o último de uma seqüência de eventos, podendo ainda ocorrer que as sintomatologias típicas não sejam manifestadas e venha a observar-se limitações no crescimento e na produção. Entretanto, este é o método mais rápido e prático de se avaliar este problema.

2.2.1 Nitrogênio

O Nitrogênio é um elemento essencial para muitos tipos de moléculas orgânicas, sendo exigido em grandes quantidades na produção de proteínas. Embora ocupando aproximadamente 80% da atmosfera da terra, na forma N_2 , constitui-se, entretanto, em um grande problema para a produção agrícola satisfatória, pelo fato de que para ser aproveitado pela maioria das culturas ter de ser primeiro fixado nas raízes das plantas. (Wutke, 1972).

De-Polli (1988) definiu o nitrogênio como um nutriente dos vegetais que apresenta grande dinâmica de transformações no complexo ciclo biogeoquímico das plantas. Trata-se de um elemento mineral responsável por um teor médio de 5% na fração orgânica do solo e que na planta normal de forma análoga à que acontece no solo, quase todo nitrogênio encontra-se na forma orgânica, representado, principalmente, por aminoácidos e proteínas, podendo ser absorvido pela planta, tanto na forma amoniacal como nítrica. O nitrogênio é rapidamente transferido das folhas velhas para as novas. Assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro e de forma mais severa nas folhas mais velhas.

Para Oliveira & Dantas (1988), o feijão caupi depende do nitrogênio da semente e do solo até 20 dias após a germinação. Depois deste período, havendo condições para que ocorra uma simbiose efetiva entre a planta e as bactérias do solo a adubação mineral nitrogenada é dispensável. A

partir dos 25 dias da germinação, a necessidade da cultura em nitrogênio é suprida pela fixação do nitrogênio atmosférico, estendendo-se essa relação até a floração, o que deverá ocorrer entre 45 e 55 dias para as culturas de porte determinado e entre 75 e 90 dias para as de porte indeterminado.

Brito (1992), afirmou que o acúmulo de massa seca e de nitrogênio absorvido aumentam significativamente em cada época sucessiva de desenvolvimento das culturas, sendo maior no período de enchimento das vagens e maturação fisiológica, o que para feijão caupi ocorre entre 58 e 78 dias após a semeadura e para feijão entre 47 e 78 dias após a semeadura.

Douglas et al. (1993) asseguraram que a qualidade, a quantidade e o rendimento de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) serão maximizados quando a completa nutrição de nitrogênio da planta for alcançada. A exigência de nitrogênio para o desenvolvimento das vagens dessa espécie, pode ser atingida pela mobilização de N do tecido vegetativo, pela fixação biológica de nitrogênio e pela absorção de nitrogênio do solo.

Embora a fertilização nitrogenada adequada pareça ser um poderoso aliado no aumento de produtividade, Dionet (1994), referindo-se a cereais, diz que a concentração protéica do grão não parece ser muito influenciada por essa prática. É evidente que outros fatores, além do suprimento de nitrogênio, são importantes, tanto no aumento de produtividade como no incremento do teor protéico. Sob qualquer condição de *stress* que a planta sofra, parte das reações metabólicas são desviadas para evitar e/ou tolerar esse *stress* e em consequência, haverá redução na produção de grãos.

Muchow et al. (1993), trabalhando em ambientes tropicais e subtropicais com leguminosas para produção de grãos, tais como soja (max de *Glycine* L.), mung (*Vigna radiata*) e feijão caupi (*Vigna unguiculata*), determinaram que a acumulação de biomassa e a formação de sementes está relacionada à acumulação de nitrogênio. Observaram que a acumulação líquida de nitrogênio está linearmente relacionada à produção de biomassa da parte aérea, ao longo do crescimento até a maturidade, com taxas mais elevadas de

acumulação na soja do que no mung e no feijão caupi. Para as três espécies estudadas, nos dois ambientes, durante o crescimento vegetativo, do total de nitrogênio e de biomassa das plantas, 70% e 50% respectivamente acumularam-se nas folhas. Nos grãos, a concentração de nitrogênio, nos dois ambientes, mostrou-se estável ao longo do período de enchimento de vagem em todas as espécies.

Entretanto, para Muraoka et al (1984), a adubação nitrogenada na dosagem de 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio ou uréia, proporcionou um aumento considerável na produção de feijão (2-2,5 vezes maior que a testemunha); sendo que a aplicação de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, com ou sem parcelamento, não apresentou vantagem sobre aplicação de 20 kg.ha⁻¹ na semeadura. Esses autores não consideram que ocorram diferenças seja em termos de produção ou de aproveitamento do nitrogênio determinadas por diferenças entre as duas fontes do elemento.

Ainda com relação a fontes e doses, Sebastião Filho & Neptune (1982) estudaram, em condições de campo, o transporte de íons NO₃⁻ e NH₄⁺ em uma terra roxa estruturada (Te) cultivada com *Vigna unguiculata* (L.) Walp. O solo foi amostrado em quatro profundidades (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm), no final do ciclo vegetativo da cultura. Os teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ aumentaram com o aumento das respectivas doses, ao passo que, com o aumento da profundidade aumentou o teor de NO₃⁻ e diminuiu o de NH₄⁺. Foi observado menor transporte de (NH₄⁺) em relação ao (NO₃⁻), mesmo quando o solo recebeu as mais altas doses de N-NH₄⁺.

Graham & Scott (1984) estudando os efeitos de cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg.ha⁻¹) em feijão caupi, verificaram que a adubação provocou o aumento da produção de vagens, reduzindo porém a nodulação. De forma semelhante, Agbenin et al. (1991), também trabalhando com doses diferentes de N-uréia, verificaram que o feijão caupi var. Sampea 7 respondeu positivamente à aplicação de até 30 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Dentre as suas conclusões mencionaram também que a aplicação de nitrogênio inibiu a

fixação desse nutriente. Entretanto, Dart & Wildon (1970), observaram que o grau de inibição é dependente da concentração e da forma do nitrogênio adicionado (nitrato, nitrito, amônio e uréia), fato que foi confirmado por Lie (1974).

Singh & Nair (1995) observaram o desempenho de 29 genótipos de feijão caupi, desenvolvidos com a utilização de aplicação, em dois parcelamentos, de doses de nitrogênio variando de 0 a 120 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Foram avaliadas a nodulação e a assimilação de nitrogênio. Em geral, nos tratamentos que receberam nitrogênio, não apenas houve a inibição da capacidade de nodulação, mas também a do crescimento dos nódulos, não sendo observada a acumulação de nitrato. Outra observação foi a da ocorrência de aumento da atividade da redutase do nitrato nas raízes e nódulos das plantas.

Para Senaratne et al. (1987), Bervly & Jarrel (1984), Miller et al. (1982) e Summerfield et al. (1976), a inibição da fixação do N₂ em plantas de feijão caupi, pode ser determinada por parâmetros tais como a época de aplicação do nitrogênio, condições de crescimento da planta, espécie de planta hospedeira e estirpe de rizóbio utilizado.

Altas doses de nitrogênio aplicadas no solo podem resultar em resposta não significativa do processo de fixação do N₂, determinadas pela redução: do processo de infecção nos pêlos radiculares (Bonetti, 1982 e Abdel-Ghaffar et al., 1982); da massa de nódulos (Agbenin et al., 1991; Graham & Scott, 1984; e Miller et al., 1982); da fixação do N₂ pelas raízes noduladas (Abdel-Ghaffar et al., 1982), e da quantidade total de nitrogênio fixado (Hardarson et al., 1991; Senaratne et al., 1995; Eaglesham et al., 1982).

O feijão comum e o feijão caupi, assim como suas estirpes de *Rhizobium* são mais sensíveis ao estresse ambiental e às condições sub-ótimas para crescimento do que outras leguminosas, resultando em tais condições a redução da fixação do N₂, fixação essa que varia: com a umidade do solo (Zablotowicz, et al., 1981; Saito et al., 1984; Walker & Miller, 1986 e

Venkateswarlu et al., 1990) ; com a forma de composto nitrogenado aplicado (Dart & Windon, 1970; Eaglesham et al., 1983; Beverly & Jarrell, 1984; Hine & Sprent, 1988 e Jamro & Miller, 1988); com o cultivar (Zary & Miller, 1980; Hungria & Neves, 1987 e Miller et al., 1987); com a temperatura (Guss & Dobereiner, 1972) e com o fotoperíodo (Yourstone & Wallace, 1990).

Destacam-se entre os fixadores de nitrogênio nos solos de clima tropical, com maior possibilidade de exploração agrícola, os gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Sendo que destes, Jordan (1984) menciona a espécie *Bradyrhizobium* sp, para o feijão caupi, e Pinheiro et al. (1988) a *Rhizobium leguminosarum* para o feijão comum.

Contudo, Truchet et al. (1993), em comentário sobre a simbiose entre as bactérias do gênero *Rhizobium* e as leguminosas de "diálogo molecular", afirmaram que nas etapas precoces de simbiose que culminam com a fixação do N₂, os dois parceiros trocam sinais moleculares. Entretanto, o feijoeiro e *Rhizobium* não se comunicam muito bem nessa conversa molecular visto que a fixação do N₂ nessa simbiose é menos eficiente que no caso de outros pares, embora concordem que este comportamento pode ser modificado conforme a variedade trabalhada.

Awonaike et al. (1991) após avaliarem o desempenho simbiótico e o rendimento das variedades IT84E124, TVx3236 e AFB1757 submetidas a duas doses de nitrogênio inorgânico, baixa (20 kg.ha⁻¹) e alta (100 kg.ha⁻¹) com e sem inóculo, afirmaram que a diferença varietal pode determinar respostas diferentes.

Cultivo de vinte e duas leguminosas tropicais, em solução nutritiva diluída, associada com baixas ou adequadas quantidades de nitrogênio inorgânico, com e sem inoculação de rhizobium, levaram Bell et al. (1990) a afirmarem que o crescimento de leguminosas cultivadas com adequada quantidade de nitrogênio inorgânico é geralmente satisfatório.

Yoneyama et al. (1990) observaram que inoculação do solo com *Bradyrhizobium* aumentou a porcentagem de nitrogênio derivado da atmosfera

em plantas de soja cultivadas sem fertilizante nitrogenado. A abundância do ^{15}N natural no sorgo e no milho foi muito próxima da observada no amendoim não nodulado, sugerindo que estes cereais poderiam ser usados como plantas de referência na estimativa de nitrogênio derivado da atmosfera, pelo método do isótopo com o ^{15}N como marcador. Acrescentaram que com a aplicação de 0 a 200 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, foi observado que o nitrogênio estimado, derivado da atmosfera, foi de 42-61% no amendoim, 33-77% no feijão caupi e 24-48% na soja, dependendo da dose de nitrogênio utilizada. A proporção diminuiu com o aumento da quantidade de nitrogênio aplicado como fertilizante.

Awonaike et al. (1990), também se utilizaram do método do isótopo com o ^{15}N como marcador, observando que as fontes principais de nitrogênio variaram durante o desenvolvimento da planta. O nitrogênio do solo contribuiu com 80% do nitrogênio total assimilado nas partes acima do solo, durante os primeiros 42 dias de crescimento, enquanto que o nitrogênio atmosférico participou com mais de 80% do nitrogênio assimilado, durante o restante do tempo, e teve grande contribuição no nitrogênio demandado no período de crescimento. Na maturidade fisiológica, o total de nitrogênio na planta, acima do solo, consistiu de 100, 50 e 5 kg.ha⁻¹ como nitrogênio derivado das folhas, nitrogênio derivado do solo e nitrogênio derivado do fertilizante, respectivamente. Na maturidade fisiológica, a quantidade de nitrogênio nas vagens ficou ligeiramente acima daquela das folhas. O nitrogênio derivado das folhas pode contribuir significativamente para o desenvolvimento das vagens.

Da mesma forma, em experimento usando ^{15}N , Senaratne et al. (1995), intercalaram milho com *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata* ou amendoim, observando que o amendoim intercalado fixou maior quantidade de nitrogênio da atmosfera (552 mg.planta⁻¹) correspondendo a 85% de seu nitrogênio. O *Vigna unguiculata* e o *Vigna radiata* intercalados fixaram, respectivamente, 161 e 197 mg.planta⁻¹, obtendo da atmosfera 81% e 78% do seu conteúdo de nitrogênio, respectivamente.

O feijoeiro não pode prescindir da adubação nitrogenada, sendo esta a razão pela qual o nitrogênio é recomendado (Moraes, 1988). Entretanto, a cultura do feijão pode se beneficiar da associação simbiótica com *Rhizobium*, para a fixação do nitrogênio. Mesmo que a simbiose não seja suficiente para suprir todo o nitrogênio exigido e que seja necessário realizar adubações nitrogenadas em cobertura, a eliminação ou redução da adubação básica na semeadura já representa uma economia a ser considerada (Oliveira et al., 1996).

Brito (1992) confirmou que existe a possibilidade de que seja eliminada a adubação nitrogenada quando as condições de solo e da planta permitem plenamente a ocorrência da simbiose (planta x rizóbio), quando pode ser dispensada, inclusive, a adubação nitrogenada de arranque.

Hungria (1993) relatou que temperaturas elevadas representam um dos principais fatores limitantes a nodulação do feijoeiro em regiões tropicais. Resultados encontrados por Goulart & Baldan (1993), mostraram que estirpes da espécie *Rhizobium tropici* apresentam maior resistência a temperaturas elevadas que as estirpes de *Rhizobium leguminosarum*.

Stamford et al. (1990) referem-se ao fato de que os períodos de deficiência hídrica não influenciam o número de nódulos, reduzindo entretanto o peso de nódulos, o nitrogênio total acumulado e a produção de matéria seca da parte aérea.

Segundo Oliveira et al. (1996) as exigências nutricionais das plantas noduladas são maiores que as daquelas que recebem nitrogênio mineral, pois naquele caso devem ser consideradas as necessidades da planta, do rizóbio e do sistema simbiótico.

Vargas et al. (1993) cultivaram feijão inoculado com *Rhizodinium leguminoscarum* bv. *phaseoli* e adicionaram adubos nitrogenados como suplementação, em dose variadas, obtendo como resultados aumentos na produção, os quais variavam em função da dose e variedades utilizadas.

Vários trabalhos relacionam a fixação biológica de nitrogênio com a utilização de nutrientes minerais em feijoeiro. Tsai et al. (1993) verificaram elevada correlação entre a fertilização com fósforo, potássio e enxofre e fixação biológica de nitrogênio. Teixeira (1994) também observou a existência de relação simbiótica entre feijoeiro e *Rhizobium* como função de diferentes níveis de fósforo no solo. Outros trabalhos demonstraram a eficiência da calagem tanto para a correção da acidez do solo, quanto para o fornecimento de cálcio para o macro e microsimbionte (Franco & Day, 1980; Franco & Munns, 1981).

Alguns micronutrientes são essenciais no processo de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, entre estes citam-se o ferro (Eady & Postgate, 1974), e o molibdênio (Bortels, 1937), que fazem parte da enzima nitrogenase atuando como catalisadores no processo de fixação simbiótica, e cobalto (Ahmed & Evans, 1961).

Bassan (1999) mencionou que a inoculação de sementes, bem como a aplicação de molibdênio não são efetivas no desenvolvimento, na produção de feijão e na qualidade fisiológica das sementes. Sendo assim, não haveria necessidade de inoculação de sementes e de aplicação de molibdênio, recomendando-se entretanto a aplicação de nitrogênio em doses de até 90 kg.ha⁻¹, dependendo dos níveis de produção e da qualidade das sementes.

Schroeder et al. (1998), Odo et al. (1989) e Redmon et al. (1995), comparando a nutrição de nitrogênio usando como fonte leguminosas e fertilizantes inorgânicos, verificaram que a leguminosa foi menos eficiente que a outra fonte.

2.2.2 Fósforo

O fósforo, mineral que participa de importantes processos metabólicos, tem sido considerado o elemento de maior influência na produção

de feijão. O fósforo faz parte dos fosfolipídeos, nucleotídeos e carboidratos fosforilados, e sua absorção pelas plantas ocorre, preferencialmente, na forma de íon H_2PO_4^- . O processo de transferência desse mineral ocorre das folhas mais velhas para as mais novas, o que faz com que os sintomas de deficiências, surjam primeiramente nas folhas mais velhas. De um modo geral, os solos brasileiros apresentam baixos teores de fósforo.

Almeida & Bulisan (1980), trabalhando com feijão (gênero *Phaseolus*), construíram curvas de absorção e de distribuição de nutrientes que mostraram que até dez dias após a germinação a taxa de absorção de fósforo é muito baixa. As curvas de crescimento e as de formação de massa seca apresentaram a mesma tendência.

Oliveira & Dantas (1988), reafirmaram a citação anterior dizendo que a taxa de absorção de fósforo é muito baixa nas duas primeiras semanas, e acrescentaram que a mesma cresce gradualmente até atingir seu ponto máximo entre 40 e 50 dias, para as cultivares de porte indeterminado (ciclo curto), e de 75 a 90 dias nas de porte determinado (ciclo longo), o que coincide com o seu período de floração.

Davis et al. (1994), testaram doses de superfosfato triplo (0, 22,5 ou 45,0 kg ha⁻¹ fósforo) em cultura de milho intercalado com feijão caupi para produção de feno em solo arenoso. Constataram que o rendimento do feijão caupi não foi influenciado pela aplicação de fósforo.

Entretanto, Ankomasnh et al. (1995), estudando diferentes fontes de fósforo em cultivares de feijão caupi, observaram que para uma mesma fonte de fósforo o valor necessário para atender as exigências da cultura varia com o cultivar.

Dasguptanayak & Basak (1995), trabalhando com níveis de acidulação diferentes para uma mesma rocha, em experimento com feijão caupi, verificaram que a aplicação de Fosfato de Rocha Purulia (PRP), não acidulado, não afetou a absorção e o conteúdo de fósforo do solo na colheita. O PRP parcialmente acidulado (com ácido nítrico 30%) aumentou a absorção de

fósforo em leguminosa e o conteúdo de fósforo no solo. A eficiência do fosfato de rocha parcialmente acidulado foi mais baixo do que a do superfosfato simples.

Ankomah et al. (1996), executaram trabalho em estufa com a finalidade de avaliar o efeito da aplicação de fósforo sobre a produção, nodulação e fixação de N_2 em cultivares de feijão caupi. Utilizaram-se da técnica da diluição isotópica com o ^{15}N , usado como marcador. O fósforo foi aplicado nas doses de 0 e 50 meq.kg $^{-1}$ de fósforo e as variedades usadas para testes foram a Soronko, a Amantin, e a IT81D-1137. Concluíram que em uma terra de fertilidade média, certo cultivares de feijão caupi são capazes de satisfazer a sua exigência de nitrogênio total por fixação de N_2 e que sem a aplicação do fósforo a acumulação de nitrogênio variou significativamente entre os genótipos de feijão caupi inoculados, em contraste com os cultivares de feijão caupi não inoculadas, nos quais não ocorreu tal variação. O efeito do fósforo na fixação do N_2 ocorreu mais no acúmulo do N-total do que na percentagem derivada da atmosfera.

Em estudos de avaliação da disponibilidade de fósforo derivado de fosfato de ferro e de alumínio, para leguminosa, Armstrong et al. (1993), usaram o ^{32}P como marcador. Verificaram que a disponibilidade do fosfato mineral para o milho aumentou com o tempo após a emergência, e com a absorção de fósforo total pela planta. Porém, a fonte de fósforo não afetou o crescimento ou absorção do fósforo total pela planta. A disponibilidade do $AlPO_4$ amorfo (Al-P), do $AlPO_4$ cristalino (variscita), do $FePO_4$ amorfo (Fe-P) e do $FePO_4$ cristalino (estrengita) comparativamente à do KH_2PO_4 , considerada como 100%, foi 53,1%; 3,4%; 38,9% e 1,9%, respectivamente.

Thind et al. (1990), conduziram experimentos em vasos, com *V. radiata*, *C. arietinum* e *V. unguiculata* cultivados em 12 tipos de solo, utilizando 30, 60 e 90 kg.ha $^{-1}$ de P_2O_5 aplicados como ^{32}P -fosfato de diamônio lábil a solução. Observaram que, 60 kg.ha $^{-1}$ de P_2O_5 apresentaram o mais alto rendimento de massa seca em 3 culturas, independente do tipo de solo. A

absorção de fósforo aumentou com o aumento das doses de fósforo aplicadas e variou com os diferentes tipos solos.

Thind et al. (1993), pesquisando o efeito dos níveis de fosfato diamônio (0, 30, 60 ou 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) em *Vigna radiata* cv. PS-7 e feijão caupi cv. 133, observaram que as respostas do rendimento de massa seca do *Vigna radiata* foram maiores com 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, depois de 30 dias de crescimento, e com 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ após 60 dias de crescimento. No feijão caupi o rendimento foi mais elevado usando-se 90 kg.ha⁻¹ P₂O₅. A absorção de fósforo do solo aumentou com os valores superiores a 60 kg.ha⁻¹ P₂O₅, em *Vigna radiata* e acima de 90 kg.ha⁻¹ P₂O₅, em feijão caupi.

Srinivasan & Ramasamy (1992), em experiência de campo durante três anos, estudaram o efeito de aplicação foliar de uréia e fosfato de diamônio em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). A aplicação foliar de fosfato de diamônio a 2% com 20 e 30 dias depois da semeadura produziu resultados significativamente superiores aos dos outros tratamentos, elevando em 29% o rendimento de grãos e aumentando os valores referentes ao crescimento.

Othman et al. (1991) verificaram o efeito interativo de fornecimento de fósforo (0, 10, 20 ou 40 µM) e idade de planta sobre o número de nódulos, crescimento vegetativo e produção de vagens. As investigações foram conduzidas em estufa com plantas noduladas de feijão caupi cv. Kausband cultivadas em areia. O estresse de fósforo reduziu o crescimento da parte aérea e o rendimento das vagens em 48% e 90%, respectivamente. Embora a concentração de fósforo na parte aérea da planta, raízes e nódulos tenha aumentado com o fornecimento de fósforo, a concentração de nitrogênio nestes tecidos de planta não foi alterada. A concentração de nitrogênio e fósforo nos nódulos aumentou mais de 2 a 2,5 vezes do que a da parte aérea da planta. A aplicação de fósforo interagiu fortemente com a idade da planta

Mayz & Cartwright (1998), estudaram o efeito do fósforo sobre o crescimento de plantas de feijão caupi, fertilizadas com nitrgênio, e constataram

que o crescimento máximo ocorreu com 40 ppm de fósforo. Plantas com suprimento inferior a 20 ppm mostraram sintomas de deficiência de fósforo, caracterizados pela supressão da nodulação. A concentração de fósforo nos brotos e nas raízes das plantas inoculadas apresentou-se maior do que nas plantas suplementadas com nitrogênio e nos brotos maior do que nas raízes. Já a concentração de nitrogênio em plantas inoculadas aumentou com o incremento de fósforo. Porém, nas plantas fertilizadas com nitrogênio, a máxima concentração de nitrogênio ocorreu com a dose mais baixa de fósforo. A deficiência de fósforo limitou o crescimento independentemente de qualquer efeito indireto sobre o desenvolvimento simbiótico.

Probert et al. (1992), também verificaram o efeito do fósforo com doses fixas de nitrogênio em leguminosas. Para isso, conduziram um experimento de campo em duas estações chuvosas. Sendo que na primeira foi fornecido para o milho 0, 20, 40 ou 60 kg.ha⁻¹ de fósforo + 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio e para *Vigna unguiculata* as mesmas taxas de fósforo + 60 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Na segunda estação chuvosa, o milho e a *Vigna unguiculata* foram semeados com somente 60 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Em ambos os anos o rendimento de grãos de milho e a absorção de fósforo foram maiores na dose de 40 kg.ha⁻¹ de fósforo em canteiros que receberam material orgânico. A *V. unguiculata* não respondeu à aplicação do nitrogênio, mas o rendimento de sementes e a absorção de fósforo aumentaram com as taxas crescentes de fósforo.

Singh et al. (1993), avaliando as correlações fenotípica e genotípica desenvolvidas na presença e ausência de fósforo (60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), de 18 linhagens avançadas de feijão caupi (*Vigna unguiculata*), constataram que os dados obtidos indicam que o número de vagens/planta e de sementes/vagem na presença de fósforo; o número de vagens/planta, de dias para atingir a maturidade e a altura das plantas sob estresse de fósforo, podem ser usados para a seleção de genótipo de alto rendimento.

Smyth & Bastos (1985), desenvolveram pesquisa a fim de avaliar o efeito da adubação fosfatada sobre a produção de leguminosas. Determinaram que com 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , em quatro cultivos sucessivos (milho-feijão caupi), houve aumento de $6,6 \text{ t.ha}^{-1}$ de grãos em relação ao tratamento sem fósforo. Os níveis críticos de fósforo no solo, para 80% do rendimento máximo, foram de 7 ppm e 11 ppm com extrator Mehlich-1 e 9 ppm e 22 ppm com extrator Bray-1, respectivamente, para milho e feijão caupi.

Singh et al. (1991), testaram, em experimentos de campo, o rendimento de massa seca do feijão caupi cv. Gigante Russo, do HFC-42-1 e do FOS-1 sob diferentes doses de fósforo (0, 20, 40 ou $60 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) e variação na disponibilidade de água (irrigados a 100, 150 ou 200 mm medidos em tanque evaporímetro). Os rendimentos de massa seca da forragem aumentaram com taxa de aplicação de fósforo e foram mais altos com irrigação de 100 mm na cv. Gigante Russo.

Ikombi et al. (1993), testaram em experimento de vaso o rendimento de massa seca do feijão caupi cv. Vita-4. Usaram solo podzólico cinzento deficiente em fósforo com os suprimentos de 10 ou 240 kg.ha^{-1} de fósforo antes da semeadura. Observaram que as plantas supridas com 240 kg.ha^{-1} de fósforo produziram o maior rendimento de grãos e que o rendimento de massa seca e a concentração de fósforo nas folhas mais jovens indicaram que houve deficiência desse elemento apenas nas plantas supridas com 10 kg.ha^{-1} de fósforo.

2.2.3 Potássio

O aumento de produção de feijão como resposta a aplicação do potássio no solo é pouco referenciado na literatura consultada. Este elemento é absorvido pela planta na forma iônica (monovalente). Embora não seja

identificado como componente de nenhum composto, sua importância reside no fato de ser ativador de várias enzimas e sua deficiência afetar funções como fotossíntese e respiração. Redistribuindo-se com rapidez, sua deficiência surge, portanto, primeiramente nas folhas mais velhas.

Almeida & Bulisani³, trabalhando com feijão (gênero *Phaseolus*), construíram curvas de absorção e de distribuição de nutrientes pelas quais mostraram que, até dez dias após a germinação, a taxa de absorção de potássio desenvolve-se muito pouco. Segundo Oliveira & Dantas (1988), a taxa de absorção de potássio é semelhante a do fósforo, muito baixa nas duas primeiras semanas, crescendo gradualmente até atingir seu ponto máximo entre 40 e 50 dias, para os cultivares de porte indeterminado (ciclo curto), e de 75 a 90 dias nas de porte determinado (ciclo longo), o que coincide com o período de floração.

Cattini (1974), mencionou que em condições de extrema deficiência de potássio, o teor de nitrogênio e de alguns compostos nitrogenados solúveis, tais como o ácido aspártico, asparagina, ornitina, citrulina, N-carbamilputrescina e putrescina, aumentam drasticamente. Fez referência ao fato de que algumas variáveis, tais como o tamanho das plantas e o teor de água, mostraram correlação direta com a concentração do potássio (nas soluções nutritivas ou nas folhas). Outras variáveis, tais como os teores de fósforo, magnésio e arginina, mostram uma correlação inversa com a concentração de potássio. A concentração de potássio suficiente para o desenvolvimento normal do feijão (*Phaseolus vulbaris* L. cv. Goiano Precoce) parece estar entre 1mM e 2 mM.

Silveira & Damasceno (1993), verificaram o efeito das doses e da aplicação parcelada de potássio e nitrogênio em feijoeiro (gênero *Phaseolus*). As doses de nitrogênio aplicadas foram 0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹ e as de potássio 0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹. O potássio foi aplicado em 2 modos de parcelamento: 100% no plantio e 50% no plantio + 50% em cobertura, por ocasião da aplicação do nitrogênio.

O peso da massa seca, o teor e conteúdo de potássio cresceram com o aumento da dose de nitrogênio aplicado no solo. A produção de grãos obedeceu a uma função quadrática em resposta à adubação nitrogenada, atingindo o máximo com a dose de 72 kg.ha^{-1} de nitrogênio. Houve efeito significativo do potássio sobre o peso de 100 grãos, efeito esse que diminuiu com o aumento da dose. O parcelamento de potássio teve efeito somente nas doses mais altas e sobre a produção de grãos e o peso de matéria seca.

Patra & Abhijit (1996), avaliaram a diminuição de potássio não-trocável e sua contribuição para nutrição de plantas. Citaram que a extensão da diminuição de potássio não-trocável e sua utilização pelas culturas, foi influenciada consideravelmente por tratamentos com fertilizante. Tal diminuição foi máxima (3,5% a 20,8% do potássio não-trocável antes de semear) quando as culturas foram desenvolvidas com fertilizantes nitrogênio e fósforo e mínima (1,8% a 9,9 % do potássio não-trocável antes de semear) quando o fertilizante utilizado foi o potássio. O efeito da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio foi intermediário. Semelhantemente, a contribuição de potássio não-trocável para a absorção de potássio total foi máxima com a aplicação de fertilizantes nitrogênio e fósforo e mínima com o fertilizante potássio.

Premkumar & Kulandaivelu (1998), constataram que a composição mineral foliar muda significativamente devido aos parâmetros: radiação de UV-B e deficiência de potássio, impostas independentemente ou conjuntamente. Pode ser observada também uma redução severa de proteína do cloroplasto em mudas, submetidas a tensão combinada.

Vinay, et al. (1989), verificaram como a relação K : Fe, poderia influenciar os rendimentos de massa fresca e seca do feijão caupi. Constataram que os rendimentos de ambos, massa fresca e seca, aumentaram com até 30 ppm potássio e 10 ppm de ferro. Aplicação inferiores fez diminuir o conteúdo e a absorção de potássio. Uma relação de K : Fe de 258 foi ótima para obter rendimentos mais altos.

2.2.4 Cálcio

O cálcio tem sido aplicado na cultura do feijão normalmente na forma de calcário, com a finalidade de correção da acidez do solo. É absorvido como cátion bivalente e encontra-se no solo na formas de carbonatos, silicatos, fosfatos, sulfatos, matéria orgânica trocável e em solução. É constituinte da parede celular, da estrutura dos lipídeos, das membranas celulares além de ser ativador de algumas enzimas. É considerado um elemento imóvel, pois uma vez localizado nas folhas raramente pode ser redistribuído.

O cálcio atinge seu ponto máximo de absorção entre 10 e 15 dias após a germinação, tanto para plantas de porte determinado como indeterminado. Oliveira & Dantas (1988) e Haag et al. (1967), observaram que a absorção máxima de cálcio pelo feijão (gênero *Phaseolus*) ocorre em torno de cinquenta dias após a germinação.

Cravo et al. (1987a) com o objetivo de avaliar a resposta de culturas anuais à aplicação do calcário, através do efeito inicial e residual, bem como determinar sua importância na neutralização da acidez do solo, instalaram experimento utilizando doses de: 0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 t.ha⁻¹ de calcário. Embora tenha sido observado aumento de pH, não houve resposta ao rendimento do feijão caupi. Cravo et al. (1987b), determinaram que o feijão caupi só respondeu a aplicação do calcário, após o terceiro ano e sugeriram que se a saturação de alumínio no solo não cair abaixo de 65% não haverá resposta do feijão caupi para a aplicação de calcário. O uso do calcário associado ao gesso, melhorou a fertilidade do solo em profundidade e, fez aumentar a produtividade das culturas.

Fernandes (1993) obteve resposta à aplicação de calcário e fósforo para o rendimento de grãos do feijão (gênero *Phaseolus*), variedade IAPAR 20. Os maiores rendimentos relativos foram observados para 4500 kg.ha⁻¹ de calcário e para as doses de 60 e 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅.

Horst et al. (1992), trabalhando com feijão caupi, verificaram que as variações na eficiência de cálcio foram independentes do fornecimento de fósforo e não podem ser explicadas pelas variações na absorção de cálcio ou pelas variações nas concentrações de cálcio no tecido da planta. Porém, a razão principal para as diferenças de sensibilidade dos cultivares ao baixo fornecimento de cálcio foi atribuída às diferenças na exigência de cálcio pelo tecido da planta para manter a organização e função do tecido. Foi sugerido que existe um considerável potencial genético para tolerância a baixo fornecimento de cálcio no feijão caupi.

Alva et al. (1991), desenvolveram experimento com soja cv. Fitzroy e feijão caupi cv. Vita 4, cultivados em soluções de nutrientes diluídos na presença de 0,05; 0,5 ou 2,5 mM cálcio, atividades de alumínio de 0-33 μ M e a pH de 4,5; 5,0 ou 5,5. As concentrações de nitrogênio, potássio, cálcio, manganês e zinco em soja e de potássio e manganês em feijão caupi foram aumentadas pelo aumento do pH da solução. Um aumento na concentração de cálcio da solução resultou em aumento da concentração de cálcio e cobre na soja e no feijão caupi e na diminuição das concentrações de magnésio, manganês e zinco na soja e de fósforo, magnésio, manganês e zinco no feijão caupi. As concentrações de alumínio foram maiores em brotos de plantas cultivadas em soluções que contendo uma soma de atividades de espécie alumínio monomérico de 6,1 μ M do que em plantas cultivadas em soluções que não continham nenhum alumínio. Aumentos adicionais em alumínio nas soluções diminuíram as concentrações de alumínio na soja, mas não em feijão caupi. As concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, manganês, zinco e cobre em soja e feijão caupi foram reduzidas pelo aumento das concentrações de alumínio, mas o valor crítico no qual a concentrações dos elementos essenciais diminuíram foram diferentes para soja e feijão caupi.

Alva, et al. (1990), em experimentos com *Vigna unguiculata*, usando soluções nutritivas diluídas, concentração de cálcio variando de 0,05-2,5 mM, e pH variando de 4,5 a 5,5, não observaram nenhum efeito significativo

no crescimento de plantas. Porém, a combinação de baixo pH e baixo teor de cálcio atrasou fortemente a nodulação, suprimiu o número de nódulos e reduziu a massa seca de nódulos. Na mais alta concentração de cálcio, os efeitos do pH no número de nódulos foram pequenos e não significativos, e os efeitos sobre o peso dos nódulos, embora significativos, foram muito menores do que na mais baixa concentração de cálcio. Concluíram, então que, a nodulação foi mais sensível à mais baixa concentração de cálcio do que ao baixo pH. Em pH 4,5 e 0,5 mM de cálcio, o alumínio retardou e suprimiu a nodulação. Numa atividade de 12,7 μM o alumínio retardou a nodulação por 4 dias, e reduziu drasticamente o número e o peso seco de nódulos. Em atividades de alumínio mais elevadas acima de 12,7 μM de alumínio, a nodulação foi reduzida a zero. Número e massa seca de nódulo sofreu uma redução 10% quando a atividade do alumínio foi de aproximadamente de 0,3 e 0,5 μM , valor considerado crítico para essa análise. As plantas inoculadas supridas com nitrogênio inicial e em plantas supridas continuamente com nitrogênio mineral adequado, a massa seca das raízes e dos brotos mostrou uma diminuição aproximadamente linear com o aumento da atividade do alumínio na faixa de 0-40 μM . Para crescimento considera-se a atividades críticas de Al estavam variando na faixa de 4-8 μM . Concluído que nodulação era muito mais sensível ao alumínio do que foi o crescimento de planta. Os resultados são discutidos em relação a tolerância ácida em feijão caupi.

Bell et al. (1989) cultivaram amendoim cv. Espanhol vermelho, *Cyamopsis tetragonoloba* cv. Riachos, soja cv. Fitzroy e feijão caupi cv. Vita 4 e CPI 28215 por 20 dias em concentração constante de cálcio de 2, 12, 50, 100 ou 2500 mM em fluxo de solução nutritiva a pH 5,5, com nitrogênio inorgânico adequado e concentração de nutrientes básicos controlados. Aumentos na concentração de cálcio em solução de 2 para 12 mM geralmente elevaram as taxas de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, manganês e zinco e as taxas de transporte de magnésio e ferro para os brotos. Estes aumentos em taxas de absorção e transporte de nutrientes foram associadas com o redução da

deficiência severa de cálcio. Aumentos adicionais em concentração de cálcio na solução de 12 a 2500 mM geralmente não tiveram nenhum efeito na taxa de adsorção de potássio mas proporcionaram elevação nas taxas de absorção de nitrogênio (20-130%) e fósforo (90-500%), diminuíram as de manganês e zinco, como também, as taxas de transporte de ferro e magnésio para os brotos. Em *C. tetragonoloba*, taxas de absorção de fósforo a <2500 mM cálcio foram muito baixas para manter uma concentração adequada de fósforo para máximo crescimento do broto. Nas outras leguminosas, as taxas de absorção de zinco a 12 mM cálcio foram altas o bastante para as que as plantas acumulassem excessiva concentração de Zinco (347-479 mg.kg⁻¹) nos seus brotos. Estes resultados são discutidos em relação à adaptação de leguminosas alimentares tropicais em solos com baixo teor de cálcio disponível, e à resposta de leguminosa para aplicação de cálcio ou calagem

2.2.5 Magnésio

O magnésio participa do metabolismo dos carboidratos, é um ativador de enzima e, como constituinte da clorofila, importante elemento para fotossíntese. Absorvido na forma de cátion bivalente é transferido para as folhas mais novas a partir das mais velhas, onde são revelados primeiro e com mais severidade os sintomas de deficiência.

Para Oliveira & Dantas (1988), o magnésio, atinge seu ponto máximo de absorção entre 10 e 15 dias, tanto para plantas de porte determinado como indeterminado. Enquanto que para Haag et al (1967), que trabalharam com feijão (gênero *Phaseolus*), a absorção máxima de magnésio ocorre em torno de setenta dias após a germinação.

Contudo Oliveira et al. (1996), considerando que as respostas do feijão ao magnésio têm sido modestas, informam que com teores de Mg²⁺ um

pouco acima de $0,8 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$ começa-se a observar um efeito negativo. Citaram, ainda, que a relação cálcio/magnésio considerada ideal para a cultura é de 4:1 quando a cultura é realizada em solos de fertilidade média a alta, e que esta relação pode sofrer alguma modificação; concluindo, contudo, que quando os solos são de baixa fertilidade esta relação tem sido mantida.

Singh & Sharma (1995), após condução de experimento em campo por dois anos, com 10 diferentes tipos de solo, observaram que a absorção de magnésio foi particularmente baixa em solos com altos níveis de potássio ($K=27-35 \text{ g.kg}^{-1}$) e que a relação $K/Ca+Mg$ para feijão caupi é de 1,61.

Silva (1998), referindo-se as plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) "Jaguaribe" concluiu que a produção de massa seca sofre efeito de interações com potássio, cálcio e magnésio; que a aplicação de cálcio no solo reduz a concentração de nitrogênio, fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre; que os efeitos das doses de magnésio no solo ocorrem quando há aumento da concentração de cálcio nas plantas e redução dos teores de fósforo, ferro, zinco e cobre que o efeito da interação potássio x magnésio diminuiu a concentração de cálcio nas plantas e que o cálcio e o magnésio, interagindo, diminuem a concentração de cálcio e de cobre nos tecidos das plantas.

2.2.6 Enxofre

O enxofre é o 13^o elemento mais abundante na crosta terrestre. A maior fonte desse elemento nos solos cultivados é a matéria orgânica. Esse elemento é componente da estrutura de alguns aminoácidos, participa do metabolismo de vitaminas e é constituinte do grupo ativo de muitas enzimas envolvidas com o anabolismo e o catabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas. Absorvido na forma de sulfato, sua deficiência não é muito comum

podendo, entretanto, ocorrer em área onde a queima dos restos culturais é feita com assiduidade e não se usa o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio, ou ainda em locais onde não existam centros produtores de dióxido de enxofre. Uma vez absorvido pela planta é rapidamente transferido para as folhas mais novas a partir das mais velhas, onde, portanto, em caso de deficiência, desenvolvem-se os primeiros sintomas.

Dantas et al. (1979), concluíram que o enxofre é absorvido pelo feijoeiro durante todo seu ciclo, atingindo o ponto máximo no período de floração e de formação de vagens.

Haag et al. (1967), trabalhando com feijão (gênero *Phaseolus*), observaram que a absorção máxima de enxofre ocorre em torno de setenta dias após a germinação.

Makarim et al. (1991), entendem que informações sobre determinações do conteúdo de enxofre em diferentes culturas e partes de plantas sugerem a existência de variação na exigência de enxofre. Para eles, via de regra, quanto maior o rendimento de grãos, independentemente da cultura, maior a taxa de absorção de enxofre e por conseguinte maior a necessidade de fornecimento do elemento. Em um experimento de três anos encontraram resposta significativa para aplicação de enxofre em culturas de planalto (arroz, feijão caupi, milho e soja) tanto no campo como em vaso.

Bansal (1991), trabalhando com soja, *Vigna radiata*, *Vigna mungo* e *Vigna sinensis*, com aplicação de gesso em doses correspondentes a 0; 20; 40 e 80 kg.ha⁻¹ de enxofre, obteve um aumento nos rendimentos de semente e nos conteúdos nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em todas as colheitas.

Raij et al. (1987), determinaram que parte do efeito favorável do gesso na reação do solo se deve à maior absorção de nitrato; que a acidificação do solo aumenta com o aumento da adição de fertilizantes e é atenuada na presença do gesso; e que o aumento da acidez do subsolo relacionou-se com a diferença de cátions ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{NH}_4^{+}$) e ânions (NO_4^{-}).

+H₂PO₄⁻+SO₄²⁻). Verificaram ainda que o gesso promoveu maior absorção de nitrogênio pelo sorgo, e maior esgotamento do subsolo em K⁺, NH₄⁺ e NO₃⁻.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), localizado no município de Piracicaba, SP, a 22°41'30" de latitude Sul, 47°38'30" de longitude Oeste e 580 m de altitude.

As análises laboratoriais foram feitas no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos e Nutrição de Planta da ESALQ/USP.

3.2 Solo

Foi utilizada terra coletado da camada arável (0 – 0,20 m) de um solo classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1999), do município de Piracicaba, SP.

A terra coletada foi seca ao ar, destorroada, homogeneizado e passada em peneira com malha de 2 mm de abertura. Desse material foram retiradas duas amostras compostas, cujas características químicas foram determinadas pelo método proposto por Raij & Quaggio (1983). Para as

análises granulométricas, empregou-se o método descrito por Kiehl (1979). As características analisadas estão apresentadas nas Tabelas 1 a 3. A seguir foram separadas porções de 6 kg as quais foram acondicionadas em vasos. Os fundos dos vasos foram forrados com tela plástica de malha fina para que não houvesse perdas de terra.

Tabela 1. Teores de macronutrientes do Neossolo Quartzarênico, do município de Piracicaba, SP.

Amostra	PH	M.O	P	S-SO ₄	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
	⁷ CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³										%
01	4,2	15	3	27	0,7	9	3	9	34	12,7	46,7	27	41
02	4,2	13	3	30	0,6	7	3	8	42	10,6	52,6	20	43

Tabela 2. Teores de micronutrientes do Neossolo Quartzarênico, do município de Piracicaba, SP.

Amostra	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	μg dm ⁻³				
01	0,22	0,5	62,8	4,2	0,4
02	0,18	0,5	63,6	4,1	0,4

Tabela 3. Fração granulométrica e classificação textural do Neossolo Quartzarênico, do município de Piracicaba, SP.

Amostra	Areia (%)						Silte (%)	Argila(%)		Floc. (%)	Classe de Textura
	MG	G	M	F	MF	TOT.		TOT	ÁGUA		
01	1	8	23	44	6	82	2	16	4	75	md-ar.
02	1	8	22	45	6	82	2	16	4	75	md-ar.

3.3 Calagem e Adubação

Tendo por base os resultados da análise da terra determinou-se a correção e a adubação da mesma. Utilizou-se como critério para determinação das doses de nutrientes aquele sugerido por Raij et al. (1997). Como fonte de nutrientes, foram utilizados os adubos e corretivo, conforme apresentados na Tabela 4.

Com exceção do Super Fosfato Simples, os demais adubos foram dissolvidos e/ou diluídos em água para serem aplicados aos vasos.

O Método Saturação por Bases, foi utilizado para o cálculo da necessidade de calagem (Raij, 1981):

$$N.C. = \frac{(V_1 - V_2) CTC}{100}$$

A correção da acidez da terra de todos os vasos, foi feita de modo a elevar a saturação em base para $V_2 = 50\%$, de conformidade com o pre-

estabelecido para a cultura. O calcário, foi colocado juntamente com os 6 kg de terra, em um saco plástico o qual foi agitado manualmente até que fosse obtida a homogeneidade. Após este procedimento, a mistura foi colocada nos vasos, onde foi devidamente umedecida para que fosse mais prontamente elevada a reação da terra ao valor desejado.

Tabela 4. Fonte e doses de nutrientes utilizados na adubação e correção do Neossolo Quartzarênico, do município de Piracicaba, SP.

Nutrientes	Fontes	Dose aplicada (g.vaso ⁻¹)
Cálcio e Magnésio	Calcário Dolomítico (28%CaO;12,9% MgO; PRNT 82,64)	3,77
Nitrogênio	Nitrato de Amônio (33%N)	0,54
Fósforo	Super Fosfato Simples (18%P ₂ O ₅)	3,80
Potássio	Cloreto de Potássio (60 %K ₂ O)	1,20
Zinco	Sulfato de zinco (20% Zn)	0,015

Definiu-se a localização e as épocas de aplicação dos adubos de conformidade com indicado para a cultura por Malavolta² (1998). Fósforo e zinco foram aplicados em dose única, antes do plantio, à profundidade de 0,02 e 0,03 m respectivamente, em relação à semente. Para efetuar este procedimento retirou-se do vaso uma camada de 0,03 m de terra. O sulfato de zinco foi distribuído na superfície do solo por meio de uma seringa e a seguir coberto com 0,01 m de terra. Na seqüência procedeu-se à distribuição do

²MALAVOLTA, E. CENA/USP.1998. Comunicado pessoal.

superfosfato na forma sólida, o qual foi coberto com 0,02 m de terra após o que colocaram-se as sementes, em número de 10 por vaso, à aproximadamente 0,01 m da superfície.

O total do nitrogênio e do potássio recomendados foram aplicados em cobertura, divididos em 3 doses sucessivas contendo cada uma além de 33% de nitrogênio, 20%, 30% e 50% de potássio, respectivamente. A primeira dose foi aplicada no aparecimento do primeiro par de folhas definitivas, a segunda no aparecimento das primeiras flores, e a última cinco dias após a aplicação anterior.

3.4 Cultivares

O cultivar, BR12-Canindé caracteriza-se por apresentar um ciclo curto de produção, com duração média de 60 a 65 dias entre a semeadura e a colheita. Tem hábito de crescimento indeterminado, porte ereto e flor de cor violeta. As vagens quando secas ficam amarelas e as sementes marrom. O comprimento médio da vagem é de 0,11 m (Cardoso, 1988).

O cultivar BR17-Gurguéia, possui hábito de crescimento indeterminado, porte enrramador. A flor tem a cor roxa e as vagens, quando secas, tomam a cor amarela, enquanto que a semente fica esverdeada. O comprimento médio da vagem é de 0,17 m (Freire Filho, 1994).

Segundo Cardoso (1988) e Freire Filho (1994), ambos os cultivares estão na faixa de aceitação comercial de produtores e consumidores piauienses.

3.5 Inoculação

As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* s.p., estirpe CM 1507 + 1529, segundo o método proposto por Somasegaram & Hobem (1994). Utilizou-se o correspondente a 0,002 kg de inoculante por semente. Os inóculos, fornecidos pela Seção de Microbiologia do Solo do Centro de Energia Nuclear da Agricultura / ESALQ/USP, desenvolveram-se tendo como meio o húmus.

Figura 1 - Visão geral do experimento instalado em casa de vegetação. Piracicaba, SP, 2000.

3.6 Instalação e condução do experimento

A pesquisa constou da realização, em dois períodos, de dois experimentos, os quais, conforme o esquema apresentado na Figura 1, foram

assim organizados: Quatro tratamentos, com quatro repetições, e nove épocas de coleta de material em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas, perfazendo um total de 144 vasos por experimento.

De janeiro a abril de 1998, foi utilizado o cultivar BR12-Canidé e de setembro a dezembro do mesmo ano, o cultivar BR17-Gurguéia.

Oito dias após a germinação realizou-se um desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso.

Com base nas observações realizadas, procurou-se identificar os estádios fenológicos da planta segundo a descrição apresentada por Campos et al. (1993), Tabela 5.

Manteve-se a umidade da terra através de rega, em turno de dois dias, com água destilada, de modo a não haver perdas por transbordamento e/ou lixiviação. Por meio de amostragem selecionava-se $\frac{1}{4}$ dos vasos de cada bloco para pesagem, em função do que completava-se água.

Aos nove dias depois do plantio, foi aplicado um produto à base de carbamato (Temik) como preventivo contra o ataque de pragas.

Figura 1. Esquema demonstrativo dos tratamentos utilizados nos experimentos instalados em casa de vegetação com os cultivares BR12-Canindé e BR17-Gurguéia. Piracicaba, SP, 2000.

Tabela 5. Estádios fenológicos do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.), e sua caracterização.

Estádios	Caracterização
V ₀	Semeadura
V ₁	Os cotilédones emergem na superfície do solo;
V ₂	As folhas unifolioladas encontram-se completamente abertas, isto é, suas margens estão completamente separadas;
V ₃	a primeira folha trifolhiada encontram-se com os folíolos separados e completamente abertos;
V ₄	A Segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos;
V ₅	A terceira folha trifoliolada encontra-se como os folíolos separados e completamente abertos;
V ₆	Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas e frequentemente nas primeiras folhas trifolioladas;
V ₇	A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente abertas;
V ₈	A Segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta;
V ₉	A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta;
R ₁	Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal;
R ₂	Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral;
R ₃	Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início da perda da coloração verde e da secagem das vagens;
R ₄	Maturidade de 50% das vagens da planta e
R ₅	Maturidade de 90% das vagens da planta.

FONTE: CAMPOS et al., 1993.

3.7 Coleta do material

Dez dias após a semeadura, foi realizada a primeira coleta de material (parte aérea e raiz). As coletas subsequentes do cultivar BR12-Canindé, foram espaçadas de cinco dias até a sexta coleta e de dez dias daí em diante e as do cultivar BR17-Gurguéia espaçadas de dez dias, Tabela 6.

Tabela 6. Épocas de coleta da parte aérea e raiz das cultivares BR12-Canindé BR17-Gurguéia.

Coleta	BR12-Canindé (dias após a semeadura)	BR17-Gurguéia (dias após a semeadura)
1 ^a	10	10
2 ^a	15	20
3 ^a	20	30
4 ^a	25	40
5 ^a	30	50
6 ^a	35	60
7 ^a	45	70
8 ^a	55	80
9 ^a	65	90

A coleta do material foi realizada com corte das plantas rente a terra do vaso, separando parte aérea e raízes. As raízes foram separadas do solo com o auxílio de peneiras e jatos d'água. As duas partes da planta foram acondicionadas em saco de papel, separadas e devidamente identificadas para

serem conduzidas à secagem.

3.8 Avaliações do Experimento

O material coletado foi levado à estufa com ventilação forçada e temperatura de 70^o C até atingir peso constante. Determinou-se a massa seca mediante pesagem em balança com precisão de 0,001g nas folhas, ramos, vagens e raízes bem como na parte aérea (folhas+ramos+vagens) e total da planta (parte aérea+raízes).

Foram determinados os teores dos macronutrientes nas folhas, ramos, vagens e raízes bem como, a intensidade com que foram absorvidos pelas folhas, ramos, raízes, parte aérea (folhas+ramos+vagens) e total da planta (parte aérea+raízes).

Os métodos utilizados para a determinação do nitrogênio, fósforo e enxofre foram respectivamente os seguintes: Semi-micro-Kjeldahl, Colorimetria do Metavanadato e Turbidimetria do sulfato de bário. Para o potássio, cálcio e magnésio foi utilizada a Espectrometria de absorção atômica. Seguiu-se em todos os casos a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

3.9 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (4x9). Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias referentes a cada cultivar comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Foi feita a análise de regressão (tempo x quantidade extraída). As

equações de regressão foram ajustadas para a obtenção das curvas de produção de massa seca e de macronutrientes.

Os cálculos estatísticos foram realizados através do Sistema de Análise Estatística - SANEST (Zonta & Machado, 1984).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cultivares de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) BR12-Canindé e BR17-Gurguéia apresentam como uma das características diferenciais o ciclo de produção, de 60 a 65 para o primeiro e de 70 a 75 para o segundo.

O estágio R₅ do cultivar BR12-Canindé ocorreu aos 65 dias e o do cultivar BR17-Gurguéia aos 90 dias; este cultivar teve, portanto, um prolongamento de seu ciclo de 15 dias além daquele citado na literatura.

No período em que ocorreu o experimento com o cultivar BR12-Canindé, embora tenham se verificado dias com baixas temperaturas, as mínimas foram sempre superiores à temperatura basal (20⁰ C), constatada para as plantas do gênero *Vigna* (Oliveira et al., 1988). O experimento com o cultivar BR17-Gurguéia, ocorreu sob uma temperatura média mínima de 17⁰C.

Tendo ambos os cultivares apresentado bom padrão fitossanitário, considera-se que as condições climáticas, ressaltando-se a temperatura do ar, foram determinantes na definição desse ciclo, cujo desenvolvimento se deu em período de ocorrência de baixas temperaturas, conforme mostra o Apêndice 1.

Embora o cultivar BR12-Canindé normalmente mais precoce o tenha sido também nestes experimentos, registrou-se neste caso, no entanto, uma diferença ainda maior entre os ciclos.

4.1 BR12-Canindé

4.1. 1 Massa seca

A produção de massa seca, do cultivar BR12-Canindé em todos os tratamentos apresentou aumentos gradativos até atingir o ponto de máxima. Esse comportamento está de acordo com o descrito por Sampaio (1998), indicando as modificações metabólicas que ocorrem na planta. O aumento da massa seca é inicialmente lento, isto porque a nutrição da planta é feita às custas das reservas da semente, até a emergência das folhas e o crescimento das raízes, quando os processos dependentes da fotossíntese se iniciam, resultando em um crescimento rápido. Finalmente a planta atinge o ponto de máximo desenvolvimento e a seguir entra na fase de senescência, com a paralisação da produção de matéria orgânica.

Na produção de massa seca de folhas a partir de R_3 não houve diferença entre os tratamentos T1 e T2 e entre T3 e T4, afirmando-se daí que não houve efeito da inoculação (Figura 2).

Nos ramos, não houve diferença na produção de massa seca até V_5 , nos quatro tratamentos. A partir de R_3 os tratamentos com adubação e inoculação mostraram-se superiores aos com adubação e sem inoculação, assim como os que receberam somente inoculação mostraram-se superiores à testemunha (Figura 3).

Na parte aérea também não houve diferença na produção de massa seca até V_5 nos quatro tratamentos. Entretanto, nos tratamentos com adubação, ocorreu crescimento das plantas por período mais longo do que nos tratamentos sem adubação. Nos tratamentos sem adubação o decréscimo de produção de massa seca da parte aérea ocorreu de forma menos acentuada do que nos tratamentos com adubação (Figura 4).

Figura 2. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: produção de massa seca (g.vaso⁻¹) de folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 3. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: produção de massa seca (g.vaso⁻¹) de ramos das plantas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 4. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: produção de massa seca (g.vaso^{-1}) da parte aérea das plantas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 5. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: produção de massa seca (g.vaso^{-1}) de raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

A produção de massa seca da parte aérea das plantas dos tratamentos com adubação, não apresentaram comportamento semelhante, tendo sido verificado o efeito da inoculação.

Não foram constatadas diferenças entre as produções de massa seca de raízes das plantas adubadas e não adubadas até R₁. Após este período, constatou-se o efeito positivo da inoculação nas plantas que receberam adubação (Figura 5).

Os tratamentos com adubação, apresentaram maior desenvolvimento do sistema radicular devido a melhor nutrição das plantas havendo aí, portanto, maior produção de massa seca nas raízes (Figura 6).

Figura 6. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: aspecto das raízes das plantas cultivadas sob diferentes tratamentos.

A adubação propiciou o prolongamento do período para atingir o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio na produção de massa seca total. Ainda nestes tratamentos, em R₄ e R₅, mostrou o efeito positivo da inoculação, comparativamente aos sem adubação, permitindo afirmar que o desempenho simbiótico estaria sendo determinado pela adubação (Figura 7). Entretanto, estudos feitos por Hungria & Neves (1987), Miller et al. (1987), Walker & Miller

(1986), Saito et al. (1984), Beverly & Jarrell (1984), Eaglesham et al. (1983), Zablotowicz, et al. (1981), Zary & Miller (1980), Guss & Dobereiner (1972), Dart & Windon (1970), sobre a simbiose entre as bactérias do gênero *Rhizobium* e as leguminosas concluíram que diversos fatores podem ser enumerados como determinantes no desempenho simbiótico.

Figura 7. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: produção total de massa seca (g.vaso^{-1}) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Com o apoio das conclusões de Mayz & Cartwright (1998), Graham & Scott (1984) e Fernandes (1993), constatou-se que a produção de vagens ocorreu somente nos tratamentos que receberam adubação (Figura 7), nos quais as plantas foram beneficiadas pelo prolongamento das fases vegetativas (V_0 a V_9), dispondo de maior período para promover, quando mais jovens, a formação das vagens, e subsequentemente garantir o enchimento delas.

Ainda com relação a produção de vagens pode-se observar a existência de diferença entre os tratamentos sem inoculados e com inoculados, sendo maior a produção nestes, tanto em R₄ como em R₅.

Em todas as partes da planta os tratamentos sem adubação produziram menor conteúdo de massa seca, espelhando menor atividade metabólica, característica de planta mal nutrida, ratificando a necessidade de adubação para uma melhor produção, o que está em concordância com Rachie & Roberts (1974).

Figura 8. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: produção total de massa seca (g.vaso⁻¹) de vagens por tratamento, em função do ciclo fenológico da planta.

Na Tabela 7, são apresentadas as equações de regressão e os coeficientes de determinação para a massa seca de folhas, ramos, parte aérea, raízes e total, do cultivar BR12-Canindé. Pode ser observada boa correlação entre as variáveis estudadas nos resultados obtidos em cada uma das partes analisadas; somente em T4, nos resultados referentes a folhas e planta total obteve-se R² abaixo de 0,7.

Tabela 7. Equações de regressão e coeficientes de determinação para a massa seca (g.vaso^{-1}), nas diferentes partes das plantas do cultivar BR12-Canindé, nos quatros tratamentos.

Tratamentos	Equação	*R ²
Folha		
T1	$Y = 0,0029x^2 + 0,295x - 2,5705$	0,8788
T2	$Y = 0,0032x^2 + 0,3171x - 2,7999$	0,9258
T3	$Y = 0,0005x^2 + 0,0399x - 0,2153$	0,8374
T4	$Y = 0,0009x^2 + 0,0724x - 0,5877$	0,4727
Ramo		
T1	$Y = 0,0034x^2 + 0,4232x - 4,4855$	0,9595
T2	$Y = 0,0019x^2 + 0,4004x - 5,3118$	0,8547
T3	$Y = 0,0018x^2 + 0,1777x - 1,5105$	0,8981
T4	$Y = 0,0009x^2 + 0,0828x - 0,3341$	0,9846
Raiz		
T1	$Y = 0,0032x^2 + 0,4722x - 4,2408$	0,8301
T2	$Y = 0,0043x^2 + 0,4854x - 4,3328$	0,8788
T3	$Y = 0,0025x^2 + 0,2211x - 1,7747$	0,7235
T4	$Y = 0,001x^2 + 0,1946x - 1,4902$	0,6776
Parte aérea		
T1	$Y = 0,0044x^2 + 0,6258x - 6,1187$	0,937
T2	$Y = 0,0017x^2 + 0,5274x - 6,0064$	0,9351
T3	$Y = 0,0022x^2 + 0,214x - 1,6862$	0,8989
T4	$Y = 0,0014x^2 + 0,1252x - 0,5717$	0,8406
Total		
T1	$Y = 0,0103x^2 + 1,2334x - 11,802$	0,8677
T2	$Y = 0,0116x^2 + 1,2667x - 12,745$	0,6273
T3	$Y = 0,0042x^2 + 0,3683x - 2,5067$	0,7743
T4	$Y = 0,0037x^2 + 0,3208x - 2,0033$	0,6777

4.1. 2 Conteúdo Nitrogênio

Observou-se, no cultivar BR12-Canindé, semelhança na variação da produção de massa seca e no do conteúdo de nitrogênio da parte aérea nos tratamentos com adubação, o que permite acreditar que o nitrogênio esteja relacionado com o acúmulo de biomassa (Figuras 5 e 11), de conformidade com o encontrado por Muchow et al. (1993).

Verificou-se que houve, entre os dados dos tratamentos com adubação e entre os dos sem adubação, semelhança na variação do conteúdo de nitrogênio nas folhas, ramos, e na parte aérea (Figuras 9, 10 e 11).

Nos tratamentos sem adubação e com adubação as folhas apresentaram declínio do conteúdo de nitrogênio, respectivamente aos 40 e 49 dias em média, o que corresponde à fase fenológica R_3 (Figura 9).

O ponto de máximo conteúdo de nitrogênio nos ramos nos tratamentos com adubação, ocorreu, em média, aos 51 dias e nos sem adubação, aos 41 dias, o que também corresponde a fase fenológica R_3 (Figura 10).

As curvas definidas para parte aérea, mostram que as plantas do tratamento T1 apresentaram maior conteúdo de nitrogênio na avaliação feita a partir da fase fenológica R_1 , refletindo o efeito da inoculação quando comparado às plantas do tratamento T2.

Embora nos tratamentos com adubação, tenha havido semelhança na variação do conteúdo de nitrogênio nos dados correspondentes a parte aérea, folha e ramos, a parte aérea demandou maior período para atingir o ponto de máximo no conteúdo de nitrogênio, o que é um indicativo do translocamento desse elemento destes órgãos para as vagens.

A indicação de que na maturidade fisiológica, o nitrogênio das folhas e ramos contribuiu para o desenvolvimento e enchimento das vagens, pode ser verificado pela observação das curvas representativas do nitrogênio da parte aérea da planta. Estes resultados estão de acordo com aqueles

encontrados por Malavolta (1997), que referindo-se a macronutrientes, afirmou que o enchimento das vagens do feijoeiro, deve ocorrer, em parte, pela redistribuição dos elementos das folhas, cujo conteúdo diminui; mas em desacordo com Awonaike et al. (1990) para os quais o conteúdo preexistentes de nitrogênio em partes vegetativas não contribuíram muito para enchimento de vagens.

O aumento da produção de massa seca e do conteúdo nitrogênio na parte aérea correspondeu aos respectivos aumentos havidos nas raízes. Tendo sido a produção de massa seca nas raízes maior nos tratamentos com adubação, nestes, comparativamente aos sem adubação, foram também maiores as produções de massa seca e os conteúdos de nitrogênio na parte aérea (Figuras 11 e 12).

As raízes apresentam o ponto médio de máximo conteúdo de nitrogênio aos 43 e 40 dias respectivamente para os tratamentos com adubação e sem adubação; ambos na fase fenológica R_3 , antes, portanto, do que a parte aérea. Consequentemente quanto ao decréscimo de nitrogênio, a ocorrência se dá primeiro nas raízes e posteriormente na parte aérea, tanto nos tratamentos com adubação quanto nos sem adubação, independentemente da inoculação, o que denota que há variação de nitrogênio nos diferentes órgãos da planta em função do ciclo fenológico da cultura.

Nos tratamentos que receberam adubação, a parte da planta que primeiro atingiu o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio foi a raiz, vindo a seguir e na mesma época, as folhas e os ramos, e por último, a parte aérea onde estão incluídas as vagens, o que sugere que a ocorrência da movimentação do nitrogênio no feijão se dá nesse sentido.

O conteúdo total de nitrogênio até a fase fenológica V_4 não mostrou diferença entre os quatro tratamentos. Na última avaliação feita, quando o cultivar estava em R_5 , pode-se também verificar que não houve diferença entre os tratamentos de T1 e T2, denotando que não houve resposta

a inoculação. Nestes tratamentos o período para atingir o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio foi maior que em T3 e T4 (Figura 13).

O desempenho simbiótico reduzido também foi verificado por Agbenin et al. (1991), bem como por Truchet et al. (1993), os quais fizeram comentários sobre a simbiose pouco eficiente entre o feijoeiro e as bactérias do gênero *Rhizobium*. Entretanto, Yoneyama et al. (1990), relacionou a ocorrência de acumulação de nitrogênio com a inoculação do solo com *Bradyrhizobium*.

O uso do inoculante nesta pesquisa objetivou apenas investigar o desempenho simbiótico das leguminosas em relação ao uso do adubo. Entretanto, Hardarson et al. (1991), Agbenin et al. (1991), Senaratne et al. (1987), Graham & Scott (1984), Bervly & Jarrel (1984), Miller et al. (1982), Abdel-Ghaffar et al (1982), Eaglesham et al. (1982), Summerfield et al (1976) e Lie (1974) desenvolveram estudos sob este fator, confirmando que nutrição adequada (planta/ rhizobium), é apenas um dos inúmeros fatores que podem levar à respostas satisfatórias de fixação do N₂ pela leguminosa.

A partir dos dados de nitrogênio da parte aérea (NPA) e total de nitrogênio (NT) foram calculados, pela Equação 1, os valores de %T (percentagem do total de nitrogênio contido na planta transportado para parte aérea) que encontram-se na Tabela 8.

Equação 1:

$$\% T = \frac{NPA}{NT} \times 100$$

Tabela 8. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: percentual de nitrogênio da planta transportado para a parte aérea, por tratamento, em função do ciclo fenológico da planta.

Tratamentos	T%	
	R ₁	R ₅
T1	88	53
T2	64	54
T3	49	42
T4	47	41

Observando-se a Tabela 8, verifica-se que os valores da percentagem de nitrogênio na parte aérea são maiores no período do florescimento (R₁) do que no de amadurecimento das vagens (R₅). Pode-se atribuir esse fato à ocorrência de maior demanda de nutrientes em (R₁). Verifica-se também que, em geral, os valores correspondentes aos tratamentos T1 e T3 são superiores aos de T2 e T4, o que pode ser uma indicação da ocorrência de efeito positivo da prática da inoculação.

Entretanto o conteúdo de nitrogênio em todas as partes das plantas nos tratamentos com adubação foi maior do que nos sem adubação, indicando a habilidade que este cultivar de feijão caupi têm para responder à adubação nas condições em que este trabalho foi desenvolvido. Estes resultados, analogamente aos obtidos por Muraoka et al. (1984), ressaltam a resposta positiva deste cultivar à adubação nitrogenada.

Pode-se verificar que o período para que fosse atingido o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio em todas as partes das plantas foi maior nos tratamentos com adubação do que nos sem adubação, independentemente do uso do inoculante; o que permitiu maior período de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo.

Figura 9. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 10. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 11. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 12. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 13. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.1. 3 Conteúdo Fósforo

Observou-se semelhança na variação do conteúdo de fósforo nas folhas e na parte aérea das plantas nos tratamentos com adubação (Figuras 14 e 16). O ponto de máxima produção de massa seca da parte aérea, nos tratamentos com adubação, coincidiu com os períodos de máximo conteúdo de fósforo, sugerindo que o rendimento de massa seca do feijoeiro modifica-se com a taxa de conteúdo de fósforo o que já foi relatado por Singh et al (1991), trabalhando com forragem em condições de solo irrigado.

Os conteúdos de fósforo e a produção de massa seca apresentaram valores elevados na parte aérea da planta e reduzidos nas folhas e ramos o que indica a presença das vagens terem determinado esses acúmulos (Figuras 14 e 16). De forma análoga Othman et al. (1991) faz considerações a presença do fósforo e formação de vagens afirmando que o efeito do fósforo é mais evidente quando a planta apresenta vagens.

Não houve diferença entre os valores de conteúdo de fósforo nas folhas obtidos nos tratamentos com adubação ($P>0,5$) em R_5 , mostrando que não houve resposta à inoculação (Figura 14). Nos ramos, para o mesmo período constatando-se maiores valores nos tratamentos com inoculação. (Figura 15).

Na parte aérea das plantas, nos tratamentos com adubação, na avaliação feita em R_5 , não foi verificada diferença entre os valores encontrados ($P>0,5$) indicando mais uma vez que o conteúdo de fósforo não respondeu à inoculação (Figura 16).

Nas raízes o conteúdo de fósforo, nos tratamentos com adubação, mostrou diferença entre T1 e T2 em R_5 , a inoculação não teve efeito positivo (Figura 17).

A parte da planta que primeiro atingiu o ponto de máximo conteúdo de fósforo foi a raiz vindo a seguir os ramos, as folhas e parte aérea,

sugerindo que a ocorrência da translocação do fósforo no feijão se dá nesse sentido.

Verificou-se que nos tratamentos com adubação em relação aos sem adubação, o período para atingir o ponto máximo de conteúdo de fósforo na parte aérea e nas raízes das plantas foi maior que para a máxima produção de massa seca, independente do uso do inoculante, revelando o efeito positivo da aplicação do fósforo, o qual determinou um maior período de desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, da produção de vagens.

O conteúdo total de fósforo, até o estágio V₄, não mostrou diferença entre os quatro tratamentos (P>0,5), este mesmo resultado foi observado no estágio R₅ entre os tratamentos T1 e T2 (Figura 18).

Em todas as partes da planta, pode-se constatar a ocorrência de maiores conteúdos de fósforo nas plantas nos tratamentos com adubação quando comparados aos sem adubação (P>0,5), ressaltando aí a resposta positiva da planta de feijão à adubação fosfatada.

Figura 14. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 15. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 16. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 17. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 18. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de fósforo (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura..

4.1. 4 Conteúdo Potássio

Nas folhas, ramos, parte aérea e raízes o conteúdo de potássio, obtido nos tratamentos com adubação, atingiu o ponto máximo antes que a produção de massa seca, o que permite inferir que ocorre maior exigência desse elemento nas fases mais precoce do desenvolvimento da planta (Figuras 19 a 22).

Nas folhas, pode-se constatar que até o estágio V_9 não houve diferença nos resultados de conteúdo de potássio dos quatro tratamentos (Figura 19), e que em todos os estádios os resultados de T1 mostraram-se semelhantes aos de T2. Nos ramos, ocorreu semelhança de resultados entre os tratamentos T1 e T2 nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta (até V_6), e no final do ciclo, em R_5 (Figura 20).

Verifica-se ainda que até os dez dias após a semeadura (V_2) o conteúdo de potássio na parte aérea além de baixo foi semelhante em todos os tratamentos (Figura 21). Resultados semelhantes foram observados por Almeida & Bulisani (1980) que trabalharam na construção de curvas de absorção e de distribuição de nutrientes no feijão caupi.

Nas raízes, não ocorreu semelhança de resultados entre os tratamentos T1 e T2 no último estágio do ciclo fenológico (R_5), verificando-se o efeito positivo da inoculação (Figura 22).

Folhas, ramos e raízes precisaram menor número de dias que a parte aérea das plantas nos tratamentos com adubação para atingirem seu ponto de máximo conteúdo de potássio. Verifica-se certa estabilidade do conteúdo de potássio na parte aérea da planta em função da presença de vagens, o que reforça a hipótese do translocamento desse nutriente de outros órgãos da planta para a produção de vagens, embora Silveira & Damasceno (1993) tenham obtido resultados diferentes.

Como no caso do fósforo, ocorreu queda no conteúdo do potássio total, a partir do estágio fenológico R_3 (Figura 23). Resultados obtidos por

Oliveira & Dantas (1988), sugerem que a taxa de absorção de potássio é semelhante a do fósforo, ou seja, muito pequena nas duas primeiras semanas, crescendo gradualmente até atingir seu ponto máximo, entre 40 e 50 dias, para os cultivares de ciclo curto, o que coincide com o seu período de floração, e de 75 a 90 dias nos de ciclo longo.

Verificou-se que os tratamentos T1 e T2 apresentaram resultados de conteúdo total de potássio diferentes ($P > 0,05$) em R_5 , o que indica não haver efeito da inoculação sobre a produção de feijão, nas condições de desenvolvimento deste cultivar.

Em todas as partes avaliadas, pode-se constatar a ocorrência de valores maiores de conteúdo de potássio nos tratamentos com adubação quando comparados aos sem adubação ($P > 0,05$), denotando uma resposta positiva da planta de feijão à adubação potássica.

Figura 19. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de potássio (mg.vaso^{-1}) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 20. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de potássio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 21. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de potássio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 22. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de potássio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 23. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de potássio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.1. 5 Conteúdo Cálcio

O conteúdo de cálcio e a produção de massa seca nos tratamentos com adubação, não mostram semelhança na variação dos resultados (Figuras 26 e 4). Contudo segundo Malavolta (1980) o cálcio afeta os pontos de crescimento da raiz, e que uma vez formados os nódulos, a leguminosa pode crescer com concentrações relativamente baixas de cálcio.

Nas folhas o conteúdo de cálcio, nas duas últimas avaliações (R_4 e R_5), foi maior no tratamento T2 do que no T1 demonstrando que não houve efeito positivo da inoculação (Figura 24).

Nos ramos, observou-se, que até V_6 não houve diferença ($P>0,5$) entre os resultados dos quatro tratamentos, e que em R_5 , os resultados do tratamento T1 foram semelhantes ao T2 denotando que não houve efeito da inoculação (Figura 25).

Na parte aérea, nos tratamentos com adubação em R_5 foi observado que os valores no T2 foram superiores aos do T1 mostrando que não houve efeito positivo da inoculação (Figura 26).

Nas raízes, até V_6 não houve diferença entre os resultados dos quatro tratamentos, e só ocorreu diferença de resultados em R_2 , entre os tratamentos com adubação mostrando superioridade nos valores de T1 (Figura 27).

Observou-se que a ocorrência do ponto de máximo conteúdo de cálcio na parte aérea, demandou maior período de tempo do que nas raízes, nos tratamentos que tiveram a calagem como única fonte de cálcio (T3 e T4).

Em relação as folhas, verificou-se que nas duas últimas avaliações houve um decréscimo no conteúdo de cálcio, quando os ramos apresentaram menor redução, o que permite inferir que poderia estar havendo translocação do cálcio das folhas para as vagens, embora o cálcio, uma vez localizado nas folhas, raramente seja redistribuído. A indicação da redistribuição do cálcio das folhas também foi constatada por Malavolta (1997).

Os conteúdos de cálcio nas folhas, ramos e raízes após atingirem o seu conteúdo máximo, diminuíram gradativamente (Figuras 24, 25 e 27). O fato do feijão atingir um ponto de máxima absorção de cálcio e período de tempo necessário para que isso ocorra, concordam com os resultados obtidos por Oliveira & Dantas (1988).

O ponto de máximo conteúdo total de cálcio foi atingido nos tratamentos T1 e T2, em média, com maior número de dias que em T3 e T4 (Figura 28).

Verificou-se que o conteúdo total desse elemento, no estágio R₅, diferiu entre os tratamentos com adubação, sendo maior em T2 do que em T1 ($P > 0,05$) mostrando que não houve efeito da inoculação sob o conteúdo de cálcio total da planta quando esta atinge a maturidade das vagens.

Embora a presença de cálcio seja um fator importante na nodulação do feijoeiro, considera-se que os efeitos indiretos da calagem, no que diz respeito à disponibilidade dos elementos do solo, em função do pH, tenham predominado em termos de proporcionar benefícios a esse cultivar. Bell et al. (1989) fizeram considerações semelhantes.

Em todas as partes da planta pode-se constatar que o conteúdo de cálcio foi maior nos tratamentos com adubação do que nos sem adubação, denotando uma resposta positiva da produção de feijão à adubação com cálcio.

Figura 24. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 25. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 26. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura .

Figura 27. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 28. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de cálcio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.1. 6 Conteúdo Magnésio

Na parte aérea, o ponto de máximo conteúdo de magnésio, em todos os tratamentos, foi atingido em menor período de tempo do que na massa seca (Figura 31 e 4). Dessa forma, acredita-se que a absorção deste elemento foi fundamental, na fase inicial do desenvolvimento da planta, para atender às necessidades fisiológicas da parte aérea ou ainda, confirmando a ocorrência da absorção dos nutrientes em períodos que antecedem a sua utilização pela planta.

Nas folhas, nos tratamentos com adubação, pode-se observar, a partir da fase V₉ do ciclo fenológico, que os valores dos resultados dos tratamentos com inoculação foram maiores do que os dos tratamentos sem inoculação (Figura 29).

Nos ramos, nos tratamentos adubados na fase R₅ do ciclo fenológico, pode-se constatar que houve diferenças entre os tratamentos T1 e T2 verificando-se a superioridade dos valores obtidos nos conteúdos de magnésio dos tratamentos com inoculação (Figura 30). Na parte aérea nos tratamentos com adubação e nesse mesmo período não foi constatada o efeito positivo da inoculação (Figura 31).

Nas raízes a partir de R₄ foi observada semelhança entre os tratamentos com adubação, não sendo verificado o efeito da inoculação (Figura 32). Nesses tratamentos o tempo médio demandado para que fosse atingido o ponto de máximo conteúdo de magnésio foi menor do que aquele para atingir o de massa seca (Figura 5).

Também as curvas referentes às folhas, aos ramos, e à parte aérea nos tratamentos com adubação apresentaram variação semelhante de resultados ao longo das avaliações (Figuras 29, 30 e 31).

A parte aérea demandou maior período de tempo para atingir o ponto de máximo conteúdo de magnésio, do que as folhas e ramos separadamente, em virtude de estar aí incluído o conteúdo de magnésio das

vagens, o que propiciou que houvesse maior uniformidade na variação do conteúdo de magnésio ao longo do período avaliado.

O conteúdo total de magnésio atingiu seu ponto de máximo, para os tratamentos com adubação, em média aos 50 dias, o que corresponde ao estágio fenológico R₃. Verificou-se que no estágio R₅ ocorreu diferença entre os tratamentos T1 e T2 sendo que no tratamento com inoculação o conteúdo acumulado de magnésio foi maior do que no não inoculado (Figura 33).

Observando-se os conteúdos de magnésio nas diferentes partes da planta, verificou-se a existência de semelhança na variação dos resultados, com os maiores conteúdos ocorrendo nos tratamentos com adubação. Dessa forma, pode-se inferir que nos tratamentos com adubação, a maior absorção de magnésio pela planta foi propiciada pela interação deste com os outros nutrientes, favorecendo a produção de massa seca da planta, determinando, conseqüentemente, maior conteúdo de magnésio nas plantas.

Figura 29. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 30. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 31. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 32. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 33. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de magnésio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.1. 7 Conteúdo Enxofre

Nas diferentes partes da planta, ou seja nas folhas, nos ramos e nas raízes o enxofre teve variação semelhante ao longo dos estádios (Figuras 34, 35 e 37). Nos tratamentos com adubação nas folhas apresentaram declínio do conteúdo de enxofre, aos 47 dias em média. Nos ramos e na parte aérea ocorreu em média aos 44 e 48 dias respectivamente. Portanto o declínio no conteúdo de enxofre ocorreu primeiro nas folhas e nos ramos e a seguir na parte aérea. Atribui-se esse fato à exigência deste nutriente na formação dos grãos do feijão. Entretanto, o enxofre é absorvido pelo feijoeiro durante todo seu ciclo, atingindo o ponto máximo no período de floração e de formação de vagens. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Dantas et al. (1979).

Nas folhas o conteúdo de enxofre, na última avaliação (R_5), foi maior no tratamento T1 do que no T2 demonstrando que houve efeito positivo da inoculação (Figura 34).

Nos ramos, observou-se, em V_3 não houve diferença ($P>0,5$) entre os resultados dos quatro tratamentos, e que em R_5 , os resultados do tratamento T1 foram superiores ao T2 denotando que houve efeito da inoculação (Figura 35).

Na parte aérea, nos tratamentos com adubação em R_5 foi observado que os valores no T2 foram superiores aos do T1 mostrando que não houve efeito da inoculação (Figura 36).

Também nas raízes, não foi observado efeito da inoculação nos tratamentos com adubação em R_5 , os maiores valores de conteúdo de enxofre foram encontrados no tratamento T2.(Figura 37).

As curvas referentes ao conteúdo total de enxofre no estágio R_5 apresentaram diferença entre T1 e T2, indicando a existência de efeito positivo da inoculação. O ponto de máximo conteúdo total, foi atingido nos tratamentos T1 e T2, com maior número de dias que em T3 e T4 (Figura 38).

Observando-se o conteúdo de enxofre nas diferentes partes da planta, verifica-se que os maiores conteúdos ocorreram nos tratamentos com adubação. Dessa forma, pode-se inferir que nestes tratamentos o maior conteúdo de enxofre na planta foi propiciado pela disponibilidade de outros nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) que interagindo com o enxofre favoreceram a produção de massa seca na planta.

Figura 34. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 35. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 36. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 37. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 38. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de enxofre (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.2 BR17-Gurguéia

4.2.1 Massa seca

A produção de massa seca, em todos os tratamentos (Figuras 39 a 42 e 44) determinou a formação de curvas sigmoidais para cada parte analisada, à semelhança dos resultados encontrados por Gallo (1961).

A maior produção de massa seca nas folhas no tratamento T2 em relação a T1, nos estágios R₄ e R₅, mostra a ausência de efeito da inoculação, neste caso (Figura 39).

Não houve diferenças na produção de massa seca nos ramos entre os quatro tratamentos até V₈ e entre T1 e T2 em nenhuma época analisada, demonstrando que a inoculação não propiciou efeito (Figura 40).

Não houve diferenças na produção de massa seca na parte aérea das plantas entre os tratamentos com adubação em nenhuma época analisada, mas diferentemente do que ocorreu com cada parte da planta, onde a variação na produção de massa seca é descrita por curva sigmoide, neste caso o aumento observado foi constante, o que se deve a presença das vagens nos dois últimos períodos de coleta.

Quanto à produção de massa seca pelas raízes, nos quatro tratamentos, os resultados foram semelhantes até R₂. A partir desse período a produção no tratamento T2 mostrou-se superior à do T1, o que atesta a ausência de efeito da inoculação (Figura 42).

Figura 39. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: produção de massa seca (g.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 40. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: produção de massa seca (g.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 41. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: produção de massa seca (g.vaso^{-1}) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 42. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: produção de massa seca (g.vaso^{-1}) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Verificou-se que a produção de massa seca total, em nenhum dos períodos analisados mostrou diferença entre os tratamentos T1 e T2 bem como entre T3 e T4, permitindo afirmar que o desempenho simbiótico não estaria sendo determinado somente pela prática da adubação (Figura 43). Entretanto, existem vários outros fatores que podem afetar o desempenho simbiótico como os ressaltados por Awonaike et al. (1991) Yourstone & Wallace (1990), Bell et al. (1990), Venkateswarlu et al. (1990), Hine & Sprent (1988), Jamro & Larik (1988), Pinheiro et al. (1988).

Figura 43. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: produção do total de massa seca (g.vaso^{-1}) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Só houve produção de vagens nos tratamentos com adubação, não havendo diferença entre os tratamentos com ou sem inoculação (Figura 44). Assim sendo, nas condições em que se desenvolveu este experimento, a

prática da inoculação não resultou em melhor desempenho produtivo deste cultivar.

Os tratamentos com adubação resultaram em maior produção de massa seca que os sem adubação em todas as partes da planta, ratificando a necessidade de adubação para obtenção de aumento produção, o que está em concordância com Rachie & Roberts (1974).

Figura 44. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: produção de massa seca (g.vaso^{-1}) de vagens por tratamento, em função em função do ciclo fenológico da planta.

Na Tabela 9, são apresentadas as equações de regressão e coeficientes de determinação para a massa seca de folhas, ramos, parte aérea, raízes e total. Pode ser observada boa correlação entre as variáveis estudadas nos resultados obtidos em cada uma das partes analisadas; somente em T3 e T4 para folhas e ramos, e em T3 para raízes e total foram encontrados valores de R^2 inferiores a 0,7.

Tabela 9. Equações de regressão e coeficientes de determinação para a massa seca (g.vaso^{-1}), nas diferentes partes das plantas do cultivar BR17-Gurguéia, nos quatros tratamentos.

Tratamentos	Equação	*R ²
Folha		
T1	$Y=0,0014x^2+0,16x-1,4586$	0,8195
T2	$Y=0,0012x^2+0,1475x-1,3415$	0,7825
T3	$Y=0,0003x^2+0,0405x-0,4035$	0,5606
T4	$Y=0,0003x^2+0,0373x-0,26$	0,5335
Ramo		
T1	$Y=0,0015x^2+0,1871x-2,0952$	0,8911
T2	$Y=0,0016x^2+0,1936x-2,1752$	0,8907
T3	$Y=0,0004x^2+0,0542x-0,654$	0,4671
T4	$Y=0,0003x^2+0,0506x-0,5918$	0,4982
Raiz		
T1	$Y=0,0013x^2+0,2201x-2,7153$	0,888
T2	$Y=0,0018x^2+0,3149x-4,1955$	0,8007
T3	$Y=0,0002x^2+0,0614x-0,8055$	0,6242
T4	$Y=0,0002x^2-0,0729x-1,0839$	0,7198
Parte aérea		
T1	$Y=0,1229x-0,8011$	0,9578
T2	$Y=0,133x-1,1514$	0,953
T3	$Y=0,0447x-0,5036$	0,8547
T4	$Y=0,056x-0,8083$	0,878
Total		
T1	$Y=0,0022x^2+0,4083x-4,4035$	0,9257
T2	$Y=0,0018x^2+0,4287x-4,8845$	0,9152
T3	$Y=0,0674x-0,4734$	0,6647
T4	$Y=0,0931x-1,1344$	0,8406

4.2.2 Conteúdo Nitrogênio

No tratamento com adubação e com inoculação o conteúdo de nitrogênio das folhas mostrou-se inferior ao com adubação e sem inoculação, na fase fenológica R₅ (Figura 45). Entretanto, nos ramos, nesta mesma fase, comparando-se estes tratamentos observou-se resposta positiva à inoculação (Figura 46).

Nos tratamentos com adubação os decréscimos observados no nitrogênio na parte aérea da planta tendem a ser gradativos a partir do ponto de máximo conteúdo o qual é atingido aos 65 e 73 dias (R₃), respectivamente, nos tratamentos T1 e T2.

As curvas definidas para a parte aérea mostram que as plantas do tratamento T1 apresentaram maior conteúdo de nitrogênio na avaliação feita a partir de 70 dias após a semeadura (R₃), refletindo o efeito positivo da inoculação em relação às plantas do tratamento T2. Nos tratamentos sem adubação, o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio ocorreu no final do ciclo da cultura (Figura 47), após ter ocorrido nos com adubação.

Embora em todos os tratamentos tenha havido semelhança na variação do conteúdo de nitrogênio nos dados correspondentes à parte aérea, folha e ramos, o período para que fosse atingido o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio na parte aérea foi maior, nos tratamentos com adubação do que nos sem adubação. Nos tratamentos com adubação o ponto de máximo conteúdo de nitrogênio foi atingido primeiramente pelas folhas, seguidas por ramos, raízes e parte aérea. Dessa forma, atribui-se que a raiz funciona como uma “fonte,” e as folhas e ramos como “reservatórios” de onde o elemento passa a ser redistribuído (Malavolta³, 2000).

Assim sendo, as folhas e ramos apresentaram decréscimo de nitrogênio antes da parte aérea, independentemente de ter ou não havido não inoculação, o que indica a possibilidade de ocorrência de translocação do

³ MALAVOLTA, E. CENA/USP. 1998. Comunicado pessoal.

elemento desses órgão para a formação de vagens, o que estaria de acordo com as observações de Malavolta (1997), e Douglas et al. (1993), mas em discordância com Awonaike et al. (1990).

Nos tratamentos com adubação, observou-se que as maiores conteúdos de nitrogênio e massa seca da parte aérea ocorreram quando ocorreu a maior produção de massa seca na raiz, e que o ponto de máxima produção de massa seca da raiz e conteúdo de nitrogênio da parte aérea coincidem no mesmo período, R_3 (Figura 48).

Na última avaliação feita, em R_5 , pode-se verificar que o conteúdo total de nitrogênio em T1 foi superior a T2, indicando portanto, resposta da variedade em relação a inoculação (Figura 49).

A partir dos dados de nitrogênio da parte aérea (NPA) e total de nitrogênio (NT) foram calculados, pela Equação 1, os valores de %T (percentagem do total de nitrogênio contido na planta transportado para parte aérea) que encontram-se na Tabela 10.

Observando-se a Tabela 10, verifica-se que os valores da percentagem de nitrogênio na parte aérea são maiores no período do florescimento (R_1) do que no de amadurecimento das vagens (R_5). Pode-se atribuir esse fato à ocorrência de maior demanda de nutrientes em (R_1). Verifica-se também que, em geral, os valores correspondentes aos tratamentos T1 e T3 são superiores aos de T2 e T4, o que pode ser uma indicação da ocorrência de efeito positivo da prática da inoculação.

Entretanto o conteúdo de nitrogênio em todas as partes das plantas nos tratamentos com adubação foi maior do que nos sem adubação indicando a habilidade que este cultivar de feijão caupi têm para responder à adubação nas condições em que este trabalho foi desenvolvido. Estes resultados, analogamente aos obtidos por Muraoka et al. (1984), ressaltam a resposta positiva deste cultivar à adubação nitrogenada.

Tabela 10. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: percentual de nitrogênio da planta transportado para a parte aérea, por tratamento, em função do ciclo fenológico da planta.

Tratamentos	%T	
	R ₁	R ₅
T1	66	64
T2	60	56
T3	58	57
T4	57	56

Figura 45. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 46. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 47. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 48. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia conteúdo de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 49. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia conteúdo total de nitrogênio (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.2.3 Conteúdo Fósforo

Observou-se semelhança na variação do conteúdo de fósforo nas folhas e na parte aérea das plantas nos tratamentos com adubação (Figuras 41 e 52). O ponto de máxima produção de massa seca da parte aérea, nos tratamentos com adubação, coincidiu com os períodos de máximo conteúdo de fósforo, sugerindo que o rendimento de massa seca do feijoeiro modifica-se com o conteúdo de fósforo o que já foi relatado por Singh et al (1991), trabalhando com forragem em condições de solo irrigado.

Não houve diferença entre os valores de conteúdo de fósforo nas folhas obtidos nos tratamentos com adubação a partir de R₄, indicando que não houve resposta à inoculação (Figura 50). O mesmo efeito pode ser observado nos ramos (Figura 51).

Os conteúdos de fósforo e a produção de massa seca apresentaram valores elevados na parte aérea da planta e reduzidos nas folhas e ramos o que indica a grande importância da formação das vagens na determinação desses acúmulos (Figura 52). De forma análoga Othman et al. (1991) faz considerações a presença do fósforo e formação de vagens afirmando que o efeito do fósforo é mais evidente quando a planta apresenta vagens.

Assim como aconteceu no caso do nitrogênio, os órgãos das plantas que primeiro atingiram o ponto de máximo conteúdo de fósforo foram as folhas; o que também sugere que haja translocação desse elemento para as vagens.

Na parte aérea das plantas, nos quatro tratamentos, na avaliação feita em V₂, além dos valores encontrados terem sido muito pequenos não foi verificada diferença entre eles ($P > 0,5$), o que reforça a idéia da existência de uma relação direta entre fósforo e massa seca das plantas. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Almeida & Bulisani (1980), os quais afirmaram que até dez dias após a germinação, a taxa de absorção de

fósforo desenvolve-se muito pouco. Contudo, Oliveira & Dantas (1988), afirmaram que essa taxa é muito baixa nas duas primeiras semanas.

Nas raízes o conteúdo de fósforo, nos tratamentos com adubação, não mostrou diferença entre T1 e T2 até R₃. Em R₅ pode-se observar o efeito positivo da inoculação (Figura 53). As raízes em todos os tratamentos atingiram o ponto de máximo conteúdo de fósforo em períodos anteriores ao da parte aérea.

O conteúdo total de fósforo foi semelhante nos quatro tratamentos demonstrando que não houve resposta positiva a inoculação (Figura 32).

Só ocorreu produção de grãos nos tratamentos com adubação, isto demonstra a deficiência de fósforo como parâmetro de grande importância neste processo, visto que, de acordo com Othman et al. (1991), a ausência de fósforo pode provocar redução no rendimento final de grãos de até 90%.

Em todas as partes da planta, pode-se constatar a ocorrência de maiores conteúdos de fósforo nas plantas nos tratamentos com adubação quando comparados aos sem adubação ($P > 0,5$), ressaltando aí a resposta positiva da planta de feijão à adubação fosfatada.

Figura 50. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 51. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 52. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) a parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 53. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo de fósforo (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 54. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR12-Canindé: conteúdo total de fósforo (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.2.4 Conteúdo Potássio

Nas folhas, ramos, parte aérea e raízes o conteúdo de potássio, obtido nos tratamentos com adubação, atingiu o ponto máximo antes que a produção de massa seca, o que permite inferir que ocorre maior exigência desse elemento nas fases mais precoce do desenvolvimento da planta (Figuras 55 a 58).

A hipótese do translocamento de nutrientes de outros órgãos da planta para a vagem, aventada nos casos do nitrogênio e do fósforo, também foi considerada no do potássio (todos elementos translocáveis no floema), de vez que os resultados obtidos com as folhas e ramos indicam, que nos tratamentos com adubação, essas partes atingem seu ponto de máximo conteúdo de potássio em menor número de dias que a parte aérea das plantas (Figuras 55, 56 e 57), o que se contrapõe à conclusão de Silveira & Damasceno (1993) embora esteja de acordo com Malavolta (1997).

Nas folhas, em R₅, observou-se que não houve efeito positivo da inoculação (Figura 55) no acúmulo de potássio, ao contrário do que ocorreu com os ramos a partir de R₁ (Figura 56).

Na parte aérea verificou-se que em V₂ não houve diferença nos resultados de conteúdo de potássio entre os quatro tratamentos que além disso ocorreram em conteúdos muito pequenas o que confirma relato de Oliveira & Dantas (1988), que construíram curvas de absorção e de distribuição de nutrientes no feijão caupi (Figura 57).

Nas raízes observou-se que até V₆ não houve diferença entre os resultados de conteúdo de potássio dos tratamentos com adubação; entretanto em R₅ os resultados demonstram que o tratamento T2 superou o T1, o que indica o efeito positivo da inoculação (Figura 58).

O conteúdo do potássio total começou a declinar em média aos 74 dias após a germinação (Figura 59), o que está de acordo com o encontrado

por Oliveira & Dantas (1988) ao trabalharem com cultivares de ciclo semelhante.

As curvas representativas do conteúdo total de potássio em R_5 , não indicam que haja diferença entre os tratamentos T1 e T2 bem como entre T3 e T4 ($P > 0,05$), o que sugere não haver efeito da inoculação sobre o conteúdo de potássio nas condições em que ocorreu o desenvolvimento deste cultivar (Figura 59).

Em todas as partes avaliadas (folhas, ramos e raízes), pode-se constatar a ocorrência de valores maiores de conteúdo de potássio nos tratamentos com adubação quando comparados aos sem adubação ($P > 0,05$), denotando uma resposta positiva da planta à adubação potássica .

Figura 55. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de potássio (mg.vaso^{-1}) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 56. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de potássio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 57. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de potássio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 58. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de potássio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 59. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo total de potássio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.2.5 Conteúdo Cálcio

O conteúdo de cálcio e a produção de massa seca da parte aérea nos tratamentos com adubação, não mostram semelhança na variação dos resultados. Contudo segundo Malavolta (1980) o cálcio afeta os pontos de crescimento da raiz, e uma vez formados os nódulos, a leguminosa pode crescer com concentrações relativamente baixas de cálcio. Os pontos de máxima produção de massa seca nesta parte da planta ocorreram em R₅, enquanto que os de máxima absorção de cálcio verificaram-se em R₂ (Figuras 41 e 62). Nas folhas, observa-se que não houve diferença entre os tratamentos com adubação na fase R₅ (Figura 60). Nos ramos, sob igual tratamento para esta mesma fase, observou-se que a inoculação apresentou efeito positivo (Figura 61). Na parte aérea, onde ocorre a presença das vagens, não foi observada diferença entre os tratamentos com adubação em todos os períodos analisados (Figura 62).

Nas raízes observou-se que em R₅ não ocorreu diferença entre os resultados dos tratamentos com adubação (Figura 63). Entretanto, observou-se que em todos os tratamentos, a massa seca das raízes (Figura 42), demandou maior período do que o conteúdo de cálcio das raízes para atingir o ponto de máximo. À semelhança do que foi visto para a parte aérea houve absorção deste elemento para atender às necessidades fisiológicas da raiz de imediato, bem como para atendê-las em outros estádios posteriormente, confirmando a ocorrência da absorção em períodos que antecedem o uso do nutriente pela planta.

Verificou-se que o conteúdo total de cálcio não apresentou diferença de resultados entre os tratamentos T1 e T2, assim como entre T3 e T4 na fase R₅ nas condições em que foi desenvolvido este experimento (Figura 64). Considera-se que embora o cálcio não tenha mostrado efeitos com relação a nodulação, o mesmo teve papel decisivo na disponibilidade dos elementos

como consequência da modificação do pH, o que concorda com os resultados obtidos por Alva, et al. (1990).

O cálcio foi aplicado como adubo (superfosfato simples) e também na forma de corretivo (calcário dolomítico). O ponto de máximo conteúdo total de cálcio nos tratamentos que só receberam o cálcio na forma de calagem foi atingido em média com maior número de dias do que aqueles que além da calagem receberam adubação.

Em todas as partes da planta pode-se constatar que o conteúdo de cálcio foi maior nos tratamentos com adubação do que nos sem adubação denotando uma resposta positiva da produção de feijão à adubação com cálcio.

Figura 60. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de cálcio (mg.vaso^{-1}) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 61. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 62. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 63. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de cálcio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 64. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo total de cálcio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.2.6 Conteúdo Magnésio

Na parte aérea, o ponto de máximo conteúdo de magnésio, em todos os tratamentos, foi atingido em menor período de tempo do que na massa seca (Figuras 67 e 41). Levando a crê que o magnésio foi mais requerido nas fases iniciais do ciclo das plantas ou ainda confirmando a ocorrência da absorção dos nutrientes em períodos que antecedem a sua utilização pela planta.

Nas folhas, nos tratamentos com adubação, pode-se observar, a partir da fase R_2 do ciclo fenológico, que os valores dos resultados dos tratamentos não inoculados foram maiores do que os dos inoculados (Figura 65). Nos ramos, nesse período, nesses tratamentos, pode-se constatar que não houve diferenças (Figura 66). Observa-se que as curvas referentes às folhas, aos ramos, e à parte aérea nos tratamentos com adubação apresentaram variação semelhante de resultados ao longo das avaliações (Figuras 65, 66 e 67).

Na parte aérea, nos tratamentos com adubação verifica-se, que a partir de R_3 , não houve efeito positivo da inoculação (Figura 67). Observa-se ainda que o período de tempo para que fosse atingido o ponto de máximo conteúdo de magnésio foi menor nas folhas e nos ramos do que na parte aérea, o que propiciou que houvesse maior uniformidade na variação do conteúdo de magnésio ao longo do período avaliado.

Nas raízes não foi observada diferença entre os quatro tratamentos, até V_7 e também não houve diferença nas raízes entre os tratamentos com adubação em R_5 (Figura 68). Nestes tratamentos o tempo médio decorrido para que fosse atingido o ponto de máximo conteúdo de magnésio nas raízes foi menor do que aquele para que fosse atingida a máxima produção de massa seca (Figura 42).

O conteúdo total de magnésio, no estágio R_5 nos tratamentos com adubação não apresentou diferença significativa, sendo que este cultivar atingiu

seu ponto de máximo para os tratamentos com adubação, em média, aos 68 dias ou seja, em R_3 (Figura 69).

Observou-se que o conteúdo de magnésio, em todas as partes da planta, avaliada nos tratamentos com adubação, foi superior àquelas obtidas nos tratamentos sem adubação ($P > 0,05$). Atribui-se o fato ao efeito da diluição uma vez que o nível de magnésio disponível no solo, em ambas as condições foi igual. Entretanto, como resposta da planta à aplicação dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e enxofre, nestes tratamentos, ocorreu maior produção de massa seca. Oliveira et al. (1996), trabalhando com feijão concluíram que a aplicação do magnésio tem fornecido pouca resposta à produção do feijão.

Figura 65. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de magnésio (mg.vaso^{-1}) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 66. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 67. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 68. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de magnésio (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 69. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo total de magnésio (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

4.2.7 Conteúdo Enxofre

Na parte aérea, nos tratamentos com adubação, o ponto de máxima absorção do enxofre, ocorreu em R₂ enquanto que a máxima produção de massa seca só aconteceu em R₅ (Figuras 72 e 4, respectivamente). Levando a crê que o enxofre foi mais requerido nas fases iniciais do ciclo das plantas ou ainda confirmando a ocorrência da absorção dos nutrientes em períodos que antecedem a sua utilização pela planta.

Nas folhas e raízes observou-se que nos tratamentos com adubação não houve efeito positivo da inoculação (Figuras 70 e 73, respectivamente). Nos ramos, também nos tratamentos com adubação, verificou-se fato semelhante a partir de R₄ (Figura 71).

Observou-se que o enxofre atingiu seu ponto de máxima absorção nas folhas, ramos e raízes em média aos 69 dias após a semeadura, fase R₂ do ciclo fenológico da planta, a partir da qual houve um declínio gradativo, o que esta de acordo com o encontrado por Dantas et al. (1979).

As folhas, os ramos e a parte aérea atingem seus respectivos pontos de máximo de conteúdo de enxofre no mesmo estágio, sugerindo que o enchimento das vagens não deve depender substancialmente da redistribuição deste elemento, o que esta de acordo com o concluído por Malavolta (1997).

O conteúdo total de enxofre, no estágio R₅, não mostrou diferença entre os tratamentos com adubação o que significa que não houve resposta para o uso de inoculantes (Figura 74).

Foram observadas maiores conteúdos de enxofre nas diferentes partes da planta, nos tratamentos com adubação denotando uma resposta positiva da planta à adubação com enxofre.

Figura 70. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) nas folhas por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 71. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) nos ramos por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 72. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) na parte aérea por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 73. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo de enxofre (mg.vaso⁻¹) nas raízes por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Figura 74. Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BR17-Gurguéia: conteúdo total de enxofre (mg.vaso⁻¹) por tratamento, ao longo do ciclo fenológico da cultura.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nestes experimentos, com relação a produção de massa seca e conteúdo de macronutrientes, nas condições estudadas permitiram concluir que:

- a) Nos cultivares BR12-Canindé e BR17-Gurguéia as curva de produção de massa seca e conteúdo de macronutrientes modificam-se em função dos tratamentos (adubação e inoculação das sementes; adubação; inoculação das sementes; testemunha);
- b) Nos cultivares BR12-Canindé e BR17-Gurguéia os tratamentos com adubação, proporcionaram produção de massa seca de vagens e maior produção total de massa seca da planta;
- c) Nos cultivares BR12-Canindé e BR17-Gurguéia a produção total de massa seca e o conteúdo total de fósforo apresentaram variações semelhantes ao longo dos diferentes estádios fisiológicos;
- d) No cultivar BR12-Canindé, a adubação promoveu variação semelhante na produção de massa seca e conteúdo de nitrogênio da parte aérea ao longo dos diferentes estágios de desenvolvimento da planta;
- e) No cultivar BR12-Canindé a adubação causou o prolongamento do período para atingir o do ponto de máxima produção total de massa seca e de conteúdo total dos macronutrientes;

- f) No cultivar BR12-Canindé, a presença do *Bradyrhizobium* s.p determinou melhores rendimentos nas vagens;
- g) No cultivar BR17-Gurguéia, a presença do *Bradyrhizobium* s.p não resultou em aumento de rendimentos nas vagens;
- h) As exigências nutricionais totais observadas em ambos os cultivares obedeceram a mesma ordem decrescente $N > K > Ca > S > Mg > P$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-GHAFFAR, A.S.; EL-ATTAR, H.A.; EL-HALFAWI, M.H; ABDEL-SALAM, A.A. Effects of inoculation, nitrogen fertilizer, Salinity, and water stress on symbiotic N₂ fixation by *Vicia Faba* and *Phaseolus vulgaris*. In: GRAHAM, P.H. ; HARRIS,S.C. (Ed.) **Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture**. Cali: Ciat. 1982. p. 153-159.
- AGBENIN, J.O.; LOMBIN, G.; OWONUBI, J.J. Direct and interactive Effect of boron and nitrogen on selected agronomic parameters and nutrient uptake by cowpea (*Vigna uniculata* (L.) Walp.) under glasshouse condions. **Tropical Agriculture**, v.68, n.4, p. 356-362, Oct.1991.
- AHMED, S.; EVANS, H.J. Cobalt: a micronutrient element for the growth of soybean under symbiotic conditions. **Soil Science**, v.90, p.205-210, 1961.
- ALMEIDA. L.D.; BULISANI, E. A.. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola (BAYER)**. v.1, p.236-246, 1980.
- ALVA, A.K.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. Effect of solution pH, external calcium concentration, and aluminiumactivity on nodulation and early growth of cowpea. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 41, n. 2, p.359-365, 1990.

- ALVA, A.K.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. Effects of acid soil infertility factors on mineral composition of soybean and cowpea tops. **Journal-of-Plant-Nutrition**, v.4, n.2, p.187-203, 1991.
- ANKOMASNH, A.B.; ZAPATA, F.; DANOSO, S.K.A.; AXMANN, H. Cowpea varieta; differences in uptake of phosphorus from Gafsa phosphate rock in a low-P Ultisol. **Fertilizer Research**, v. 41 n.3, p.219-225. 1995.
- ANKOMAH, A.B.; ZAPATA, F.; HARDARSON, G.; DANSO, S.K.A. Yield, nodulation, and N² fixation by cowpea cultivars at different phosphorus levels. **Biology and Fertility of Soils**, v.22. n.1-2, p.10-15. Apr. 1996.
- ARAÚJO, J.P.P. de ; WATT, E.E. **O caupi no Brasil**. Brasilia, ITA/EMBRAPA. 1988. 722p.
- ARMSTRONG, R.D.; HELYAR, K.R.; PRANGNELL, R. Direct assessment of mineral phosphorus availability to tropical crops using 32P labelled compounds. **Plant and Soil**, v.150, n.2, p.279-287, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. 589 p.
- AWONAIKE, K.O.; KUNARASINGHE, K.S.; DANSO, S.K.A. Inorganic N X Bradyrhizobium strain interaction on cowpea (*Vigna unguiculata*) varietal performance in the field, using the 15N isotope dilution technique. **Developments in Plant and Soil Sciences**, v. 41. p. 675-682, 1990.
- AWONAIKE, K.O.; KUMARASINGHE, K.S.; DANSO, S.K.A. Nitrogen assimilation and distribution in field-grown cowpea at various growth stages. **Soil Science Society of America Journal**, v.55, n.1, p.81-85, 1991.

- BANSAL, K.N. Effect of levels of sulphur on the yield and composition of soybean, (*Glycine max* (L) Merr.), green gram (*Vigna radiata* L.), black gram (*Vigna mungo* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* L.). **Madras Agricultural Journal**, v.78 n. 5/8, p.188-190, 1991.
- BARRETO, P.D.; DYNIA, J.F. Sistemas de produção de caupi em monocultura no trópico semi árido brasileiro In: ARAÚJO, J.P. **O caupi no Brasil**. Brasília. EMBRAPA, CNPAF, 1988. cap.13, p.385-404..
- BASSAN, D. A.Z. Efeito da inoculação de sementes e aplicação de Nitrogênio e Molibdênio na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no período de "inverno". Ilha Solteira, 1999. 60p. Dissertação (MS) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- BELL, R.W.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J.; Effects of calcium supply on uptake of calcium and selected mineral nutrients by tropical food legumes in solution culture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 40, n. 5, p. 1003-1013, 1989.
- BELL, R.W.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. Growth and nodulation of tropical food legumes in dilute solution culture. **Plant and Soil**. v.122, n. 2, p. 249-258, 1990.
- BEVERLY, R.R.; JARREL, W.M. Cowpea response to N form, rate And liming of application. **Agronomy Journal**, v.76, n. 4, p.663 -668, July/Agu. 1984.
- BHARDWAJ, V.; TYAGI, V.V. Impact of continuous manuring on crop yields and uptake of nitrogen, phosphorus and potassium. **Journal of Potassium-Research**, v. 10, n. 3, p.290-293, 1994.
- BOARETT, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 669p.

BONETTI, R. Efeito do N do solo na fixação simbiótica do N₂ e na Utilização de fertilizante nitrogenado em soja (*Glycine max* (L) Merrill). Piracicaba, 1982. 144p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo.

BORTELS, H. The effect on molybdenum and vanadium compounds on leguminosae. **Archives of Mikrobiol**, v.8, p.13-26, 1937.

BRITO, M.M.P. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em caupi (*Vigna uniculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando ¹⁵N. Piracicaba, 1992. 197p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMPOS, F.L.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, R.Q.B da Ciclo fenológico do Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) uma proposta de escala de desenvolvimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 45. Pernambuco, 1993. **Anais**. Pernambuco. UFP, 1993. v. 1, p. A.1 37.

CARDOSO, M.J.; FREIRE FILHO. F.R. ; ATHAYDE SOBRIHO, C. **Cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Piauí: aspectos técnicos**. Teresina: EMBRAPA, UEPAE, p. 6 (Circular Técnico,9), 1991.

CATTINI, A.M. Contribuição ao estudo do papel fisiológico e bioquímico do potássio em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L., cultivar *Goiano Precoce*). Piracicaba, 1974. 67p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. Var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.28 p.257-274, 1971.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T.J.; BASTOS, J. B. Efeito do calcário em Latossolo Amarelo álico na produção de culturas anuais. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 22, Belém, 1987. **Resumos**, Belém: SBCS, 1987 p.105. a

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J.; BASTOS, J.B. Resposta das culturas anuais ao calcário e à associação calcário-gesso em Latosso Amarelo do Amazonas. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 22; Belém,1987. **Resumos**, Belém: SBCS, 1987 p.107 b

DANTAS, J.P. Nutrição mineral de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Endl.). Piracicaba, 1978. 98p. (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* L.) ENDL. IV. Exigências de macro e micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo**, v. 36, p. 425-34,1979.

DANTAS, J.P.; SILVEIRA, J.C.A.; MALAVOLTA, E; DANTAS, E.C. Absorção de macro e micronutrientes pela cultura do feijão Caupi. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 2;Goiania,1978. **Resumos**, Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1987. p.73.

DASPATTANAYAK, P.S.; BASAK, R.K. Efficiency of partially acidulated Purulia rock phosphate prepared with nitric acid as phosphorus source for legume forage crops. **Environment and Ecology**, v. 13, n. 1, p. 233-234, 1995.

DART, P.J.; WILDON, D.C. Nodulation and nitrogen fixation by *Vigna sinensis* and *Vicia atropurpurea*: The influence of concentration, form, and site of application of combined Nitrogen. **Australian Journal Agriculturae Research**, v.21, p.45-56, Jan.1970.

- DAVIS, J.G.; MANU, A.; HOSSNER, L.R. Persaud-N Phosphorus management of millet/cowpea intercrop system on sandy soils of western Niger. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n. 6, p. 899-9101, 1994.
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A.; ALMEIDA, D.L. de; DUQUE, F.F.; MONTEIRO, E.M. da S.; DOBEREINER, J. **A biologia do solo na agricultura**. Seropédica: EMBRAPA/UAPN PBS 1988. 48p. (Documento, 5).
- DIONET, A.D. Revisão sobre aspectos fisiológicos envolvendo qualidade e teor protéico do grão do trigo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1., Ilha Solteira, 1994. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas** São Paulo: Ícone, 1994.p.249- 256.
- DOUGLAS, L.A.; WEAVER, R.W.; Distribution of fixed-n and nitrate-n in cowpea during pod development. **Plant and Soil**, v. 156, p. 353-354, Oct. 1993.
- DOUGLAS, L. A. ; WEAVER, R. W.; BARROW, N. J. Distribution of fixed-N and nitrate-N in cowpea during pod development. Plant nutrition - from genetic engineering to field practice. **Developments in Soil and Plant Sciences**, v.54, p. 463-464, 1993.
- EADY, R.R.; POSTGATE, J.R. Nitrogenase. **Nature**, v.249, p.805-10, 1974.
- EAGLESHAM, A.R.J.; AYANABA, A.; RAO, V.R.; ESKEW, D.L. Mineral N effect on cowpea and soubean corps in a Nigerian soil. II . Amounts of N fixed and accrual to the soil. **Plant and Soil**, v.68, n.2, p.183-192, 1982.
- EAGLESHAM, A.R.J.; HASSOUNA, S.; SEEGER, R. Fertilizer-N effects on N₂ fixation by cowpea and soubean. **Agronomy Journal**, v.75, n.1, p.61-66, Jan.Feb. 1983.

- ELOWAD, H.O.A.; HALL, A.E.; JAREL, W.M. Comparsons of ureide And acetylene reduction methods for estimating biological nitrogen fixation by glasshouse-grown cowpea. **Field Crops Rsearch**, v.15, p.215-227, Fev.1987.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effects of solar radiation regimes on Growth and N₂ fixation of soybean, cowpea and bushbean. **Agronomy Journal**, v.76, n. 4, p.529-535, Aug./Sept. 1984.
- FERNANDES, F.F. Calcário e fósforo em feijoeiro na região centro-sul do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISADO FEIJÃO, 4; Goiania, 1987. **Resumos**, Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1987. p.173.
- FERNANDEZ, G.C.J.; MILLER JR., J.C. Yield component analysis in Five cowpea cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.110, n.4, p.553-559, 1985.
- FRANCO, A.A.; DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soil of Brasil. **Turrialba**. v.30, p.99-105, 1980.
- FRANCO, A. A.; MUNNS, D.N. Response of *phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, n. 6, p. 1144-1148, 1981.
- FREIRE FILHO, F.R.; CARDOSO, M.J.; ARAUJO, A.G. de. **Cacterísticas botânicas e agrônômicas de cultivares de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: EMBRAPA/UEPAE, Boletim de Pesquisa 1981. 45p. (Boletim de Pesquisa, n.4).
- FREIRE FILHO, F.R.; SANTOS, A.A. dos.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H. da. ; RIBEIRO, V.Q. **BR 17- Gurgéia: nova variedade de caupi com resistência à virus para o Piauí**. Teresina: EMBRAPA,UEPAE, 1994. 6p. (Comunicado Técnico, 61).

- SANTOS, A.A. dos; CARDOSO, M.J de. ; SANTOS, A.A. dos. ; FREIRE FILHO, F.R.; FROTA, A.B. **BR 12- Canindé**: cultivar de feijão macassar precoce com resistência múltipla a vírus. Teresina: EMBRAPA, UEPAE, 1988. 3p. (Comunicado Técnico, 39).
- GALLO, J.R. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, v.20, n.40, p.859-883, 1961.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, v.20 n.40, p.867-884, 1961.
- GEORGE, R. da S.; Crescimento e concentração de nutrientes em *Vigna unguiculata* (L.) Walp "Jaguaribe" em função do fornecimento de potássio, cálcio e magnésio e cultivado em vaso com solo. Piracicaba, 1989. 70 p. (Tese) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GOULART, L.S.; BALDAN, J.I. Efeito do choque térmico na expressão de proteínas (heat shock proteins) e sobrevivência de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *Rhizobium tropici*, In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., Londrina, 1993. **Anais**. Londrina: IAPAR, 1993. p.133.
- GRAHAM, R.A.; SCOTT, T.W. Response of cowpea (*Vigna Uniculata* (L) Walp.) to nitrogen and inoculation in Trinidad. **Tropical Agriculture**, v.61, n.1, p.56-58, 1984.
- GUSS, A.; DOBEREINER, J. Efeito da adubação e da temperatura Do solo na fixação do nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris*). Pesquisa **Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, v.7, p.87-92, 1972.

- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v.26, n.30, p.380-391, 1967.
- HARDARSON, G.; DANSO, S.K.A.; ZAPATA, F.; REICHARDT, K. Measurements of nitrogen fixation in fababean at different N Fertilizer rates using the ^{15}N isotope dilution and "A-Value methods. **Plant and Soil**, v.131, n.2, p.161-168, Mar. 1991.
- HINE, J.C.; SPRENT, J.I. Growth of *Phaseolus vulgaris* on various Nitrogen sources: the importance of urease. **Journal of Experimental Botany**, v. 39, n.208, p.1505-1512, Nov. 1988.
- HORST, W.J.; CURRLE, C.; WISSEMEIER, A.H. Differences in calcium efficiency between cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivars. **Plant and Soil**. v.146, n.1/2, p.45-54, 1992.
- HUNGRIA, M. Efeito das temperaturas elevadas nos passos iniciais da infecção e nodulação de feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1993. p. 132.
- HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. Interação entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* na fixação e Transporte do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.2, n.2, p.127-140, Feb. 1987.
- IKOMBO, B.M.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J.; BARROW, N.J. Effects of rate and time of phosphorus application on seed yield of cowpea (*Vigna unguiculata*) cv. Vita 4. **Developments in Plant and Soil Sciences**. v. 54, p.379-382, 1993.
- JAMRO, G.H. ; LARIK, A.S. Influence of nitrogenous fertilizer on nodulation, leghaemoglobin Content and biological nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. **Genética Agrária**, v.42, n.1, p.51-58, 1988.

- JORDAN, D.C. The rhizobiaceae. In: KRIEG, N.R. ; HOLT, J.C. **Bergey's manual of systematic bacteriology**, Baltimore: Williams and Wilkins, 1984. cap.1. p.234-256.
- KAPLAN, L. Archeology and domestication in América *Phaseolus* (beans). **Economic Botny**, v.19 n.4 p.358-68,1965.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. Piracicaba: Agonômica Ceres,1979. 262 p.
- LIE, T.A. Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen Fixation. In: QUISPEL, A. **The biology of nitrogen fixation**. Amsterdan: North Holland, 1974. cap.11.6, p. 555-582.
- MAKARIM, A.K.; BLAIR, G.; LEFROY, R. S Esearch on upland crops in Indonesia. **Sulfur fertilizer policy for lowland and upland rice cropping systems in Indonesia**. p. 91-94, 1991.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubações**. 3.Ed. São Paulo: Editora Ceres, 1981. 596p.
- MALAVOLTA, E.; AMARAL, F.A. L. Nutrtional efficiency of 104 bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). **Coll. on Plant Analysus and Fertilizer Problems**, v.2, p. 317-317,1978.
- MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O. F. Nutrição e adubação de feijoeiro. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.) **Tecnologia da produção de feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p 22 - 51.
- MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O. F. **Elementos de nutrição de plantas**. 23. ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agricultura, 1998. 251p.
- MAYZ, J.; CARTWRIGHT, P. Response of N-fertilized and N-fixing cowpea to phosphorus fertilization. **Tropical Science**, v.38, n. 4, p. 213-219, 1998.

MILLER Jr., J.C.; SCOTT, L.M.; FERNANDEZ, G.C.J. Influence of root And shoot on N₂ fixation in cowpea. **HortScience**, v.22, n.6, p.1313-1315, Dec.1987.

MILLER Jr., J.C.; SCOTT, J.S.; ZARY, K.W.; O'HAIR, S.K. The Influence of available nitrate levels on nitrogen fixation in three cultivars of cowpea. **Agronomy Journal**, v.74, n.1, p.14-18, Jan.Feb 1982.

MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O, ROCHA, M.YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.261-302.

MUCHOW, R.C.; ROBERTSON, M.J.; PENGELLY, B.C. Accumulation and partitioning of biomass and nitrogen by soybean, mungbean and cowpea under contrasting environmental-conditions. **Field Crops Research**, v.33, n. 1/2, p.13-36, Apr. 1993.

MURAOKA, T.; OLIVEIRA, J.P.; BOARETTO, A.E.; VICTORIA, R.L. Efeitos da aplicação foliar de uréia e da adubação no solo de Sulfato de amônio e uréia na produção e aproveitamento do N Pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SEMINARIO REGIONAL SOBRE TÉCNICAS NUCLEARES NA PRODUÇÃO DE PLANTAS AGRICOLAS, Piracicaba,1984. **ANAIS**. CENA,.1984. p.211-216.

ODO, P.E.; MARANVILLE, J, W.; CLEGG, M. D. Nitrogen uptake and efficiency of binary mixtures of sorghum and legumes. **Applied Agricultural Research**. v. 4, n. 3, p. 213-221, 1989.

OLIVEIRA, I.P.; CARVALHO, A.M. de. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmido e semi-árido do Brasil. In: PEREIRA, P. A., WATT. E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1988. p. 65-96

- OLIVEIRA, I.P.; DANTAS, J.P., Nutrição mineral do caupi. In: ARAÚJO, P. P. A., WATT. E. E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Brasília EMBRAPA, 1988. 722p.
- OLIVEIRA, I.P. de ; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. v.77, p.148-156.
- OLIVEIRA , I.P. ; ARAÚJO, R.S. ; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológicas de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-222.
- OLIVEIRA, W.S. de. Interação *Rhizobium* / Feijoeiro sob as condições de agricultura de subsistência na região de Cunha-SP. Piracicaba-SP, 1996. 68p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- OSPINA, O. H. F. **Morfologia de la planta de frijol comun (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2.ed. Cali, CIAT, 1981. 50 p. (Guia de estudos, Série 04Sb-09.01).
- OTHMAN, W.M.W.; LIE, T.A.; MANNETJE, L.; WASSINK, G.Y. Low level phosphorus supply affecting nodulation, N₂ fixation and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Plant and Soil**, v. 135, n. 1, p. 67-74, 1991.
- PATRA, S.K; ABHIJIT, D. Crop removal and depletion of non-exchangeable potassium under exhaustive cropping condition in some tarai acid soils of West Bengal. **Journal of Potassium-Research**. v. 12, n. 3, p.274-282, 1996.
- PINHEIRO, D.; MARTINEZ, E.; SELARDER, R.K. Genetic diversity and Relationships among isolates of *Rhizobium leguminosarum* biovar *Phaseoli*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.54, p.2825-2832, 1988.

- PREMKUMAR, A.; KULANDAIVELU, G. Changes in leaf mineral composition and chloroplast proteins induced by K-deficiency and increased UV-B radiation. **Biologia Plantarum**, v.41, n. 4, p. 591-595.
- PROBERT, M.E.; OKALEBO, J. R. ; PROBERT, M. E. Effects of phosphorus on the growth and development of maize. IN: A search for strategies for sustainable dryland cropping in semi-arid eastern Kenya. p. 55-62; 1992, **Proceedings of a Symposium held in Nairobi, Kenya**, p. 10-11 Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR); Dec. 1990;
- RACHIE, K.O.; ROBERTS, L.M. Grain legumes of the lowland tropics. **Advances in Agronomy**, v.26, p.1-132, 1974.
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, 1981. 142p
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 3 p. (IAC Boletim, nº 81).
- RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. Efeito da reação do solo, da absorção de íons amônio e nitrato pelo sorgo, em presença e ausência de gesso. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 22; Belém, 1987. **Resumos**. Belém: SBCS, p.106.1987.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. 285p. (IAC. Boletim , 100).
- REDMON, L. A.; ROUQUETTE JR., F.M.; SMITH, G. R.; STUTH, J. W. Nitrogen transfer from warm-season annual legumes to pearl millet. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.4, p. 803-813, 1995.

- RIPADO, M. F. B. **O feijão**: variedades, cultura, produção Publicações Europa - América, 1992.136p.
- ROSOLEM, C.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. Piracicaba: POTOFOS. 1987. 93p (Boletim Técnico, 8).
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja doutor do seu feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1994.16p. (informações Agronômicas, 68).
- SAITO, S.M.T; MONTANHEIRO, M.N.S.; VICTORIA, R.L.; REICHARDT, K. The effects of N fertilizer and soil moisture on the nodulation and growth of *phaseolus vulgaris*. **Journal of Agricultural Science** , v.103, n.1, p. 87-93, 1984.
- SAMPAIO, E. **Fisiologia vegetal**: teoria e experimentos (1998). Ponta Grossa: . UEPG, 1998. 190 p.
- SANTRA, A.; KARIM, S.A.; Growth performance of weaner lambs maintained on varying levels of dietary protein in pre-weaning phase. **Indian Journal of Animal Sciences**, v.69, n.9, p. 722-726, Sept. 1999.
- SCHENKEL, G. S. , BAHERLE, P.V.Y.; GAJARDO, M.M. Exploracion de deficiencias nutritivas consuelos en macetas. XXV. Influencia de la pureza de NPKCaS en muestras de cautin. I Parte. **Agricultura técnica**, v.45 n. 3 p. 259-266, Jul.1985.
- SCHROEDER, J.L.; KAHN, B.A. ; LYND, J.Q. Utilization of cowpea crop residues to reduce fertilizer nitrogen inputs with fall broccoli. **Crop Science**, v. 38, n.3, p.741-749, 1998.
- SEBASTIÃO FILHO, A. de L.; NEPTUNE, A.M.L. Efeito da adubação níttrica e amoniacal no transporte de nitrato em solo cultivado com *Vigna unguiculata*

(L.) WALP . **Anais da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'**. v.29, 1982.

SENARATANE, R.; AMORNPI MOL, C.; HARDARSON, G. Effect of Combined nitrogen on nitrogen fixation of soybean (*glycine max* L. Merrill) as affected by cultivar and rhizobial strain. **Plant and Soil**, v.103, n.1, p.45-50, 1987.

SENARATNE, R.; LIYANAGE, N.D.L. ; SOPER, R. J. Nitrogen fixation of and N transfer from cowpea, mungbean and groundnut when intercropped with maize. **Fertilizer Research**, v.40, n.1, p. 41-48, 1995.

SHEAR, C.B.; FAUST, M. Nutritional rabges in decíduos tree fruits and nuts. **Horticultural Reviews**, v.2, p.142-63,1980.

SILVA, B.I.; SISSOKO, H.; BERTHE, M.; HAIDARA, M.; BARBEAU, W.E.; CALDWELL, J.S. Addresing child feeding concerns of women farmers in Mali: Composition and effects on child nutrition of a locally developed weaning food. **Ecology of Food and Nutrition**, v.37, n.1, p.1-19, 1998.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M.A. Estudo de doses e parcelameto de K e de doses de n na cultura do feijão irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISADO FEIJÃO, 4, Goiania, 1993. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1993. p.156.

SINGH, B.; NAIR, T.V.R. Effect of nitrogen fertilization on nodulation and nitrogen assimilation in cow pea. **Crop Improvement**, v. 22, n. 2, p.133-138 1995.

SINGH, D.; SHARMA, B.M. Calcium and magnesium uptake by maize, cowpea and wheat as influenced by soil characteristics and potassic fertilisation in some inceptisols. **Annals of Agricultural Research**, v.16 n.3, p. 343-347, 1995.

- SINGH, G.; SINGH, R.; SINGH-G. Nutrients uptake by different varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under various moisture regimes and phosphorus doses during summer. **Journal of Agricultural Research**, v.6, n. 1, p. 27-31, 1991.
- SINGH, J.; SINGH, M.; SINGH, G.; SARMA, B. K.; GYANENDRA, S. Character association in cowpea under phosphorus stress and nonstress conditions. **Crop Improvement**, v.20, n. 2, p.211-214, 1993.
- SINGH, U.; SINGH, B. Tropical grain legumes as important human foods **Economic Botany**, v. 46,p.3, p.310-321,July/Sept.1992.
- SMYTH, J.T.; BASTOS, J.B. Adubação fosfatada para milho e caupi em latossolo amarelo álico do trópico úmido. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v.20,n.11, p.1259-1264, nov.1985.
- SOMASEGARAM, P.; HOBEN, H.J., **Handbook for rhizobia: methods in legume- rhizobium technology**. New York:Springer Laboratory, 1994.450p.
- SRINIVASAN, K.; RAMASAMY, M. Effect of foliar nutrition of urea and diammonium phosphate on rain-fed cowpea(*vigna-unguiculata*). **Indian Journal of Agronomy**, v.37,n.2,p. 265-267, June. 1992.
- STAMFORD, N.P.; SANTOS, D.R.; SILVA, V.M.; SANTOS, C.E.R.S.; MONTEIRO M. C. Fixação do N₂ e matéria seca do caupi em dois solos do semi-árido brasileiro submetidos à deficiência hídrica. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.14, p.283-290, 1990.
- SUMMERFIELD, R.J.; HUXLEY, P.A.; DART, P.J.; HUGHES, A.P. Some effects of environmental stress on seed yield of cowpea (*Vigna unculata* (L) Walp.) cv. Prima. **Plant and Soil**, v.44, p.527-546, 1976.

SUTCLIFFE, J. F. **As plantas e os sais minerais**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1989. 80p. (Temas de Biologia, v. 33).

TEIXEIRA, M.G. Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*phaseolus vulgaris* L.). Itaguaí, 1994. 98p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

THIND, S. S.; HUNDAL, H. S.; VIG, A.C. Phosphate utilization by moong and cowpea under differential P fertility. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, v. 22, n.2, p. 89-93, 1993.

THIND, S. S.; RISHI A.K.; GOSWAMI, N.N. Use of applied match in green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek), Gram of Bengal (*Cicer arietinum* L.) and caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) in soils of Delhi. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, v.19, n. 3, p.152-156, 1990.

TOMÉ Jr., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba. Agropecuária, 1997. 247p.

TRUCHET, G.; PROMÉ, J.C.; DENARIE, J. Symbioses bacteries-legumineuses:un dialogue moleculaire. **La Recherche**, v. 24, n.250, p. 92-94,1993.

TSAI, S.M; SILVA, P.M.; CABEZAS, W.L.; BONETTI, R. Variability in nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped with maize. **Plant and Soil**. v.152, p.93-101, 1993.

VAKHANIYA, N.A.; ABASHIDZE, N.D.; CHOKHELL, M.D.; NUTSUBIDZE, N.N. Influence of nitrate and molybdate on nitrogen fixation and productivity of common bean. **Soviet Plant Phisiology**, v. 37, n.4, p.483-487, 1993.

VARGAS, A.A.T.; SILVEIRA, J.S.M.; PACOVE, B.E.V.; SANTOS,A.F. **Fixação simbiótica do nitrogênio**. IV. Inoculação com *Rhizobium phaseoli* no

cultivar Rio Tabagi no Espírito Santo. Vitória: EMCAPA, 1983 a. 5p. (Comunicado Técnico, 19).

VENKATE, S. B.; SAHARAN, N.; MAHESWARI, M. Nodulation And N_2 (C_2H_2) fixation in cowpea and groundnut during water Stress and recovery. **Field Crops Research**, v.25, p.223-232, Dec..1990.

VIEIRA, C. Perspectiva da cultura do feijão e de outras leguminosas de grãos no país e no mundo. In: ZIMMERRMAN, M.J. O.; ROCHA, M. ; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijão: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. cap.1, p.3-19.

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molibdica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, v.67, n.2, p.117-124. 1992.

VILHORDO, B.W., BURIN, M.E., GANDORFE, V.H. Morfologia. In: ZIMMERMAN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijão: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. cap.2, p.87 - 123.

VINAY, S.; VARUN, G.S.; SINGH, V. EFFECT of potassium and iron application on yield and nutrient uptake by cowpea (*Vigna sinensis*). **Journal of Potassium Research**. v.5, n. 4, p. 152-156, 1989.

WALKER, D.W. ; MILLER, Jr. J.C. Influence of water stress on Nitrogen fixation in cowpea. **Journal of the American Society For Horticultural Science**, v.111, n.3, p.451-458, 1986.

WUTKE, A.C.P. Nitrogênio. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Ed. Polígono, 1972. cap. 14, p.179-189.

- YOKOYAMA, L.P., BANNO, K., KLUTHCOUSKI, J. Aspectos sócio econômicos da cultura. In: ARAÚJO, S.R.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba. 1996. cap.1, p.2-56
- YONEYAMA, T.; NAMBIAR, P.T.C; LEE, K.K.; RAO, B.S; Williams-JH Nitrogen accumulation in three legumes and two cereals with emphasis on estimation of N₂ fixation in the legumes by the natural ¹⁵N-abundance technique. **Biology and Fertility of Soils**, v. 9, n.1, p. 25-30, 1990.
- YOURSTONE, K.S. ; WALLACE, D.H. Effects of photoperiod and temperature on rate of node development in indeterminate bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.115, n.5, p.824-828, 1990.
- ZABLOTOWICZ, R.M.; FOCHT, D.D.; CANNELL, G.H. Nodulation and N fixation of field-grown California cowpeas as influenced by well Irrigated and droughted conditions. **Agronomy Journal**, v.73, n.1, p.9-12, jan/feb. 1981.
- ZARY, K.W. ; MILLER Jr., J.C. The influence of genotype on diurnal and seasonal patterns of nitrogen fixation in southempea (*Vigna Uguiculata* (L.) Walp). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, n.5, p.699-701, 1980.
- ZIMMERMANN, M. J. O. ; TEIXEIRA, M. G. Origem e evolução. In: In: ARAÚJO, S.R.; RAVA, C. A. ; STONE, L. F. ; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS. 1996. cap.3, p 57 - 80.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.D. **Sistemas de análise estatística para microcomputadores**: SANEST. Pelotas, UFPel, 1984.109p.

APÊNDICE 1

Temperaturas máximas, mínimas e médias do ano de 1998, na
cidade de Piracicaba - São Paulo

Tabela 1. Temperaturas máximas, mínimas e médias de janeiro de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
1	1998	1	JAN	34,2	21,1	27,7
2	1998	2	JAN	34,0	20,9	27,5
3	1998	3	JAN	31,6	21,7	26,7
4	1998	4	JAN	31,7	21,3	26,5
5	1998	5	JAN	34,8	21,6	28,2
6	1998	6	JAN	34,8	22,2	28,5
7	1998	7	JAN	30,7	21,6	26,2
8	1998	8	JAN	22,2	21,6	21,9
9	1998	9	JAN	22,3	18,2	20,3
10	1998	10	JAN	26,0	18,8	22,4
11	1998	11	JAN	31,9	17,8	24,9
12	1998	12	JAN	33,4	19,1	26,3
13	1998	13	JAN	31,5	19,4	25,5
14	1998	14	JAN	31,2	20,9	26,1
15	1998	15	JAN	31,3	21,4	26,4
16	1998	16	JAN	29,6	20,2	24,9
17	1998	17	JAN	29,6	18,3	24,0
18	1998	18	JAN	31,9	19,0	25,5
19	1998	19	JAN	33,8	19,6	26,7
20	1998	20	JAN	33,4	19,5	26,5
21	1998	21	JAN	32,6	20,6	26,6
22	1998	22	JAN	32,4	19,7	26,1
23	1998	23	JAN	32,8	20,0	26,4
24	1998	24	JAN	33,1	21,3	27,2
25	1998	25	JAN	31,7	20,8	26,3
26	1998	26	JAN	33,9	21,0	27,5
27	1998	27	JAN	34,1	22,2	28,2
28	1998	28	JAN	33,8	23,2	28,5
29	1998	29	JAN	31,7	22,0	26,9
30	1998	30	JAN	33,1	22,3	27,7
31	1998	31	JAN	33,8	21,5	27,7
Média				31,7	20,6	26,2
Total				982,9	638,8	810,9
Desvio Padrão				3,0	1,3	1,9
Variância				9,3	1,8	3,5
Valor Máximo				34,8	23,2	28,5
Valor Mínimo				22,2	17,8	20,3

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 2. Temperaturas máximas, mínimas e médias de fevereiro de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
32	1998	1	FEV	32,0	22,5	27,3
33	1998	2	FEV	33,5	21,6	27,6
34	1998	3	FEV	32,8	21,5	27,2
35	1998	4	FEV	33,8	20,6	27,2
36	1998	5	FEV	34,1	20,6	27,4
37	1998	6	FEV	31,4	21,0	26,2
38	1998	7	FEV	32,6	21,1	26,9
39	1998	8	FEV	32,6	22,7	27,7
40	1998	9	FEV	31,9	22,2	27,1
41	1998	10	FEV	30,9	22,1	26,5
42	1998	11	FEV	27,0	19,9	23,5
43	1998	12	FEV	23,0	18,4	20,7
44	1998	13	FEV	20,7	18,4	19,6
45	1998	14	FEV	24,0	19,1	21,6
46	1998	15	FEV	28,8	20,5	24,7
47	1998	16	FEV	25,4	18,6	22,0
48	1998	17	FEV	28,4	18,8	23,6
49	1998	18	FEV	31,4	17,0	24,2
50	1998	19	FEV	32,6	19,5	26,1
51	1998	20	FEV	31,4	20,0	25,7
52	1998	21	FEV	31,9	19,6	25,8
53	1998	22	FEV	30,8	20,4	25,6
54	1998	23	FEV	31,8	20,6	26,2
55	1998	24	FEV	29,6	21,0	25,3
56	1998	25	FEV	28,1	21,1	24,6
57	1998	26	FEV	29,9	21,1	25,5
58	1998	27	FEV	30,6	21,5	26,1
59	1998	28	FEV	29,9	21,6	25,8
60	1998	29	FEV			
Média				30,0	20,5	25,2
Total				840,9	573,0	707,0
Desvio Padrão				3,3	1,4	2,1
Variância				10,8	1,9	4,4
Valor Máximo				34,1	22,7	27,7
Valor Mínimo				20,7	17,0	19,6

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 3. Temperaturas máximas, mínimas e médias de março de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paul

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C)		Temp. (°C)
				Máxima	Mínima	Média
61	1998	1	MAR	28,7	22,0	25,4
62	1998	2	MAR	31,4	21,0	26,2
63	1998	3	MAR	32,0	19,8	25,9
64	1998	4	MAR	32,5	20,1	26,3
65	1998	5	MAR	32,0	19,4	25,7
66	1998	6	MAR	33,1	19,7	26,4
67	1998	7	MAR	33,8	19,7	26,8
68	1998	8	MAR	34,3	20,5	27,4
69	1998	9	MAR	34,2	20,3	27,3
70	1998	10	MAR	34,3	19,4	26,9
71	1998	11	MAR	32,3	21,1	26,7
72	1998	12	MAR	32,2	19,7	26,0
73	1998	13	MAR	33,3	20,6	27,0
74	1998	14	MAR	29,9	21,7	25,8
75	1998	15	MAR	28,6	20,7	24,7
76	1998	16	MAR	28,4	18,7	23,6
77	1998	17	MAR	28,7	18,1	23,4
78	1998	18	MAR	28,8	18,4	23,6
79	1998	19	MAR	30,6	19,7	25,2
80	1998	20	MAR	31,8	20,5	26,2
81	1998	21	MAR	31,1	21,2	26,2
82	1998	22	MAR	28,1	19,4	23,8
83	1998	23	MAR	30,0	19,9	25,0
84	1998	24	MAR	32,8	20,0	26,4
85	1998	25	MAR	29,4	21,7	25,6
86	1998	26	MAR	28,8	17,8	23,3
87	1998	27	MAR	30,0	14,9	22,5
88	1998	28	MAR	30,9	18,6	24,8
89	1998	29	MAR	31,4	19,1	25,3
90	1998	30	MAR	26,4	20,5	23,5
91	1998	31	MAR	31,4	19,5	25,5
Média				31,0	19,8	25,4
Total				961,2	613,7	787,5
Desvio Padrão				2,0	1,4	1,3
Variância				4,2	1,8	1,7
Valor Máximo				34,3	22,0	27,4
Valor Mínimo				26,4	14,9	22,5

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 4. Temperaturas máximas, mínimas e médias de abril de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
92	1998	1	ABR	29,6	19,3	24,5
93	1998	2	ABR	26,9	17,0	22,0
94	1998	3	ABR	24,3	15,9	20,1
95	1998	4	ABR	24,2	14,4	19,3
96	1998	5	ABR	25,1	15,0	20,1
97	1998	6	ABR	30,0	15,0	22,5
98	1998	7	ABR	22,3	16,6	19,5
99	1998	8	ABR	31,4	16,5	24,0
100	1998	9	ABR	23,9	17,4	20,7
101	1998	10	ABR	29,1	19,8	24,5
102	1998	11	ABR	31,3	16,2	23,8
103	1998	12	ABR	32,2	18,5	25,4
104	1998	13	ABR	32,9	18,5	25,7
105	1998	14	ABR	32,8	18,5	25,7
106	1998	15	ABR	33,4	18,3	25,9
107	1998	16	ABR	32,3	19,2	25,8
108	1998	17	ABR	28,2	20,8	24,5
109	1998	18	ABR	25,2	16,1	20,7
110	1998	19	ABR	25,9	12,0	19,0
111	1998	20	ABR	27,1	10,7	18,9
112	1998	21	ABR	30,8	13,2	22,0
113	1998	22	ABR	32,6	16,7	24,7
114	1998	23	ABR	32,7	18,3	25,5
115	1998	24	ABR	29,1	20,0	24,6
116	1998	25	ABR	28,7	17,8	23,3
117	1998	26	ABR	25,9	18,2	22,1
118	1998	27	ABR	31,5	17,2	24,4
119	1998	28	ABR	24,0	20,0	22,0
120	1998	29	ABR	26,2	18,8	22,5
121	1998	30	ABR	22,2	14,6	18,4
Média				28,4	17,0	22,7
Total				851,8	510,5	681,2
Desvio Padrão				3,5	2,4	2,4
Variância				12,0	5,6	5,6
Valor Máximo				33,4	20,8	25,9
Valor Mínimo				22,2	10,7	18,4

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 5. Temperaturas máximas, mínimas e médias de maio de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)
				Máxima	Mínima	Média
122	1998	1	MAI	22,3	10,0	16,2
123	1998	2	MAI	24,3	9,6	17,0
124	1998	3	MAI	20,7	13,3	17,0
125	1998	4	MAI	19,3	15,7	17,5
126	1998	5	MAI	22,9	15,1	19,0
127	1998	6	MAI	23,6	14,0	18,8
128	1998	7	MAI	23,4	11,9	17,7
129	1998	8	MAI	24,0	9,5	16,8
130	1998	9	MAI	25,4	9,6	17,5
131	1998	10	MAI	27,1	8,4	17,8
132	1998	11	MAI	27,5	9,1	18,3
133	1998	12	MAI	29,1	11,2	20,2
134	1998	13	MAI	29,2	11,0	20,1
135	1998	14	MAI	28,7	12,5	20,6
136	1998	15	MAI	26,0	14,4	20,2
137	1998	16	MAI	20,4	15,2	17,8
138	1998	17	MAI	22,3	10,8	16,6
139	1998	18	MAI	23,4	11,5	17,5
140	1998	19	MAI	26,1	13,7	19,9
141	1998	20	MAI	28,4	12,7	20,6
142	1998	21	MAI	28,8	12,9	20,9
143	1998	22	MAI	27,8	12,1	20,0
144	1998	23	MAI	27,9	12,9	20,4
145	1998	24	MAI	28,0	17,4	22,7
146	1998	25	MAI	28,6	17,2	22,9
147	1998	26	MAI	27,8	15,2	21,5
148	1998	27	MAI	24,6	16,0	20,3
149	1998	28	MAI	25,4	14,1	19,8
150	1998	29	MAI	17,3	14,1	15,7
151	1998	30	MAI	21,6	15,0	18,3
152	1998	31	MAI	21,4	10,7	16,1
MÉDIA				24,9	12,8	18,9
Total				773,3	396,8	585,1
Desvio Padrão				3,2	2,4	1,9
Variância				10,2	5,8	3,6
Valor Máximo				29,2	17,4	22,9
Valor Mínimo				17,3	8,4	15,7

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 6. Temperaturas máximas, mínimas e médias de junho de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(⁰ C) Máxima	Temp. (⁰ C) Mínima	Temp. (⁰ C) Média
153	1998	1	JUN	24,2	8,8	16,5
154	1998	2	JUN	24,3	10,0	17,2
155	1998	3	JUN	24,3	9,5	16,9
156	1998	4	JUN	23,6	8,7	16,2
157	1998	5	JUN	22,7	8,7	15,7
158	1998	6	JUN	24,7	8,1	16,4
159	1998	7	JUN	24,7	9,1	16,9
160	1998	8	JUN	24,8	7,0	15,9
161	1998	9	JUN	25,1	7,2	16,2
162	1998	10	JUN	27,1	8,5	17,8
163	1998	11	JUN	24,1	10,9	17,5
164	1998	12	JUN	20,8	12,1	16,5
165	1998	13	JUN	22,5	9,1	15,8
166	1998	14	JUN	24,8	12,2	18,5
167	1998	15	JUN	24,5	10,4	17,5
168	1998	16	JUN	23,4	9,5	16,5
169	1998	17	JUN	27,0	9,2	18,1
170	1998	18	JUN	28,3	13,0	20,7
171	1998	19	JUN	21,1	14,4	17,8
172	1998	20	JUN	22,3	10,2	16,3
173	1998	21	JUN	22,2	8,1	15,2
174	1998	22	JUN	25,0	8,6	16,8
175	1998	23	JUN	27,8	9,7	18,8
176	1998	24	JUN	24,4	11,0	17,7
177	1998	25	JUN	18,6	13,1	15,9
178	1998	26	JUN	22,4	7,3	14,9
179	1998	27	JUN	24,2	8,9	16,6
180	1998	28	JUN	25,0	11,7	18,4
181	1998	29	JUN	24,0	10,4	17,2
182	1998	30	JUN	25,7	10,5	18,1
Média				24,1	9,9	17,0
Total				723,6	295,9	509,8
Desvio Padrão				2,0	1,8	1,2
Variância				4,0	3,2	1,4
Valor Máximo				28,3	14,4	20,7
Valor Mínimo				18,6	7,0	14,9

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 7. Temperaturas máximas, mínimas e médias de julho de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)
				Máxima	Mínima	Média
183	1998	1	JUL	28,1	10,4	19,3
184	1998	2	JUL	28,7	11,1	19,9
185	1998	3	JUL	25,3	11,9	18,6
186	1998	4	JUL	25,9	11,4	18,7
187	1998	5	JUL	26,1	10,7	18,4
188	1998	6	JUL	24,8	10,2	17,5
189	1998	7	JUL	28,5	9,5	19,0
190	1998	8	JUL	29,5	9,8	19,7
191	1998	9	JUL	19,3	11,5	15,4
192	1998	10	JUL	18,4	8,3	13,4
193	1998	11	JUL	20,3	10,4	15,4
194	1998	12	JUL	19,2	9,0	14,1
195	1998	13	JUL	20,8	8,6	14,7
196	1998	14	JUL	23,7	7,1	15,4
197	1998	15	JUL	25,1	8,4	16,8
198	1998	16	JUL	24,9	6,7	15,8
199	1998	17	JUL	27,0	5,5	16,3
200	1998	18	JUL	28,9	7,9	18,4
201	1998	19	JUL	21,5	14,4	18,0
202	1998	20	JUL	24,0	13,8	18,9
203	1998	21	JUL	31,1	12,2	21,7
204	1998	22	JUL	29,0	13,1	21,1
205	1998	23	JUL	29,3	11,6	20,5
206	1998	24	JUL	26,2	12,9	19,6
207	1998	25	JUL	27,6	13,3	20,5
208	1998	26	JUL	27,8	13,2	20,5
209	1998	27	JUL	30,4	12,0	21,2
210	1998	28	JUL	30,6	13,8	22,2
211	1998	29	JUL	30,4	13,4	21,9
212	1998	30	JUL	22,6	12,8	17,7
213	1998	31	JUL	27,6	10,5	19,1
Média				25,9	10,8	18,4
Total				802,6	335,4	569,0
Desvio Padrão				3,6	2,3	2,4
Variância				13,1	5,2	5,6
Valor Máximo				31,1	14,4	22,2
Valor Mínimo				18,4	5,5	13,4

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 8. Temperaturas máximas, mínimas e médias de agosto de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
214	1998	1	AGO	27,4	11,6	19,5
215	1998	2	AGO	19,4	13,3	16,4
216	1998	3	AGO	26,5	11,5	19,0
217	1998	4	AGO	29,7	10,5	20,1
218	1998	5	AGO	20,6	11,4	16,0
219	1998	6	AGO	21,7	11,8	16,8
220	1998	7	AGO	23,4	12,2	17,8
221	1998	8	AGO	24,3	13,7	19,0
222	1998	9	AGO	19,3	16,4	17,9
223	1998	10	AGO	24,3	15,5	19,9
224	1998	11	AGO	28,0	14,2	21,1
225	1998	12	AGO	29,6	15,0	22,3
226	1998	13	AGO	32,7	16,5	24,6
227	1998	14	AGO	30,1	17,8	24,0
228	1998	15	AGO	31,9	15,9	23,9
229	1998	16	AGO	29,3	17,8	23,6
230	1998	17	AGO	30,9	15,1	23,0
231	1998	18	AGO	31,2	15,8	23,5
232	1998	19	AGO	23,6	14,9	19,3
233	1998	20	AGO	30,6	14,0	22,3
234	1998	21	AGO	32,5	15,1	23,8
235	1998	22	AGO	27,7	14,8	21,3
236	1998	23	AGO	29,5	14,3	21,9
237	1998	24	AGO	31,8	16,4	24,1
238	1998	25	AGO	33,1	15,1	24,1
239	1998	26	AGO	33,1	14,2	23,7
240	1998	27	AGO	26,3	16,4	21,4
241	1998	28	AGO	25,4	13,5	19,5
242	1998	29	AGO	25,0	13,6	19,3
243	1998	30	AGO	22,6	13,0	17,8
244	1998	31	AGO	28,0	13,8	20,9
Média				27,4	14,4	20,9
Total				849,5	445,1	647,3
Desvio Padrão				4,1	1,8	2,5
Variância.				16,6	3,4	6,5
Valor Máximo				33,1	17,8	24,6
Valor Mínimo				19,3	10,5	16,0

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 9. Temperaturas máximas, mínimas e médias de setembro de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

°	Ano	Dia	Mes	Temp. (°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
245	1998	1	SET	28,6	10,6	19,6
246	1998	2	SET	29,5	10,1	19,8
247	1998	3	SET	32,2	11,6	21,9
248	1998	4	SET	27,1	17,0	22,1
249	1998	5	SET	19,3	16,5	17,9
250	1998	6	SET	23,7	16,2	20,0
251	1998	7	SET	26,5	15,4	21,0
252	1998	8	SET	24,6	17,7	21,2
253	1998	9	SET	25,6	16,1	20,9
254	1998	10	SET	25,7	13,8	19,8
255	1998	11	SET	32,1	13,6	22,9
256	1998	12	SET	32,9	17,2	25,1
257	1998	13	SET	33,1	17,2	25,2
258	1998	14	SET	28,9	17,3	23,1
259	1998	15	SET	28,6	15,1	21,9
260	1998	16	SET	29,0	15,0	22,0
261	1998	17	SET	35,6	14,3	25,0
262	1998	18	SET	31,9	17,9	24,9
263	1998	19	SET	25,9	17,0	21,5
264	1998	20	SET	23,3	15,5	19,4
265	1998	21	SET	24,8	14,8	19,8
266	1998	22	SET	23,8	12,1	18,0
267	1998	23	SET	26,0	13,1	19,6
268	1998	24	SET	30,8	11,9	21,4
269	1998	25	SET	30,1	14,8	22,5
270	1998	26	SET	30,2	15,0	22,6
271	1998	27	SET	31,2	18,0	24,6
272	1998	28	SET	22,4	18,2	20,3
273	1998	29	SET	22,5	18,8	20,7
274	1998	30	SET	23,7	17,0	20,4
Média				27,7	15,3	21,5
Total				829,6	458,8	644,2
Desvio Padrão				3,8	2,3	2,0
Variância				14,8	5,3	4,0
Valor Máximo				35,6	18,8	25,2
Valor Mínimo				19,3	10,1	17,9

FONTE: DMF/ESALQ

Tabela 10. Temperaturas máximas, mínimas e médias de setembro de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
275	1998	1	OUT	26,0	17,1	21,6
276	1998	2	OUT	27,1	14,8	21,0
277	1998	3	OUT	29,9	14,7	22,3
278	1998	4	OUT	32,2	16,1	24,2
279	1998	5	OUT	23,0	18,8	20,9
280	1998	6	OUT	28,6	15,3	22,0
281	1998	7	OUT	22,9	17,1	20,0
282	1998	8	OUT	27,3	17,2	22,3
283	1998	9	OUT	24,4	17,8	21,1
284	1998	10	OUT	26,9	13,4	20,2
285	1998	11	OUT	20,3	13,5	16,9
286	1998	12	OUT	26,0	16,2	21,1
287	1998	13	OUT	28,9	17,5	23,2
288	1998	14	OUT	30,8	15,9	23,4
289	1998	15	OUT	33,1	14,8	24,0
290	1998	16	OUT	24,2	17,6	20,9
291	1998	17	OUT	26,0	17,3	21,7
292	1998	18	OUT	22,5	15,8	19,2
293	1998	19	OUT	27,7	13,7	20,7
294	1998	20	OUT	29,9	15,7	22,8
295	1998	21	OUT	31,5	15,6	23,6
296	1998	22	OUT	31,2	15,0	23,1
297	1998	23	OUT	32,4	17,5	25,0
298	1998	24	OUT	26,2	18,2	22,2
299	1998	25	OUT	28,9	17,4	23,2
300	1998	26	OUT	24,4	17,7	21,1
301	1998	27	OUT	23,6	17,0	20,3
302	1998	28	OUT	28,9	18,4	23,7
303	1998	29	OUT	31,4	16,6	24,0
304	1998	30	OUT	20,5	17,4	19,0
305	1998	31	OUT	22,1	15,2	18,7
Média				27,1	16,3	21,7
Total				838,8	506,3	672,6
Desvio Padrão				3,6	1,4	1,8
Variância				12,8	2,1	3,3
Valor Máximo				33,1	18,8	25,0
Valor Mínimo				20,3	13,4	16,9

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 11. Temperaturas máximas, mínimas e médias de novembro de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
306	1998	1	NOV	26,8	14,2	20,5
307	1998	2	NOV	26,8	14,1	20,5
308	1998	3	NOV	25,2	14,8	20,0
309	1998	4	NOV	29,5	12,2	20,9
310	1998	5	NOV	32,3	16,0	24,2
311	1998	6	NOV	32,9	17,0	25,0
312	1998	7	NOV	32,9	16,4	24,7
313	1998	8	NOV	31,9	18,5	25,2
314	1998	9	NOV	31,9	17,6	24,8
315	1998	10	NOV	23,6	17,6	20,6
316	1998	11	NOV	24,2	18,0	21,1
317	1998	12	NOV	29,4	14,7	22,1
318	1998	13	NOV	25,5	15,4	20,5
319	1998	14	NOV	28,4	15,9	22,2
320	1998	15	NOV	29,6	15,7	22,7
321	1998	16	NOV	33,2	15,9	24,6
322	1998	17	NOV	34,0	19,2	26,6
323	1998	18	NOV	32,8	19,7	26,3
324	1998	19	NOV	26,3	17,6	22,0
325	1998	20	NOV	28,8	13,8	21,3
326	1998	21	NOV	29,6	13,6	21,6
327	1998	22	NOV	28,9	16,1	22,5
328	1998	23	NOV	30,8	14,4	22,6
329	1998	24	NOV	34,0	14,2	24,1
330	1998	25	NOV	35,0	17,6	26,3
331	1998	26	NOV	32,8	20,2	26,5
332	1998	27	NOV	26,2	20,4	23,3
333	1998	28	NOV	31,6	17,4	24,5
334	1998	29	NOV	33,1	17,5	25,3
335	1998	30	NOV	33,2	17,7	25,5
Média				30,0	16,4	23,2
Total				901,2	493,4	697,3
Desvio Padrão				3,2	2,0	2,1
Variância				10,3	4,2	4,3
Valor Máximo				35,0	20,4	26,6
Valor Mínimo				23,6	12,2	20,0

FONTE:DMF/ESALQ

Tabela 12. Temperaturas máximas, mínimas e médias de dezembro de 1998, na cidade de Piracicaba - São Paulo.

Nº	Ano	Dia	Mes	Temp.(°C) Máxima	Temp. (°C) Mínima	Temp. (°C) Média
336	1998	1	DEZ	34,2	16,8	25,5
337	1998	2	DEZ	35,0	18,0	26,5
338	1998	3	DEZ	36,2	19,4	27,8
339	1998	4	DEZ	29,6	20,1	24,9
340	1998	5	DEZ	24,3	19,9	22,1
341	1998	6	DEZ	29,8	19,9	24,9
342	1998	7	DEZ	31,0	18,5	24,8
343	1998	8	DEZ	33,9	18,4	26,2
344	1998	9	DEZ	33,7	22,4	28,1
345	1998	10	DEZ	31,1	20,3	25,7
346	1998	11	DEZ	27,0	20,4	23,7
347	1998	12	DEZ	30,4	21,6	26,0
348	1998	13	DEZ	33,3	19,3	26,3
349	1998	14	DEZ	33,1	20,9	27,0
350	1998	15	DEZ	28,5	20,0	24,3
351	1998	16	DEZ	31,1	20,4	25,8
352	1998	17	DEZ	25,8	21,2	23,5
353	1998	18	DEZ	27,6	20,8	24,2
354	1998	19	DEZ	29,2	15,6	22,4
355	1998	20	DEZ	31,3	16,6	24,0
356	1998	21	DEZ	34,6	17,4	26,0
357	1998	22	DEZ	28,8	20,8	24,8
358	1998	23	DEZ	25,1	18,6	21,9
359	1998	24	DEZ	24,2	18,1	21,2
360	1998	25	DEZ	23,6	19,1	21,4
361	1998	26	DEZ	29,4	18,9	24,2
362	1998	27	DEZ	28,5	16,4	22,5
363	1998	28	DEZ	31,9	17,2	24,6
364	1998	29	DEZ	27,3	19,2	23,3
365	1998	30	DEZ	29,2	20,6	24,9
366	1998	31	DEZ	31,5	18,6	25,1
Média				30,0	19,2	24,6
Total				930,2	595,4	762,8
Desvio Padrão				3,3	1,6	1,8
Variância				11,0	2,6	3,1
Valor Máximo				36,2	22,4	28,1
Valor Mínimo				23,6	15,6	21,2

FONTE:DMF/ESALQ