INFLUÊNCIA DO pH E DA NUTRIÇÃO MINERAL NA
NODULAÇÃO E FIXAÇÃO DO NITROGÊNIO MOLECULAR
PELO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.), CULTIVADO
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

LUIZ GONZAGA DA PAZ

Orientador: E. Malavolta

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto, 1978

DEDICATÓRIA

" A civilização tem uma grande
dívida com as leguminosas. "

R. McKEE, 1948

A minha esposa,

Rosete

Aos meus filhos,

Lucia Christina

Sandra Lígia

Luiz Roberto

Símore Maria

Paulo Sérgio

Álison César

Rosete,

OFEREÇO ESTE TRABALHO

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao Prof. E. Malavolta, pela orientação segura, lúcidas sugestões e esclarecimentos inestimáveis em todas as etapas deste trabalho;
- A Dr.^a Alaidés P. Ruschel, pela co-orientação e participação valiosa e decisiva na condução do experimento;
- A Dr.^a Tsai M. Saito, pelo apoio, sugestões e colaboração;
- Aos Prof.^s Henrique Bergamin Filho , Francisco Krug e Elias G. Zagatto, pela colaboração, através da Seção de Química Analítica do CENA;
- Aos Prof.^s Henrique Paulo Haag , Murilo Salgado Carneiro , Vidal Pedroso de Faria e Moacyr Corsi, pelo estímulo e entusiasmo transmitidos durante a realização do Curso;
- Aos Dr.^s José Pires Dantas e Boaventura F. Reis, pela cooperação nas determinações analíticas;
- A Dr.^a Elizabeth Fischer, pelo companheirismo, empenho e dedicação, sempre presentes na condução do experimento;
- Aos Técnicos de Laboratório José Renato de Freitas , Maria Angela Foltran e Yolanda Apárecida Rufini, pela valiosa ajuda nas determinações analíticas;
- Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao PEAS (Programa de Educação Agrícola Superior), pela doação de Bolsas de Estudo, imprescindíveis para a realização dos Cursos de Pós-Graduação;

Aos Prof.^s Humberto Carneiro e Naldo Holliday Pires Ferreira, respectivamente, Magníficos Reitor e Vice-Reitor da Universidade Federal Rural do Pernambuco, de cujas decisões me foi possível alcançar tão elevados objetivos;

Ao Departamento de Zootecnia da UFRPE, representado pelos Prof.^s Joaquim José Bastos de Faria e Emmanuel Barreto Campelo, pela extraordinária visão de educadores;

À Sr.^a Isabel Caroni de Gáspari, pelos trabalhos datilográficos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 - Aspectos bioquímicos e fisiológicos da nodulação e fixação do nitrogênio.....	6
2.2 - Caracterização do feijoeiro.....	14
2.3 - Efeito do Nitrogênio combinado.....	16
2.4 - Efeito do pH, Cálcio e Solução salina.....	18
2.5 - Efeito do Fósforo.....	23
2.6 - Efeito do Alumínio, Ferro, Manganês e Molibdênio.....	25
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 - Instalação dos experimentos.....	32
3.2 - Variedades estudadas.....	32
3.3 - Estirpes de <i>Rhizobium</i> utilizadas.....	33
3.4 - Plantio.....	34
3.5 - Delineamento Experimental.....	35
3.6 - Colheita e preparo do material.....	38
3.7 - Determinação da atividade da nitrogenase.....	39
3.8 - Determinações analíticas dos macro e micronutrientes.....	39
3.9 - Experimentos realizados.....	40

	Página
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 - Efeito de níveis crescentes de N.....	48
4.1.1 - Peso da Matéria Seca.....	48
4.1.2 - Nitrogênio absorvido.....	50
4.1.3 - Nodulação.....	52
4.1.4 - Atividade da Nitrogenase.....	53
4.1.5 - Correlações.....	55
4.2 - Efeito do pH.....	57
4.2.1 - Peso da Matéria Seca.....	57
4.2.2 - Nitrogênio absorvido.....	58
4.2.3 - Nodulação.....	60
4.2.4 - Atividade da nitrogenase.....	62
4.2.5 - Correlações.....	64
4.3 - Efeito do Cálcio e Solução salina.....	65
4.3.1 - Peso da Matéria Seca.....	65
4.3.2 - Nitrogênio e Cálcio absorvidos.....	67
4.3.3 - Nodulação.....	69
4.3.4 - Atividade da Nitrogenase.....	70
4.3.5 - Correlações.....	72
4.4 - Efeito do Fósforo.....	73
4.4.1 - Peso da Matéria Seca.....	73
4.4.2 - Nitrogênio e Fósforo absorvidos.....	74
4.4.3 - Nodulação.....	76
4.4.4 - Atividade da Nitrogenase.....	77
4.4.5 - Correlações.....	78

Página

4.5 - Efeito do Alumínio, e Manganês na solução nutritiva e ausência de <u>fer</u> ro e Molibdênio.....	80
4.5.1 - Peso da Matéria Seca.....	80
4.5.2 - Nodulação e Atividade da Nitrogenase.	84
4.5.3 - Correlações.....	86
5 - CONCLUSÕES.....	117
6 - RESUMO.....	122
7 - SUMMARY.....	125
8 - LITERATURA CITADA.....	127
9 - APÊNDICE	

1 - INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui a fonte mais importante de proteína vegetal da alimentação do povo brasileiro, o que explica seu cultivo generalizado por todo o território nacional (MALAVOLTA, 1972). Segundo o mesmo autor, no triênio 1967/1969 houve uma queda na produção total, área colhida e rendimento, da ordem de 14,0 ; 1,0 e 14,0%, respectivamente, o que tem levado o Brasil a importá-lo em várias oportunidades, para suprir o consumo interno. Analisando com mais profundidade a cultura do feijoeiro em nosso país, SIMONSEN ASSOCIADOS (1976) relataram que o Brasil é o principal produtor mundial de feijão, participando com 20% do total produzido, mas o rendimento decresceu 20% entre 1975 e 1960. O Nordeste apresenta a maior participação em área colhida (40%) enquanto a Região Sul se destaca com a maior porcentual de produção (37%). Ainda

segundo o mesmo relatório, uma projeção feita para 1980, revelou que o rendimento médio do Brasil alcançará apenas 673 kg/ha, o que representará um progresso moderado, já que no período 1967/69 produzimos 698, 661 e 606 kg/ha, decrescendo para 506,9; 523 e 485 Kg/ha no triênio 1974/76 (BRASIL - Fundação IBGE, 1960; 1976). Em vários países onde o feijão é cultivado, a produção é bastante elevada. Segundo a FAO (1974), no triênio 1972/74, os EE.UU. produziram em média, 1.425 kg/ha; o Japão, 1.437; o Egito, 2.166 e o Chile, 1.008 kg/ha

Não se pode precisar (MALAVOLTA *et alii*, 1974) qual o fator ou fatores responsáveis pelos baixos níveis de produtividade do feijoeiro, mas admite-se que mais de um fator limite a produção, podendo variar de região para região. Segundo ARAUJO, citado por GRAHAM e HALLIDAY (1976), cerca de 65 a 70% das sementes de soja plantadas no Brasil são inoculadas, enquanto para o feijão não alcança 0,5%. Respostas do feijoeiro à inoculação são constantes, conforme registros da literatura, muito embora a porcentagem de células dos nódulos infectados pelo Rhizobium seja inferior à soja e ao amendoim (VINCENT, 1974), e a atividade específica dos nódulos alcance menos da metade dos níveis alcançados pela soja (HARDY *et alii*, 1968). Em Madagascar (VUONG HUI HAI, citado por GRAHAM e HALLIDAY, 1976) a inoculação permitiu elevar a produção do feijoeiro de 1.272 para 2.315 kg/ha; no Sudão (HABISH e ISHAG, 1974) houve registros significativos, quando a inoculação permitiu elevá-la de 793 para 1.943 kg/ha.

A queda da produtividade do feijoeiro vem repercutindo no consumo per-capita, haja visto que em 1971 o Brasil consumiu 26,4 kg/ano, caindo em 1975 para 19,8 kg/per capita/ano. É sabido que há uma correlação positiva entre renda per-capita e consumo proteína, sendo que nas camadas de baixa renda o consumo de proteína cresce em função do aumento do consumo de produtos de origem vegetal, tais como, cereais, tubérculos e leguminosas (SIMONSEN ASSOCIADOS, 1976). Por outro lado, pesquisa de âmbito nacional realizada por MALDONADO e NEVES (1971), comprovaram que o feijão é o alimento mais consumido no Brasil (98,5%), seguindo-se o arroz (91,4%), o pão (90%) e o café (88,2%).

A demanda proteica, particularmente pelo feijão exigirá até o final do século maiores atenções dos pesquisadores, já que teremos segundo FURTADO (1974) mais de 225 milhões de habitantes, se for mantido nos próximos decênios o atual ritmo de crescimento demográfico (2,4%/ano). Admitem mesmo os geneticistas e nutricionistas, que o aumento da produtividade do feijoeiro deve se constituir em meta prioritária, uma vez que ajustados e agilizados os mecanismos de oferta e demanda, o consumo per-capita possivelmente elevar-se-ia. Tal fato contribuirá decisivamente para minimizar aspectos sócio-econômicos relevantes, tais como, mortalidade infantil e esperança de vida de ponderável parcela da população brasileira.

O feijoeiro responde bem à adubação nitrogenada e tem apresentado um número relativamente alto de respostas ao nitrogênio (MIYASAKA *et alii*, 1963 ; FONTES, 1972 ; PONS, 1975 ; CHAGAS e VIEIRA, 1975 ; DUTRA *et alii*, 1975).

Tais resultados sugerem que a leguminosa nas condições brasileiras não fixa eficientemente o N_2 atmosférico, o que pode ser explicado através de várias hipóteses: ineficiência para a simbiose ; populações de *Rhizobium* não eficientes; condições de clima e solo inadequadas; combinação de todas essas hipóteses.

Vários autores (MASEFIELD, 1968 e 1971 ; EDJE *et alii*, 1975) admitiram influência da presença de antibióticos quando da inoculação da semente, retardamento das atividades do *Rhizobium* no florescimento, curto período de crescimento do feijoeiro. RUSCHEL *et alii* (1977) encontraram provas de que parte do N_2 fixado pode ser excretado pela planta, exigindo novo suprimento de energia para ser reabsorvido, depois de submeterem a planta ao ^{15}N .

Não obstante todos esses relatos, RAGGIO *et alii* (1959) comprovaram a fixação do nitrogênio, expondo nódulos do feijoeiro ao ^{15}N . RUSCHEL e RUSCHEL (1975) observaram efeito da variedade na simbiose *Rhizobium*-feijoeiro, avaliando a fixação através do peso, teor de N e atividade da Nitrogenase.

O objetivo do presente trabalho foi estudar em três variedades de feijoeiro, Carioca, Rico-23 e Venezuela 350, cul-

tivadas em solução nutritiva, sob condições controladas, a influência de alguns fatores que afetam a nodulação e fixação do nitrogênio molecular, a saber:

- a) - Níveis de N combinado;
- b) - pH; níveis de Cálcio;
- d) - Níveis de Fósforo;
- e) - Níveis de Alumínio;
- f) - Níveis de Manganês;
- g) - Ausência de Ferro e Molibdênio;
- h) - Salinidade.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Aspectos bioquímicos e fisiológicos da nodulação e fixação do nitrogênio

A rotação de culturas através do uso alternativo de plantas leguminosas e não leguminosas é uma prática muito antiga. Os benefícios decorrentes do seu emprego não eram conhecidos, mas, empiricamente, observavam os povos que viviam da agricultura, sensível melhoramento, das colheitas e condições do solo, até que em 1830, BOUSSINGAULT ofereceu uma explicação para o caso. Através de experimentos realizados em casa de vegetação com trevo e ervilha, pode observar aumento dos seus teores de nitrogênio, embora vegetassem em areia, livre desse elemento, o que confirmou a hipótese de que as leguminosas usavam o N_2 do ar atmosférico. Posteriormente, HELLRIEGEL e WILFARTH confirmaram

tais resultados na Alemanha, publicando-os em 1888. Estes pesquisadores estabeleceram assim a realidade da fixação biológica do N, e demonstraram sua associação com nódulos existentes nas plantas leguminosas, o que significava claramente que os nódulos foram induzidos por microrganismos. Convertendo o N_2 , gás inerte, numa forma utilizável, estes microrganismos suprem parte das necessidades vitais da planta em N_2 obtendo em troca, carboidratos solúveis que serão usados como fonte de energia na síntese de novos tecidos. Um gênero simples de bactéria, o *Rhizobium*, é responsável por esse evento.

O *Rhizobium* é uma bactéria que pertence à família *Rhizobiaceae*, bastante regular, móvel quando jovem, gram-negativa, que mede 1,2 a 3,0 μm de comprimento e 0,5 a 0,9 μm de largura, heterotrófico, aeróbio. Estirpes isoladas de leguminosas tropicais toleram temperaturas mais elevadas (30 a 42°C), mas em geral, desenvolvem-se melhor entre 25 e 30°C, e variação de pH entre 6,0 e 7,0 (VINCENT, 1974 e 1975). Uma série de fungos, *Pseudomonas* spp. e actinomicetos podem funcionar como seus antagonistas, enquanto outros microrganismos do solo favorecem seu desenvolvimento (VINCENT, 1974). O *Rhizobium* pode viver livremente no solo como um heterotrófico aeróbio, mas também simbioticamente no nódulo, sob condições quase anaeróbias (KLECKOWSKA *et alii*, citados por NUTMAN, 1972).

A invasão das raízes pelo *Rhizobium* ocorre de várias maneiras; às vezes a infecção se dá diretamente através da parede celular, mas, frequentemente, as bactérias invadem os pelos

radiculares que são projeções das paredes celulares, assumindo uma forma não reprodutiva, chamada bacteróide, que é o fixador ativo do nitrogênio (HAUSENBUELLER, 1975). Um componente genético governa a compatibilidade entre o *Rhizobium* e a planta hospedeira (EPSTEIN, 1975), caso contrário não corre a nodulação ou se desenvolvem nódulos pouco eficientes. Estimuladas por metabólitos orgânicos excretados pela raiz (ROVIRA, 1969) as bactérias se congregam na rizosfera, podendo converter o triptofano em ácido indol-acético (AIA) por descarboxilação e deaminação (GIBSON, 1977). Além do AIA, uma proteína ou polissacarídeo, e um ácido nucleico podem ser responsáveis pela ramificação e encurvamento dos pelos radiculares (GIBSON, 1976 ; RANGA RAO, 1977 ; GIBSON, 1977). O filamento de infecção apresenta estrutura membranosa, contém celulose e pectina e sua forma pode ser múltipla, ramificada, tuberculada, afunilada, ou ainda como um disco (DART, 1974 ; EPSTEIN, 1975 ; RANGA RAO, 1977).

A nodulação é influenciada por fatores químicos, externos, e endógenos, além do AIA, ácido abscísico, PHILLIPS, citado por DART (1974), e ainda o fitocromo, cujo papel no florescimento e germinação é relevante (LIE, 1969 e 1971). Segundo GIBSON (1977), dois tipos de nódulos podem ser formados, meristemáticos que são comuns em muitas leguminosas temperadas e nódulos esféricos, não meristemáticos, mais comuns nos trópicos. Os nódulos estão em conexão direta com o sistema vascular da planta e alguns possuem quantidades consideráveis de hemoglobina (LEHNINGER, 1975) resultante do complexo leguminosa - *Rhizo-*

bium, muito embora nenhum dos dois organismos cultivados isoladamente a possuam (ALLEN e ALLEN, citado por DEVLIN (1975)). Há provas da sua existência em leveduras e outros fungos (APPLEBY, 1974). Segundo VIRTANEN e MIETTINEN (1963), nódulos sem hemoglobina não fixam nitrogênio, havendo, segundo vários autores (JORDAM e GARRARD ; GRAHAM e PARKER, citados por APPLEBY, 1974), correlação entre a concentração de hemoglobina e a fixação. A principal função da hemoglobina (BERGERSEN, 1971, 1973 ; SKINNER, 1976) parece ser a de facilitar o suprimento de oxigênio para os bacteróides fixadores de nitrogênio. A sequência de reações que conduzem ao aparecimento dos nódulos, foi estudada em *Medicago sativa* por MUNNS (1968a), que destacou os seguintes eventos:

- a) - Desenvolvimento dos pelos radiculares;
- b) - Desenvolvimento de uma população de *Rhizobium* próximo à superfície das raízes, na rizosfera;
- c) - Encurvamento e infecção dos pelos radiculares;
- d) - Desenvolvimento do filamento de infecção;
- e) - Formação dos nódulos.

A fixação biológica do N é catalisada por uma enzima chamada nitrogenase, composta por duas proteínas: uma de maior peso molecular, contendo Fe e Mo, chamada Mo-Fe-Proteína, e outra mais leve, contendo apenas Fe, chamada Fe-Proteína. Segundo HARDY *et alii* (1975), ambos os componentes são essenciais para a atividade da nitrogenase na relação de 1 ou 2 Ferro-Protei

nas para cada Mo-Fe-Proteína, sendo sua atividade regulada pela relação ATP/ADP. O suprimento de ATP sempre excede a demanda (HALLIDAY, 1976), e apenas 25 a 40% do trifosfato de adenosina (ATP) gerado na respiração do nódulo, parece ser necessário para a atividade da nitrogenase, permanecendo 60 a 75% disponível para os processos biosintéticos, enquanto pequena parte é gasta na evolução de H_2 . Ainda segundo o mesmo autor, para produzir 1 mg de N através da fixação simbiótica, 9,4 mg de carbono seriam utilizados pelas raízes e 4,1 mg pelos nódulos. Com observações de natureza teórica, BERGERSEN (1971) postulou que a fixação de N_2 atmosférico exige 1,3 mg de carbono para cada mg de N fixado. GRAHAM e HALLIDAY (1976) conduzindo estudos em *Phaseolus vulgaris*, verificaram existir concentrações de carboidratos solúveis nos nódulos, correspondentes a 0,3 a 2,6% do peso da matéria fresca, enquanto as raízes, caules e folhas apresentaram respectivamente, 0,7/1,8% ; 0,4/1,4% e 0,6/2,7%.

O primeiro produto estável da fixação do nitrogênio é a amônia, excretada pelos bacteróides logo depois de fixada. Se bem que os dados indiquem que N_2 é inicialmente convertido a NH_3 , é difícil acreditar que a reação total envolvendo a adição de 6 elétrons aos dois átomos de N, não envolva intermediários. Segundo BERGERSEN (1973), o nitrogênio surge inicialmente como ácido glutâmico, seguindo-se a serina, a treonina ou asparagina e o NH_3 . HARDY *et alii* (1975) também identificaram a asparagina na soja, ao lado do ácido aspártico e do ácido glutâmico, enquanto outros autores (KURZ *et alii* e ROBERTSON *et alii* citados

por GIBSON, 1977) admitiram que a sintetase da glutamina (GS) é responsável pelo primeiro passo na assimilação da amônia. Estudos mais recentes admitem duas vias de assimilação do íon amônio pelas células vegetais: a via GDH, ou seja, através da mediação inicial da deshidrogenase glutâmica, e a via GS/GOGAT, ou seja, através da ação das enzimas sintetase de glutamina, sintetase glutâmica, transaminase e sintetase da asparagina (MIFLIN e LEA, 1976 ; SCOTT, 1978). O estudo da assimilação e movimento do nitrogênio nos nódulos permitiu a alguns autores (MIFLIN e LEA, 1976) relatarem que 70% do N encontrado na corrente de transporte estava sob a forma de asparagina ; 13% como glutamina ; 4% como ácido glutâmico e 13% sob a forma de outros aminoácidos.

Em 1965, SCHOLLHORN & BURRIS, pesquisadores da Universidade de Wisconsin, e DILLWORTH da Universidade de Murdoch, Austrália, demonstraram que o acetileno inibia a atividade da nitrogenase, e, posteriormente comprovaram que a enzima reduzia o acetileno (C_2H_2) a etileno (C_2H_4) (BRILL, 1977). Logo depois, KOCH e EVANS (1966) utilizaram o método de redução do acetileno para medir a atividade da nitrogenase em nódulos destacados de soja. O método de redução do acetileno, segundo HARDY *et alii* (1973) é mil a dez mil vezes tão sensível quanto o método em que é utilizado o ^{15}N , apresenta facilidade operacional muito maior, o que permite a realização de 30 medições/homem x hora no campo e 20 análises de cromatografia gasosa/homem x hora em laboratório. Afirmaram ainda esses autores que o CO_2 é um potente inibidor da redução do acetileno pela nitrogenase, que é afetada, principalmente, pelo N combinado, temperatura, luz, pO_2 , N_2 , pC_2H_2 e água.

Devido à presença da reductase de nitrato na bactéria, muitos nódulos apresentam atividade dessa enzima (GIBSON, 1977). O nitrito produzido, um inibidor da nitrogenase, pode ser responsável pela inibição da fixação do nitrogênio em plantas noduladas expostas ao nitrato (GIBSON e PAGAN, 1977), como também em bacteróides extraídos dos nódulos (RIGAUD *et alii*, 1973), em culturas de *Rhizobium* (PAGAN *et alii*, citados por GIBSON e PAGAN, 1977), e da enzima cultivada "in vitro" (KENNEDY *et alii*, 1975).

A baixa eficiência fotossintética de leguminosas domesticadas é a maior limitação para a fixação biológica do N, e provavelmente, para a sua utilização (HARDY *et alii*, 1975). Segundo GIBSON (1977) alta intensidade luminosa, tem sido responsabilizada pela "fome de N" verificada em leguminosas que vegetam em solos onde o nível de Nitrogênio é baixo. Admitem vários autores (GROBELAAR *et alii*, 1971 ; DART, 1974), que tanto o comprimento do dia, como a intensidade luminosa afetam o número e a distribuição dos nódulos. Dentro de certos limites (LIE, 1971 e 1974), pode se verificar uma correlação direta entre intensidade luminosa e nodulação, e ainda, fixação de N, muito embora o desenvolvimento dos nódulos e a fixação de N sejam mais dependentes da luminosidade para o suprimento de carboidratos, do que o processo de infecção em si.

Reduções de temperatura, tanto diurna como noturna, afetam a capacidade fotossintética do feijoeiro (DALE, 1964 ; JONES, 1971). Temperaturas elevadas afetam a formação do nódulo

e a fixação de N, entretanto valores considerados altos para a simbiose, podem não atender às exigências da planta hospedeira, dependendo do nível de N presente.

Em geral, afirmou GIBSON (1976), plantas supridas com N combinado, reagem melhor às elevações de temperatura entre 5 e 20°C, do que plantas noduladas.

Admitiram vários autores (FERRARI *et alii*, 1967 ; HABISH, 1970 ; SOUTO e DOBEREINER, 1970), que leguminosas tropicais e subtropicais apresentam níveis satisfatórios de N fixado, sob temperaturas máximas entre 27 e 40°C. Segundo outros autores (DART e MERCER, 1965 ; GIBSON, 1971) temperaturas inferiores a 20°C afetam a simbiose em leguminosas tropicais.

Segundo LIE (1971), a planta exige temperaturas mais elevadas no segundo ou terceiro dia após a inoculação. Em outro relato, o mesmo autor (LIE, 1974) afirmou que o efeito da temperatura é mais importante quando incide sobre a raiz do que sobre a parte aérea.

O Oxigênio é necessário aos nódulos, participando da fosforilação oxidativa, reação que fornece a energia necessária à redução de N a NH_3 , mas a absorção de N não é afetada pelo aumento dos níveis de CO_2 na atmosfera (GIBSON, 1977).

Um baixo potencial da água do solo afeta a fixação do nitrogênio devido à inibição da fotossíntese (HUANG *et alii*, em GIBSON, 1977) mas dentro de certos limites, os nódulos poderão

recuperar sua atividade com o reumidecimento (PANKHURST e SPRENT , SPRENT, citados por GIBSON, 1977).

O desfolhamento remove a principal fonte de produtos da fotossíntese para os nódulos, e de acordo com o maior ou menor grau de severidade, entram em jogo variáveis morfológicas e fisiológicas importantes (PAZ e LOBÃO, 1976), que influenciadas pelas condições ambientais, afetarão o número e peso médio dos nódulos, além da fixação do nitrogênio (WHITEMAN, 1970 ; ROGERS, 1969 ; GIBSON, 1977).

2.2 - Caracterização do feijoeiro

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa nativa da América Central, e foi domesticado há 7.000 anos atrás (KAPLAN, citado por FROUSSIOS, 1970). Seu sistema radicular é fibroso, com muitos nódulos pequenos localizados principalmente nas raízes secundárias, o que difere da maioria das leguminosas, que apresenta raiz primária, tendo ao seu redor os nodulos principais (KAMATA, citado por GRAHAM e HALLIDAY, 1976). O crescimento inicial do feijoeiro é muito lento até os 20 dias, intensifica-se aos 30 e atinge o nível máximo aos 50 dias (HAAG *et alii*, 1967). Exige, segundo os mesmos autores, elevadas quantidades de nitrogênio, já que uma população de plantas correspondente a um hectare absorve 201 kg de N.

Vários pesquisadores tem se preocupado com a adoção de práticas agronômicas e estudos de melhoramento genético vi-

sando elevar sua produtividade. ADAMS (1973) propôs modificações em sua "arquitetura" vegetal, concebendo um ideótipo para o sistema de monocultura, com ciclo de 100 dias e uma população de 500.000 plantas/hectare. O Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1975) preconizou o uso de "tutoramento" e obteve com variedades trepadoras, 5.600 kg/ha em 96 dias com população em torno de 1.000.000 de plantas/ha, método também proposto por pesquisadores nacionais (PRADO *et alii*, 1976).

O feijoeiro tem apresentado elevados níveis de N_2 (C_2H_2) fixado. GRAHAM e HALLIDAY (1976) relataram que níveis de 38 μ moles de C_2H_4 /hora/planta tem sido encontrados, e valores superiores a 20 μ moles de C_2H_4 são comuns, embora as respostas à nodulação no campo sejam extremamente variáveis. Segundo os mesmo autores, JANSSEN e VITOSH obtiveram apenas 6 μ moles de etileno/planta/hora, enquanto SPRENT, em vários ensaios realizados em casa de vegetação, obteve 1,5 μ moles. A atividade específica dos nódulos apresenta igualmente valores muito variáveis, desde 10,51 a 31,89 μ moles C_2H_4 /g de matéria seca nodular aos 50 dias (RUSCHEL e SAITO, 1977) a 130 a 250 μ moles de etileno por grama de matéria seca dos nódulos obtidos por outros autores (GRAHAM e HALLIDAY, 1976) entre os 32 e 67 dias de idade, com diferentes cultivares de *Phaseolus vulgaris*.

O feijoeiro apresenta elevado teor proteico, situando-se segundo vários autores (RUTGER, 1970 ; ORTEGA *et alii*, 1974 ; TULMANN NETO, 1975) entre 17,9 e 37,6%. Seu valor nutricional é todavia comprometido pela baixa digestibilidade de

sua proteína (KALDY, 1972 ; BOULTER, 1977), fatores anti-metabólicos e baixo teor de alguns aminoácidos essenciais (HELLENDORN, 1969 ; BRESSANT *et alii*, 1973 ; ORTEGA *et alii*, 1974 ; TULMANN NETO, 1975 ; BOULTER, 1977).

2.3 - Efeito do Nitrogênio combinado

Vinte anos antes da descoberta da função dos nódulos, ou seja, em 1864, RAUTENBERG e KUHN observaram que a amônia e o nitrato inibiam a nodulação (RAGGIO *et alii*, 1965). Em geral, a fixação do nitrogênio é inibida pelo amoníaco ou por compostos facilmente convertidos em amoníaco, tais como nitrato, nitrito, ureia e aminoácidos (DEVLIN, 1975 ; MALAVOLTA, 1976). O grau de inibição depende, segundo LIE (1974), da concentração e forma de N combinado, tempo da aplicação, condições de crescimento e tipo da planta hospedeira, além da estirpe de *Rhizobium* empregada, já que a origem e características individuais da estirpe (VINCENT, 1974), influenciam o número e o peso médio dos nódulos. Vários autores admitem (TONHAZY e PELCZAR JR., 1954 ; TANNER e ANDERSON, 1964) que a destruição catalítica do ácido indolacético (AIA) pelo nitrato seria responsável pela inibição da nodulação, mas o mecanismo que envolve a ação do AIA sobre a nodulação, segundo vários pesquisadores (KEFFORD *et alii*, 1960 ; TANNER e ANDERSON, 1963) não está bem claro. Sendo o nitrito um inibidor da nitrogenase, sua possível produção no tecido nodular sob a ação da reductase de nitrato, provavelmente, segundo

alguns autores, influencia a fixação do nitrogênio, inibindo-a, em plantas expostas ao nitrato (KENNEDY *et alii*, 1975 ; GIBSON e PAGAN, 1977). Esta hipótese, reduziria o papel do nódulo na translocação de produtos da fotossíntese foi afastada em recente pesquisa efetuada por GIBSON e PAGAN (1977). Estes autores adicionaram NO_3 a mutantes deficientes em reductase de nitrato, e verificaram que a inibição da atividade da nitrogenase foi semelhante à estirpe não deficiente.

Outros pesquisadores postularam que a inibição decorre em função da redução do suprimento de produtos da fotossíntese utilizados pela raiz e parte aérea em decorrência da assimilação do nitrato (SMALL e LEONARD, 1969 ; OGHOGHORIE e PATE, 1971). A adição de elevados teores de nitrogênio afetam inicialmente o número e o peso dos nódulos, mas não inibem o seu desenvolvimento e a fixação simbiótica do nitrogênio (RUSCHEL *et alii*, 1974 ; RUSCHEL e RUSCHEL, 1975 ; RUSCHEL e SAITO, 1977).

Se pequenas quantidades de nitrogênio, como dose de "arranque", são oferecidas de modo a permitir um aumento do crescimento dos nódulos, mais N poderá ser fixado pela planta (PATE e DART, 1961 ; MUNNS, 1968a ; DART e WILDON, 1970 ; LONERGAN, 1972). Alguns autores atribuem o efeito benéfico da "dose de arranque", de N combinado ao melhor crescimento inicial da planta, e à disponibilidade de aminoácidos livres para o desenvolvimento dos nódulos, quando presentes nas raízes, e para a síntese da clorofila, quando presente na parte aérea (GIBSON, 1976 ; GIBSON, 1977).

A hipótese de que a relação C/N governava a formação do nódulo e a fixação do nitrogênio defendida por alguns autores (VAN SCHREVEN, 1959 ; CARTWRIGHT e SNOW, 1962), que afirmavam que quanto mais ampla, maior seria a fixação, foi afastada por outros pesquisadores (RAGGIO *et alii* 1957 ; CARTWRIGHT, 1967, GROBELAAR *et alii*, 1971). Segundo tais autores, o efeito adverso se devia à acumulação de compostos nitrogenados e redução do nível de carboidratos dentro do tecido da raiz e não a um efeito local de algum composto nitrogenado em particular.

Segundo LONERAGAN (1972), são necessárias concentrações muito elevadas de nitrogênio, 4 mM de NO_3^- , para inibir completamente a nodulação. Outros autores (RAGGIO e RAGGIO, 1962) relataram que o nitrato administrado em doses iguais ou inferiores a 1,0 mM estimulam a nodulação. Estes dados estão de acordo com as observações de MUNNS (1968a) estudando a leguminosa *Medicago sativa*. Com 0,02 mM de NO_3^- a nodulação foi inibida, e concentrações mantidas entre 0,2 e 0,5 mM reduziram drasticamente o número de nódulos na primeira colheita, mas nas colheitas subsequentes o efeito foi muito reduzido ou quase nulo (MUNNS, 1968a).

2.4 - Efeito do pH, Cálcio e Solução salina

No estudo do efeito do pH temos que distinguir entre a ação direta dos íons hidrogênio e o seu papel indireto, trazido por alterações na disponibilidade dos elementos essenciais

existentes no solo (MALAVOLTA, 1967). Nos solos ácidos, íons como Al, Fe, Mn, Cu e Zn, podem ser encontrados em quantidades tóxicas às plantas (MALAVOLTA, 1976). Com relação às leguminosas em particular, relatou VICENT (1965), que a atividade dos íons H^+ é o fator que mais restringe a sobrevivência e o crescimento do *Rhizobium* no solo. Vários autores admitiram que o efeito nocivo da acidez sobre as leguminosas tem sido reconhecido há muitos anos, no entanto, afirmam (LIE, 1969b ; LONERAGAN, 1972 ; MUNNS e FOX, 1977) que o grau de tolerância varia entre as estirpes de *Rhizobium*.

Segundo VICENT (1965), tipos de bactérias de crescimento lento, tais como *Rhizobium japonicum* e *Rhizobium lupini*, são mais tolerantes do que aquelas que apresentam rápido crescimento, como o *Rhizobium meliloti*. Em outro relato do mesmo autor (VICENT, 1974), foi apresentada a seguinte sequência em relação à tolerância da bactéria à acidez: *Rhizobium leguminosarum* > *Rhizobium trifolii* > *Rhizobium phaseoli* > *Rhizobium meliloti*.

Relatou ANDREW (1977) que os principais fatores que interferem na reação das leguminosas à acidez são:

- a) - Sobrevivência e crescimento do *Rhizobium* no solo;
- b) - Infecção da raiz e formação do nódulo;
- c) - Eficiência simbiótica leguminosa-*Rhizobium*;
- d) - Nutrição da planta hospedeira.

O papel desempenhado pelo pH no processo de infecção e posterior nodulação não está claramente esclarecido (ANDREW, 1977). A inibição da atividade enzimática da pectinase na fai-

xa de pH entre 4,5 e 5,5 cuja relevância foi defendida por MUNNS (1969), posteriormente foi contestado por outros autores (LIL- LICH e ELKAN, citados por LIE, 1974 ; SOLHEIM e RAA, 1971). Outros pesquisadores observaram influência da morfologia dos pelos radiculares, formação de uma camada de mucilagem protegendo a bactéria sob condições de neutralidade, e forte interação pH x Ca (MUNNS, 1968b ; LIE, 1969b e 1974 ; LOWTHER e LONERAGAN, 1970).

As leguminosas tropicais toleram a acidez do solo ou a deficiência de cálcio melhor do que as leguminosas temperadas (ANDREW e NORRIS, 1961 ; NORRIS, 1965 ; MUNNS e FOX, 1977). Essa afinidade simbiótica tolerante à acidez que caracteriza as leguminosas tropicais está relacionada à sua associação com estirpes promíscuas originárias do grupo cowpea (NORRIS, 1967). Admite DOBEREINER (1971) que as dificuldades no estudo de leguminosas de nodulação promíscua, são recompensadas pela disponibilidade de estirpes de *Rhizobium* que produzem nódulos pretos. Em *Phaseolus vulgaris*, STAMFORD *et alii* (1968) encontraram nódulos pretos quando inocularam o feijoeiro com uma estirpe "preta" isolada de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

Segundo MUNNS *et alii* (1977), o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) quando submetido aos valores de pH 4,7 ; 5,5 ; 6,3 e 7,1 aumentou o teor de N e o número de nódulos em pH 6,0 mas sem haver correlação com o crescimento. Na faixa de pH superior a 6,0 os autores verificaram que o feijoeiro aumentou o crescimento, mas não houve um aumento corresponde em número e peso dos

nódulos, mas houve sim uma redução de 4 a 5% no teor de N nas folhas. Na Nigéria, *Centrosema pubescens* apresentou produções de matéria seca mais elevadas na faixa de pH entre 6,1 e 7,4 ao passo que *Stylosanthes gracilis* apresentou melhor desempenho nos pHs situados entre 5,7 e 6,0.

Um baixo suprimento de Ca disponível é um carolário da acidez do solo, mas quando existem tratamentos de pH e Cálcio, com interação entre ambos, o efeito relativo do pH frequentemente predomina sobre o efeito do cálcio (ANDREW, 1977). Observou todavia o autor, que na faixa intermediária de pH, o problema está condicionado às concentrações de cálcio usadas no experimento. Quando a leguminosa é cultivada em presença de N combinado (MALAVOLTA, 1976), tanto o processo de infecção como a formação dos primeiros nódulos exigem uma concentração de Ca maior do que a necessária. Estirpes de *Rhizobium trifolii* apresentaram alterações morfológicas em concentrações de Ca iguais ou inferiores a 1 ppm (0,025 mM/litro) (LONGERI e ALLEN, 1970). Segundo os mesmos autores, a concentração de Mg necessária ao crescimento do *Rhizobium* não deve ser inferior a 1 ppm (0,04 mM/l).

Segundo LOWTHER e LONERAGAN (1970), *Trifolium subterraneum* aumentou três vezes a porcentagem de plantas noduladas e treze vezes o número de nódulos/planta, quando a concentração de cálcio foi elevada de 35 para 700 μ M. Afirmaram ainda os autores, que o processo de infecção pode ocorrer livremente com 250 μ M de Ca e pH 5,0 mas os nódulos só aumentarão de tamanho se as plantas receberem concentrações de cálcio mais elevadas.

Relataram ANDREW e JOHNSON (1976) que as leguminosas *Macroptilium lathyroides* e *Lotononis bainesii* não foram afetadas pelas concentrações de Ca estudadas (0,125 e 2,0mM) e apresentaram nodulação total (100% das plantas). Por outro lado, *Stylosanthes humilis* e *Lotononis bainesii* apresentaram as maiores produções de matéria seca com o nível mais baixo de Ca, isto é 0,125 mM. Segundo SAITO e RUSCHEL (1976), a calagem por si só, (1 t de CaCO_3 /ha) não afetou o peso e o nitrogênio total de *Phaseolus vulgaris*. Com 2,0 t de CaCO_3 /ha, RUSCHEL *et alii* (1966) verificaram que o número de nódulos do feijoeiro aumentou mais de 5 vezes, enquanto que o peso da planta somente foi duplicado.

As leguminosas que vegetam em condições ambientais salinas apresentam crescimento reduzido (BERNSTEIN e OGATA, 1966; IMBAMBA, 1973). A sensibilidade da raiz à salinidade pode afetar não somente o desenvolvimento das raízes, mas também o metabolismo nas folhas devido a alterações no balanço hormonal (BEN ZIONI *et alii*, 1967). Segundo MALAVOLTA (1976) e TERRY (1977), o cloro é necessário para a operação do fotosistema II da fotossíntese, ou seja, para a decomposição fotoquímica da água que é acompanhada pela libertação de O_2 . Relataram LAHAYE e EPSTEIN (1971) que o feijoeiro é normalmente sensível a elevadas concentrações de NaCl, mas desenvolveu-se bem em solução nutritiva contendo 50 mM de cloreto de sódio, mas com suficiente quantidade de cálcio.

AYOUB (1974) estudou em solução nutritiva a eficiência do cálcio à tolerância de *Phaseolus vulgaris* ao meio salino, verificando que concentrações de 20 e 40 mM de Na Cl, na ausência de Ca, resultaram em redução da parte aérea, raiz e peso dos nódulos. A adição de 1 a 2 mM de cálcio foi suficiente para prevenir os efeitos prejudiciais da solução salina. Em relatos posteriores, WIGNARAJAH *et alii* (1975a e 1975b) observaram que a adição de 48 mM de Na Cl ao feijoeiro, comprometeram a divisão celular, os níveis de carboidratos, e a concentração de glicose, inositol e sacarose.

2.5 - Efeito do Fósforo

O fósforo é um dos elementos que o solo armazena temporariamente e transforma, sendo talvez, o elemento que mais frequentemente limita a produção nas regiões tropicais e subtropicais (MALAVOLTA, 1976); nos ecossistemas agrícolas possivelmente em maior extensão do que o cálcio e o potássio (BRAY, 1954). O fósforo tem um papel vital no metabolismo da planta, como constituente de vários compostos importantes, tais como, nucleotídeos, nucleoproteínas, ATP, NAD (nicotinamida-adenina dinucleotídeo), NADP (fosfato de nicotinamida-adenina dinucleotídeo) (LAMBERT e TOUSSAINT, 1977).

Segundo WORTHEN e ALDRICH (1967), as culturas dispõem de mais P quando o pH se encontra entre a faixa de 6,0 e 7,0. Quando o pH é inferior, o fósforo fica retido pelos com-

postos de Fe e Al, e quando é maior do que 7,0 os fosfatos monocálcico e dicálcico se transformam em fosfato tricálcico, menos solúvel. Admitiram vários autores (WARNOCK, 1970 ; LOPEZ G. e MALAVOLTA, 1974 ; HAUSENBUELLER, 1975), que doses elevadas de P afetam a disponibilidade de zinco, podendo provocar uma "deficiência de Zn induzida pelo fosfato" nos tecidos da planta.

A adubação fosfatada tem um papel relevante na nodulação, fixação simbiótica, extração de nitrogênio e teor de N das plantas (ANDREW e ROBINS, 1969a ; JONAS e FREITAS, 1970 ; KOLLING *et alii*, 1974 e 1976).

Segundo SAITO e RUSCHEL (1976), a aplicação de 150 ppm de P_2O_5 aumentou o número e o peso dos nódulos do feijoeiro, quando cultivado em vasos com diferentes tipos de solos. O nível crítico disponível do fósforo para *Phaseolus vulgaris*, foi estabelecido em solos do Rio Grande do Sul por GOEPFERT (1972), como sendo em torno de 18 ppm. Relataram KOLLING *et alii* (1974), que a adubação fosfatada foi fator decisivo para uma nodulação eficiente em *Phaseolus atropurpureus* (*Macroptilium atropurpureum*, e apresentou efeitos significativos até a maior dose aplicada (360 kg de P_2O_5 /ha).

São escassos os dados registrados na literatura sobre a composição mineral de leguminosas tropicais. ANDREW e ROBINS (1969a) em ensaio de vasos com solos, envolvendo nove leguminosas tropicais, verificaram que a aplicação de $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ em doses de 0,138 a 0,828 g/vaso, correspondendo a 100 a 1200 Kg/ha de superfosfato com 9,6% de P, permitiu concentrações de P na parte aérea variáveis entre 0,10 e 0,36%.

Segundo ANDREW e ROBINS (1969b) há uma boa correlação entre P e N na planta, relacionada diretamente com a quantidade de fosfato adicionado ao solo. Este efeito pode ser atribuído ao desenvolvimento do sistema radicular (DUNCAN e OHLROGGE, 1958), eficiência dos nódulos ; JONES, 1968 e ao metabolismo da planta (COLE *et alii*, 1963). Doses crescentes de superfosfato com 9,6% de P (100 a 1200 kg/ha) elevaram os teores de N da parte aérea de nove leguminosas forrageiras tropicais, alcançando níveis entre 1,93 e 4,01% (ANDREW e ROBINS, 1969b). Em ensaio de campo conduzido por COBRA NETO (1967), o autor relatou que o feijoeiro apresentou aos 25 dias de idade, os seguintes teores de N e P: raiz, 2,95 e 0,28%; caule, 2,90 e 0,22%; folhas, 4,48 e 0,27%; aos 46 dias, os referidos nutrientes estiveram assim distribuídos: raiz, 1,61 e 0,11% ; caule, 1,61 e 0,19%; folha, 3,36 e 0,35%.

2.6 - Efeito do Alumínio, Ferro, Manganês e Molibdênio

Em elevadas concentrações, o alumínio afeta a planta saturando as células livres do córtex, inibindo o crescimento da raiz, mas não interfere na atividade metabólica do fósforo na parte aérea (RORISON, WALLIHAN, citados por RUSCHEL *et alii*, 1968). Segundo vários autores (CLARKSON, RORISON, citados por MALAVOLTA, 1976), o Al interfere no funcionamento dos metabólitos fosforilados, inibe a hexoquinase, afeta a produção de DNA e reduz a incorporação de fósforo inorgânico em RNA. A toxidez de Al é comumente considerada (WUTKE, 1975) como o principal e-

feito pernicioso da acidez, admitindo-se que 1 ppm de Al s $\acute{o}$ lúvel seja t $\acute{o}$ xico para a maioria das plantas cultivadas.

Relatou FOY (1974) que h $\acute{a}$ pouca informa $\tilde{c}$ o sobre o efeito direto do Al sobre o *Rhizobium*, mas deve-se distinguir entre a a $\tilde{c}$ o do alum $\acute{i}$ nio sobre suas c $\acute{e}$ lulas no solo, sobre a forma $\tilde{c}$ o do n $\acute{o}$ dulo e sobre a pr $\acute{o}$ pria fixa $\tilde{c}$ o do nitrog $\acute{e}$ nio. Embora e xistam diferen $\tilde{c}$ as entre variedades com respeito $\tilde{a}$ toler $\acute{a}$ ncia do Al, admitiram KAMPRATH e FOY (1971) que o principal efeito sobre a fixa $\tilde{c}$ o de N $_2$ est $\acute{a}$ provavelmente relacionado com os danos causados ao crescimento da raiz, redu $\tilde{c}$ o do n $\acute{u}$ mero de n $\acute{o}$ dulos e interfer $\tilde{e}$ ncia com a absor $\tilde{c}$ o e o transporte do c $\acute{a}$ lcio.

Segundo RUSCHEL *et alii* (1968), o feijoeiro quando cultivado em solu $\tilde{c}$ o nutritiva, teve seu desenvolvimento afetado com concentra $\tilde{c}$ es iguais ou superiores a 3 ppm de Al, enquanto que 7 ppm ou mais afetaram significativamente o teor de Al tanto na raiz, como na parte a $\acute{e}$ rea, situando-se entre 0,95 e 1,60%, e entre 0,09 e 1,18%, respectivamente.

Relatou FOY *et alii* (1967) que as variedades "Dade" e "Romano" de *Phaseolus vulgaris* reagiram de modo diferente $\tilde{a}$ s concentra $\tilde{c}$ es de alum $\acute{i}$ nio (0 a 8 ppm) adicionado $\tilde{a}$ solu $\tilde{c}$ o nutritiva. Com 8 ppm de Al, a variedade "Romano" alcan $\tilde{c}$ ou uma produ $\tilde{c}$ o de ra $\acute{i}$ zes e parte a $\acute{e}$ rea correspondente a 59 e 53%, respectivamente, dos valores obtidos com o n $\acute{i}$ vel 0 (zero), enquanto a variedade "Dade" n $\tilde{a}$ o foi afetada, em sua parte a $\acute{e}$ rea, mas as ra $\acute{i}$ zes apresentaram uma tend $\tilde{e}$ ncia para um maior crescimento.

O ferro ocorre nas células das plantas principalmente na forma de porfirinas, atuando como um grupo prostético ou funcional dos citocromos, peroxidases, catalase e leg-hemoglobina. Está também presente em várias enzimas importantes, inclusive ferredoxinas, proteínas transferidoras de elétrons (BUTLER e JONES, 1973). Análises de plantas cloróticas com elevados teores de ferro, sugerem que o Fe se apresenta sob forma insolúvel, sem participação efetiva nos processos metabólicos.

Segundo MULDER e BROTONEGORO (1974), um suprimento insuficiente de ferro que afete o crescimento das bactérias pode interferir na fixação do nitrogênio, afetando a síntese ou o funcionamento de uma ou mais enzimas. A presença de elevados teores de Fe na nitrogenase justifica a necessidade da racionalização do seu emprego (POSTGATE, 1974).

Relatou MALAVOLTA (1976) que a falta de arejamento pode elevar a concentração de ferro nas raízes, mas a presença de certos fungos, nematoides e outros microrganismos pode afetar a sua absorção. Quanto à ação inibitória do Fe-EDTA sobre a nodulação (LIE, 1974), cujos efeitos assemelham-se à deficiência de cálcio e acidez, afirmaram LIE e BROTONEGORO (1969) que ela só é efetiva quando o quelado está em contacto com a raiz. Ainda segundo os mesmos autores, 0,1 mM de Fe-EDTA (5 ppm de Fe), concentração normalmente adicionada à solução nutritiva, inibiu a nodulação de *Pisum sativum* L. ; 0,2 mM inibiu-a fortemente, ao passo que concentrações mais elevadas (0,3 a 0,5 mM) provocaram inibição quase total.

Sabe-se de há muito, que o manganês deve desempenhar um papel na fotossíntese, porquanto a intensidade da mesma diminui quando há deficiência desse elemento (MALAVOLTA *et alii*, 1974). Segundo os referidos autores, há uma relação entre o Fe e o Mn na nutrição das plantas, sendo conhecido o fato de que um excesso do segundo no meio diminui a concentração do primeiro tecido. Segundo SOMERS e SHIVE (1942), a explicação teórica desse relacionamento reside no fato de que, metabolicamente, o Fe funciona principalmente no estado reduzido (Fe^{+2}) e tem um potencial de oxidação menor do que o manganês. Para um bom crescimento e desenvolvimento da planta admitiram SOMERS e SHIVE (1942) que a relação Fe/Mn deve se situar entre 1,5 e 2,5.

As plantas diferem quanto ao grau de tolerância ao excesso de Mn (MORRIS e PIERRE, 1949), sendo o amendoim mais tolerante do que o cowpea e a soja, e estes muito mais do que a lespezeza e o trevo doce. Em feijoeiro, relatou MALAVOLTA (1976), ocorrem sintomas de toxidez quando o teor de Mn nas folhas alcança 1000 ppm, a ervilha 550 ppm e a cevada 200 ppm. A susceptibilidade das leguminosas à toxidez de Mn, além de diferir entre as espécies, também pode depender da variedade estudada (FREIRE e VIDOR, 1971). Diferenças significativas com relação ao número e peso dos nódulos, nitrogênio total, cálcio e manganês nos tecidos, em variedades de soja foram relatadas por vários autores (DOBEREINER e ARRUDA, 1967 ; CABEDA e FREIRE, 1968). Outros pesquisadores (SOUTO e DOBEREINER, 1969) encontraram diferenças significativas para a interação Espécie x Mn no tecido, com relação ao peso dos nódulos, matéria seca, teor de nitrogênio e nitrogênio total em *Centrosema pubescens*, *Pueraria javanica*, *Macropti*

lium atropurpureum e *Glycine javanica*.

Relatou LOHNIS (1951) que o feijoeiro tem uma sensibilidade específica à toxidez de Mn, afetando a fixação simbiótica do nitrogênio. A adição de 40 ppm de Mn (DOBEREINER, 1966) afetou a quantidade de N total e o número de nódulos por planta, muito embora a extensão dos efeitos tenha variado bastante entre as estirpes de *Rhizobium phaseoli* utilizadas. No mesmo relato, observou a autora que tanto a nodulação como a fixação de nitrogênio foram menos afetada na soja.

A essencialidade do molibdênio para as plantas superiores foi demonstrada em 1939 por ARNON e STOUT, cultivando o tomateiro em solução nutritiva, quando verificaram também que esse micronutriente deveria estar implicado no metabolismo do nitrogênio (MALAVOLTA *et alii*, 1974). Segundo ANDREW (1962) o Mo é essencial na nutrição das leguminosas em suas fases: na fixação do N pelo *Rhizobium* no nódulo e na transformação de nitratos em amônia.

Relatou GAUCH (1973) que as exigências das plantas superiores em Mo, são muito reduzidas, quando em presença de NH_4 , mas não podem ser totalmente abolidas. Plantas deficientes em Mo, acrescentou o autor, acumulam nitrato nas folhas, mas os sintomas desaparecem com a aplicação do nutriente.

O Mo é essencial para a fixação simbiótica do nitrogênio, daí porque as deficiências são com mais frequência observadas em leguminosas, mas podem ser corrigidas com aplicações no solo, por

via foliar, ou através da própria semente. As exigências da soja cultivada em solos deficientes em Mo poderão ser satisfeitas usando-se sementes com altos teores de molibdênio (GURLEY e GIDDENS, 1969). Tais observações estão de acordo com o relato de HEWITT e SMITH (1975), quando afirmaram que as reservas de Mo, Cu, Zn e possivelmente Cl, existentes nas sementes das leguminosas, podem se constituir em fatores significativos nos resultados obtidos; feijões (*Phaseolus vulgaris*) e ervilhas especialmente, possuem Mo nas sementes em quantidades suficientes para o crescimento total das plantas e suprimento de deficiências, podendo inclusive persistir por duas gerações. Para o feijoeiro, os autores relataram níveis de 2 a 8 ppm de Mo (1 a 5 µg/semente); 4 a 10 ppm de Mn (2 a 5 µg/semente); 3 a 8 ppm de Cu (1,8 a 4 µg/semente); 26 a 42 ppm de Zn (13 a 20 µg/semente) e 160 ppm de Cl (83 µg/semente).

Apesar da importância do molibdênio para as leguminosas tropicais, devido à sua adaptação aos solos ácidos, elas são presumivelmente mais eficientes na sua obtenção e utilização (FREIRE e VIDOR, 1971). Em geral, acrescentaram os mesmos autores, o Mo reduz o número de nódulos, mas aumenta o seu tamanho, alterando-lhe a cor e o formato, o que pode ser complicado por outros fatores, tais como o suprimento de fósforo ou de enxofre, que pode reduzir ou anular o efeito depressivo. O feijoeiro parece ter exigências específicas para responder à aplicação de Mo em solos ácidos (FRANCO, 1977). Quando cultivado em solo arenoso

da série Ecologia, com pH 4,5 foi afetado pela aplicação de 5 kg/ha de molibdato de sódio, tendo diminuído o número de nódulos e aumentado a quantidade de nitrogênio fixado por nódulo (RUSCHEL *et alii*, 1966).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Instalação dos experimentos

Os experimentos foram instalados e conduzidos em casa de vegetação localizada no CENA (Centro de Energia Nuclear para a Agricultura), anexo à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, no período compreendido entre abril e novembro de 1977.

3.2 - Variedades estudadas

Foram estudadas três variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), a saber. Venezuela 350 e Carioca, procedentes da Seção de Microbiologia do CENA, e Rico 23, procedente do Instituto Agrônomo de Campinas. Segundo estudos realizados por AMA-

RAL (1975), as três variedades foram consideradas como de baixa, alta e média produtividade, respectivamente, em ensaios conduzidos em solução nutritiva.

3.3 - Estirpes de *Rhizobium* utilizadas

Foram utilizadas três estirpes de *Rhizobium phaseoli*, desenvolvidas em cultura pura, quando da inoculação das sementes do feijoeiro: 127 K₁₇ e 127 K₁₄, ambas da Cia Nitragin (USA), e C₁₃, isolada nos laboratórios da Seção de Microbiologia do Solo do CENA. A preparação do inoculante foi feita com o emprego do meio de cultura 79, de acordo com recomendações de RUSCHEL (1977). A composição do referido meio de cultura é a seguinte:

K₂HPO₄ 0,5 g ; MgSO₄ · 7 H₂O 0,2 g ; NaCl 0,1 g ; Glicose ,
dextrose ou Manitol 10,0 g ; Extrato de levedura 2,0 g ; A-
gar 12,0 g ; Água destilada 1.000 ml ; FeCl₃ 10,0 mg ; CaCO₃
3,0 g .

Partes iguais das diferentes estirpes de *Rhizobium* foram empregadas na mistura.

3.4 - Plantio

Inicialmente procedeu-se a um ensaio de germinação com sementes das variedades de feijão a serem estudadas, em papel de filtro e água destilada. As variedades Venezuela 350 e Carioca, apresentaram mais baixo poder germinativo (70 a 80%), enquanto a variedade Rico 23 procedente do IAC alcançou 95% .

Precedendo a inoculação, as sementes foram uniformemente selecionadas, colocadas em um copo de 100 ml e embebidas em álcool absoluto durante três minutos. Em seguida o copo foi esvaziado, e as sementes foram imersas em hipoclorito de sódio a 10% durante cinco minutos; decorrido o tempo procedeu-se a uma lavagem com água esterilizada.

Tendo como substrato a vermiculita, devidamente esterilizada em autoclave a 120°C, e utilizando-se bandejas de plástico que mediam 40 x 50 x 8 cm, previamente desinfectadas, foi feito o plantio em covas rasas, com espaçamento de 5 cm entre linhas e entre fileiras. O umedecimento da vermiculita foi feito no momento do plantio com a Solução Nutritiva nº 1 de HOAGLAND e ARNON (1950), diluída a 1:5.

Decorridos 10 (dez) dias após o plantio, as mudas foram transplantadas para bandejas de plástico com capacidade para 35 litros, cujas paredes externas haviam sido isoladas com duas camadas de tinta, preta betuminosa e purpurina branca.

Um sistema de arejamento e controle das condições ambientais (temperatura e luminosidade) foi acionado ininterruptamente. Para isto foi colocado um termômetro de máximas e mínimas para verificação da temperatura da casa de vegetação (Tabela 1) e solução nutritiva, e simultaneamente, alternava-se a posição das bandejas, permitindo uma distribuição mais uniforme da luminosidade durante o fotoperíodo. Procedeu-se também um combate sistemático ao oídio *Erysiphe polygoni* DC ex Merat. através de Karathane WD, na concentração de 0,8 g/litro. Periodicamente foram feitas pulverizações com o acaricida AKAR 338 (2 ml/litro).

Toda a solução nutritiva foi substituída em todos os experimentos, a cada 10 dias de intervalo, ao passo que diariamente, quando necessário, era adicionada água destilada às bandejas para completar o volume da solução.

3.5 - Delineamento Experimental

O delineamento experimental proposto e adotado foi o de parcelas subdivididas (KEMPTHORNE, 1973), cujo esquema de análise de variância apresentamos a seguir:

Esquema da Análise de Variância

Causa de Variação	Graus de Liberdade				
	1º Ensaio (N)	2º Ensaio (PN)	3º Ensaio (Ca)	4º Ensaio (P)	5º Ensaio
Substratos (S)	4	4	7	5	6
Variedades (V)	2	2	2	2	2
S x V	8	8	14	10	12
Res. (a)	45	45	72	54	63
<hr/>					
Parcelas	(59)	(59)	(95)	(71)	(83)
Épocas (E)	1	1	1	1	1
E x S	4	4	7	5	6
E x V	2	2	2	2	2
E x V x S	8	8	14	10	12
Res. (b)	45	45	72	54	63
<hr/>					
Total	119	119	191	143	167

TABELA 1 - Temperaturas médias registradas na casa de vegetação no período de Fev. a Nov. de 1977 (em °C)

Meses	Médias das Máximas	Médias das Mínimas	Médias Mensais
Fevereiro	33,1	20,2	26,6
Março	31,3	19,4	25,5
Abril	26,5	15,1	20,8
Maio	25,5	11,1	18,3
Junho	24,3	11,5	17,9
Julho	28,2	10,6	19,4
Agosto	28,7	11,4	20,0
Setembro	29,1	13,5	21,3
Outubro	30,3	15,9	23,1
Novembro	29,9	17,3	23,6

Dentro do esquema experimental proposto, as variedades estudadas representaram as parcelas, as colheitas representaram as subparcelas, e os substratos ou tratamentos, representaram os blocos. O emprego dos diferentes testes para a comparação das médias foi feito de acordo com as recomendações de PIMENTEL GOMES (1970) e KEMPTHORNE (1973). A transformação dos dados objetivando uma maior precisão dos resultados, se deu de acordo com os estudos de SNEDECOR e COCHRAN (1974).

3.6 - Colheita e preparo do material

Foram feitas duas colheitas, aos 25 e 45 dias de crescimento vegetativo. Inicialmente separou-se a raiz da parte aérea, quando esta última depois de colocada em sacos de papel numerados foi levada à secagem em estufa à temperatura de 75-80°C. Manipuladas cuidadosamente, as raízes eram enxugadas em papel absorvente e colocadas em frascos de vidro (62 ou 500 ml) para medição do N fixado através do método de redução do acetileno (HARDY *et alii*, 1968 e 1973).

3.7 - Determinação da atividade da Nitrogenase

A atividade da Nitrogenase foi determinada na Seção de Microbiologia do Solo do CENA. Para tanto, a colheita foi feita sempre entre 9 e 12 horas da manhã, quando a atividade é máxima (HARDY *et alii*, 1968). Previamente enxuto, o sistema radicular foi colocado nos frascos de vidro, fechados com rolhas de borracha e mantidos sob atmosfera contendo 10% de acetileno e ar atmosférico. Amostras controles para etileno, como contaminante do acetileno injetado, foram analisadas, e o resultado subtraído de cada amostra na avaliação da atividade total da N_2 -ase. Os cálculos para os teores de etileno foram feitos tomando-se em consideração diferentes amostras de um mesmo padrão de etileno injetado no cromatógrafo para cada experimento. Após uma hora de incubação, amostras de 0,5 ml foram retiradas e analisadas em cromatógrafo de gás Beckman G.C.-65, com coluna separadora de Porapak N, sob temperatura de 110°C, usando-se chama de ionização de hidrogênio e gás nitrogênio como transportador de gases. A determinação da Atividade específica da nitrogenase foi feita levando-se em consideração o etileno formado (μ moles) e a massa nodular (g de M. S. - Matéria Seca)

3.8 - Determinações analíticas dos macro e micronutrientes

Depois de determinada a atividade da nitrogenase, as raízes foram lavadas em água destilada, quando os nódulos foram destacados para contagem e determinação do peso da matéria seca

após secagem em estufa a 75-80°C.

As determinações dos macro e micronutrientes dos diferentes segmentos da planta foram feitas na Seção de Química Analítica do CENA, de acordo com as recomendações de BREMNER (1965), e PARKINSON e ALLEN (1975). As leituras foram realizadas no Autoanalyzer II Technicon e no Atomic Absorption Spectrophotometer Perkin-Elmer, Modelo 306.

3.9 - Experimentos realizados

Experimento 1: Níveis crescentes de N

Neste experimento foram estudados os efeitos do N combinado (NO_3^-) na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca, objetivando basicamente a dose "arranque" de N indispensável ao desenvolvimento inicial da planta. Assim sendo, foram estabelecidos cinco tratamentos: a) solução completa; b) solução sem N; c) solução com 0,1 N da completa (0,3 mM de N-NO_3^-); d) solução com 0,2 N (0,6 mM de N-NO_3^-); e) solução com 0,4 N (1,2 mM de N-NO_3^-). A composição total das referidas soluções foi feita segundo recomendações de vários autores (HOAGLAND e ARNON, 1950; MALAVOLTA, 1975; RUSCHEL, 1977), e está inserida na Tabela 2.

TABELA 2 - Composição química das soluções nutritivas, diluídas a 1:5, utilizadas no ensaio sobre o efeito de níveis crescentes de nitrogênio

Soluções estoque	ml / litro de solução				
	Completo	- N	0,1 N	0,2 N	0,4 N
KH_2PO_4 M	0,2	-	-	-	-
KNO_3 M	1,0	-	-	-	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ M	1,0	-	-	-	-
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ M	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
K_2SO_4 0,5 M	-	1,0	1,0	1,0	1,0
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,05 M	-	2,0	2,0	2,0	2,0
CaSO_4 0,01 M	-	40,0	40,0	40,0	40,0
NaNO_3 M	-	-	0,3	0,6	1,2
Solução a (*)		g/l de solução estoque			
H_3BO_3		2,86			
$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$		1,81			
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$		0,22			
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$		0,08			
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$		0,02			
Solução b (**)					
Fe - EDTA					

(*) A Solução (a) foi adicionada à solução nutritiva na proporção de 0,02 ml/litro em todos os tratamentos.

(**) A solução (b) foi preparada segundo recomendações de JACOBSON (1951) e MALAVOLTA (1975), e adicionada à solução nutritiva na proporção de 0,2 ml/litro em todos os tratamentos.

Experimento 2: Efeito do pH

No segundo experimento foi estudada através de cinco tratamentos, a influência de diferentes valores de pH na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca. No primeiro tratamento foi empregada a solução nº 1 de HOAGLAND e ARNON (1950) no seu pH normal, cujos valores variaram de 5,56 a 7,12. Nos demais tratamentos utilizou-se a solução "arranque", determinada através do ensaio de nitrogênio, com seus valores de pH ajustados para 4,0 ; 5,0 ; 6,0 e 7,0 , cuja composição foi a seguinte:

Elementos	Ml/l de solução
K_2SO_4 0,5 M	1,0
$Mg SO_4 \cdot 7 H_2O$ M	0,4
$Ca(H_2PO_4)_2 H_2O$ 0,05 M	2,0
$CaSO_4$ 0,01 M	40,0
$NaNO_3$ M	0,3
Solução <u>a</u>	0,2
Fe-EDTA	0,2

Os valores de pH nas faixas correspondentes aos tratamentos (4,0 ; 5,0 ; 6,0 ; 7,0) foram ajustados na solução acima, duas vezes por dia com o emprego de potenciômetro e soluções de HCl 0,1 N e NaOH 0,1 N .

Experimento 3: Níveis crescentes de Ca e Solução salina

Neste experimento foram estabelecidos oito tratamentos cujas soluções apresentaram a composição da Tabela 3

Como se verifica na Tabela 2 o nitrogênio foi adicionado à solução como dose "arranque", sob a forma de NaNO_3 . A quantidade pré-estabelecida (0,3 mM) decorreu em função da melhor resposta encontrada para os diferentes parâmetros estudados.

Experimento 4: Níveis crescentes de P

No presente experimento foram estudados seis tratamentos, cujas soluções nutritivas apresentaram a composição da Tabela 4 .

Experimento 5: Efeito do Al , Mn , Fe e Mo

Neste ensaio foi empregada a solução nutritiva estudada no ensaio anterior, onde o N está presente como dose de "arranque" (0,3 mM de N-NO_3). A toxidez do alumínio e do manganês foi estudada em duas concentrações dos referidos elementos. Em dois outros tratamentos foram excluídos o ferro e o molibdênio das respectivas soluções, tendo-se o cuidado de empregar água diionizada para minimizar a contaminação. A Tabela 5 apresenta a composição química das diferentes soluções utilizadas neste experimento.

TABELA 3 - Composição química das soluções nutritivas diluídas a 1:5 utilizadas no ensaio de efeito de doses crescentes de cálcio e solução salina

Soluções estoques	ml / l de solução							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Completo	0,1 N	0,1 N + NaCl	0,01 mM Ca	0,05 mM Ca	0,25 mM Ca	1,25 mM Ca	2,5 mM Ca
KH_2PO_4 M	0,2	-	-	-	-	-	-	-
KNO_3 M	1,0	-	-	-	-	-	-	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ M	1,0	-	-	-	-	-	-	-
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ M	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
K_2SO_4 0,5 M	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,05 M	-	2,0	2,0	-	-	-	-	-
CaSO_4 0,01 M	-	40,0	40,0	-	-	-	-	-
NaNO_3 M	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Na_2SO_4 0,5 M	-	-	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CaCl_2 0,5 M	-	-	-	0,02	0,1	0,5	2,5	12,5
KH_2PO_4 M	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Solução (a) (*)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fe-EDTA (*)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
NaCl M	-	-	5,0	-	-	-	-	-

(*) Preparadas de acordo com as observações feitas na Tabela

TABELA 4 - Composição química das soluções nutritivas, diluídas a 1:5, empregadas no experimento de doses crescentes de fósforo

Solução estoque	ml/1 de solução					
	1	2	3	4	5	6
	0,1 N	0,1 N	0,01 mM	0,05 mM	0,25 mM	1,25 mM
	Estéril	Inoculado	P	P	P	P
MgSO ₄ 7 H ₂ O M	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
K ₂ SO ₄ 0,5 M	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O 0,05 M	2,0	2,0	-	-	-	-
CaSO ₄ 0,01 M	40,0	40,0	-	-	-	-
NaNO ₃ M	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CaCl ₂ 0,5 M	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O 0,5 M	-	-	0,02	0,1	0,5	2,5
Solução a (*)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fe - EDTA (*)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

(*) Preparada de acordo com as observações feitas na Tabela

TABELA 5 - Composição química das soluções nutritivas, diluídas a 1:5, empregadas no ensaio de micronutrientes e toxidez do alumínio

Solução estoque	ml/l de solução						
	1	2	3	4	5	6	7
	Completo 0,1 N	5 ppm Al	10 ppm Al	10 ppm Mn	20 ppm Mn	- Fe	- Mo
K ₂ SO ₄ 0,5 M	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MgSO ₄ · 7 H ₂ O M	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
NaNO ₃ M	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O 0,5 M	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CaCl ₂ 0,5 M	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
AlCl ₃ 6 H ₂ O	-	5 ppm	10 ppm	-	-	-	-
MnCl ₂ ·H ₂ O	-	-	-	10 ppm	20 ppm	-	-
Solução (a)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2 (- Mo)
Fe - EDTA	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	0,2

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se verifica na Tabela 1, as temperaturas registradas na casa de vegetação durante o transcorrer do período experimental, oscilaram entre 10,6 e 33,1 °C. A média das temperaturas máximas alcançou 28,7 e a das mínimas 14,6 °C. Tais valores se situam nos níveis considerados satisfatórios para as exigências do feijoeiro com relação à temperatura ideal para o seu desenvolvimento (SINGH e MACK, 1966). Por outro lado, as diferenças verificadas entre os valores registrados na casa de vegetação e aqueles da solução nutritiva, que afetariam diretamente o sistema radicular, não comprometeram o desenvolvimento da cultura. Segundo UNGER e DANIELSON (1967), soluções nutritivas submetidas a diferentes temperaturas (17,5 ; 25,0 e 32,5 °C), não afetaram a viscosidade e a permeabilidade das raízes do feijoeiro, não comprometendo, por conseguinte, a translocação de produtos da fotos

síntese da parte aérea para a raiz, nem a fixação de nitrogênio (SOUTO e DOBEREINER, 1970 ; DART *et alii*, citados por GIBSON, 1976a).

4.1 - Efeito de níveis crescentes de N

Dentro do esquema proposto para a análise de variância dos experimentos, verifica-se que para todas as variáveis estudadas no primeiro ensaio ocorreram diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T), cujos valores de F são apresentados na Tabela 7.

4.1.1 - Peso da Matéria Seca (M.S.)

Além das diferenças detectadas entre Tratamentos, a análise de variância revelou diferenças altamente significativas para a variável Peso da M.S. da parte aérea, entre Variedades (V) e entre Idade de colheita, com valores de F alcançando 5,53 e 661,85, respectivamente.

Os coeficientes de variação (C.V.) revelaram boa precisão do experimento alcançando 20,16 e 20,43%, respectivamente, para os Resíduos (a) e (b).

Para a variável Peso da matéria seca da raiz foi encontrado um valor para $F = 3,60$, revelando diferenças significativas entre Variedades. Também entre Idade de colheita registraram-se

diferenças altamente significativas, com o valor de F alcançando 518,01. Os C.V. encontrados também foram baixos, com 22,86% para o Resíduo (a) e 24,07% para o Resíduo (b). O Peso da M. S. nodular e o Peso da M.S. total também revelaram diferenças altamente significativas entre Idade de corte, com valores de F atingindo 212,28 e 765,55 respectivamente. Somente a variável Peso da M.S. nodular apresentou diferenças altamente significativas entre Variedades, com o valor de $F = 16,63$. Os coeficientes de variação das duas variáveis foram razoáveis (Tabela 7), situando-se entre 19,21 e 51,35%.

Verifica-se através das Tabelas 6 e 7, que todas as variedades de feijoeiro estudadas, Venezuela 350, Carioca e Rico 23, responderam linearmente às doses de nitrogênio estudadas em ambas as colheitas, tanto para peso da M.S. da parte aérea, como para o peso da M. S. da raiz e M. S. total. Tais resultados confirmaram relatos feitos por diferentes autores (RUSCHEL *et alii*, 1974; KANG, 1975; EDJE *et alii*, 1975).

Com relação ao peso da M.S. nodular (Tabelas 6 e 7) verificou-se aos 25 dias de idade uma relação negativa entre doses de N e peso da M.S. Aos 45 dias de idade, a variedade Venezuela 350 respondeu linearmente até 0,6 mM de $N-NO_3^-$ para cair bruscamente com 3,0 mM de nitrato. Já as variedades Carioca e Rico 23 mantiveram-se equidistantes entre 0,3 e 1,2 mM de $N-NO_3^-$ com boa nodulação, para cair verticalmente até os 3,0 mM. Os resultados obtidos confirmam os relatos feitos por vários autores sobre doses de "arranque" e sua importância na nodulação (GIBSON, 1974; GIBSON, 1976; GIBSON e PAGAN, 1977). Segundo MUNNS (1968.a) 0,2 ou 0,5 mM de nitrato reduzem drasticamente o núme-

ro de nódulos na primeira colheita, mas nas colheitas subsequentes a redução é diminuta. Doses mais elevadas, alcançando 4,0 mM de N-NO_3^- , poderão inibir completamente a nodulação (LONERGAN, 1972).

A dupla ação de N combinado justifica plenamente os resultados obtidos; doses baixas são necessárias para estimular o crescimento inicial, já que plantas jovens exigem um suprimento elevado de carboidratos para atender à demanda das folhas, raízes e nódulos. Doses muito elevadas inibem a formação de filamento de infecção e interferem na produção e atividade do AIA in dispensável à própria infecção.

4.1.2 - Nitrogênio absorvido

A análise de variância revelou diferenças significativas entre Tratamentos, como se verifica nos valores de F inseridos na Tabela 7, para a porcentagem de N da parte aérea. Por outro lado, ocorreram diferenças altamente significativas entre Idade de cortes, cujo valor de F alcançou 89,62. Os coeficientes de variação foram baixos e atingiram 21,17 e 13,91% para os dois resíduos. Os níveis de N encontrados se situaram entre 1,42 e 4,00% aos 25 dias, e entre 1,41 e 2,39 aos 45 dias de idade, corroborando resultados obtidos por vários autores (SISTACHS, 1970 ; AMARAL, 1975).

Com relação à raiz, a análise estatística revelou diferenças altamente significativas entre Tratamentos e entre Idade de cortes, cujos valores de F alcançaram 107,73 e 72,24. O ensaio

revelou boa precisão, com C.V. atingindo 18,29 e 10,65%. Os percentuais de N estiveram dentro dos limites encontrados por outros autores (HAAG *et alii*, 1967 ; AMARAL, 1975), oscilando entre 1,67 e 3,04% aos 25 dias e entre 1,41 e 2,15% aos 45 dias.

A análise de variância revelou diferenças altamente significativas entre Tratamentos para as variáveis % N total e mg de N/planta (Tabela 7). Diferenças altamente significativas também ocorreram entre Idade de colheita, tanto para porcentagem de N total, como para mg de N/planta, com valores de F alcançando 113,81 e 229,27. Os coeficientes de variação para as duas variáveis foram muito baixos, e se situaram entre 8,13 e 18,60% (Tabela 7). A quantidade de N total absorvido alcançou os níveis obtidos por vários autores (DOBEREINER *et alii*, 1966; RUSCHEL e RUSCHEL, 1975 ; RUSCHEL e SAITO, 1977) situando-se entre 5,52 e 48,45 mg/planta aos 25 dias, e entre 6,44 e 98,14 mg/planta aos 45 dias (Tabelas 1 e 2 do Apêndice) ; tais valores transformados ($\log \times 1,00$) alcançaram 0,73 a 1,68 e 0,79 e 1,98, como se verifica nas Tabelas 6 e 7.

A quantidade de N absorvido está diretamente relacionada com o nível de N aplicado e o potencial de crescimento da planta; além do mais, deve ser considerado o efeito sinérgico do N, daí a amplitude dos valores encontrados no experimento.

4.1.3 - Nodulação

Verifica-se nas Tabelas 6 e 7, que a análise de variância revelou diferenças altamente significativas entre Tratamentos, para as variáveis número de nódulos e peso médio dos nódulos. Também ocorreram diferenças altamente significativas entre Variedades e entre Idade de colheita para o número de nódulos, cujos valores de F alcançaram 26,52 e 57,72. Os coeficientes de variação revelaram boa precisão do experimento e alcançaram 28,19 e 25,75%. Os resultados obtidos em relação ao número de nódulos nas duas idades de colheita, confirmam relatos feitos por outros autores, com valores médios entre 9 e 209 nódulos/planta, conforme se verifica nas Tabelas 1 e 2 do Apêndice (CARTWRIGHT e SNOW, 1962; GRAHAM e HALLIDAY, 1976 ; RUSCHEL e SAITO, 1977). Segundo FRANCO e DOBEREINER (1968), doses baixas de N aumentam o número de nódulos mas diminuem o seu peso médio.

Para a variável peso médio dos nódulos os valores de F encontrados revelaram diferenças altamente significativas entre Tratamentos (Tabelas 6 e 7). Também ocorreram diferenças altamente significativas entre Variedades e entre Idade de colheita, e os valores de F alcançaram 9,80 e 48,71 respectivamente. Os coeficientes de variação podem ser considerados satisfatórios, embora altos, dado à natureza do experimento: 47,57 e 50,24%.

O peso médio dos nódulos para os níveis crescentes de N estudados, alcançou os valores médios de 0,08 a 1,91 mg de matéria seca nodular, situando-se dentro dos limites obtidos por outros pesquisadores (MASEFIELD, 1971 ; RUSCHEL e RUSCHEL, 1975).

Os nódulos exigem na sua formação certo nível de compostos nitrogenados, daí porque, quando as condições de crescimento são favoráveis à planta, o desenvolvimento dos nódulos pode ser retardado ou inibido sob baixas doses de N combinado.

4.1.4 - Atividade da Nitrogenase (N_2 -ase)

Observa-se na Tabela 7, que a atividade total da N_2 -ase expressa em μ moles de etileno (C_2H_4) apresentou diferenças altamente significativas entre Tratamentos. A análise de variância também revelou diferenças altamente significativas entre Variedades, Idade de colheita e interação Tratamentos x Variedades, com valores de F correspondentes a 9,88 ; 37,28 e 4,10. Os coeficientes de variação foram elevados (88,72 e 78,71%), mas já eram esperados em se tratando de atividade biológica sujeita a variações bruscas e incontroláveis.

Os níveis de C_2H_4 produzido/planta/hora situaram-se com seus valores médios entre 0,002 e 1,04 μ moles aos 25 dias de idade e entre 0,013 e 30,35 μ moles aos 45 dias de crescimento vegetativo (Tabelas 1 e 2 do Apêndice). Tais quantidades confirmam resultados já registrados na literatura por diferentes autores conduzindo ensaios com o feijoeiro (HALLIDAY, 1976 ; GRAHAM e HALLIDAY, 1976 ; RUSCHEL e SAITO, 1977).

A atividade específica da N_2 -ase, expressa em μ moles de etileno/grama de M.S. nodular revelou diferenças altamente significativas entre Tratamentos com valores de F maiores do que os

da Tabela 7. Verifica-se na mesma Tabela 7, que os coeficientes de variação foram razoáveis, alcançando 37,24 e 40,80%. A análise de variância também apresentou diferenças altamente significativas para Variedades e para a interação Tratamentos X Variedades, cujos valores de F alcançaram 11,84 e 4,02. Ainda de acordo com a análise de variância, houve diferença significativa entre Idade de colheita, com um valor para F alcançando 4,73.

Os dados sobre nitrogênio fixado avaliados através da atividade específica da N_2 -ase, alcançaram valores médios de 2,12 a 92,17 μ moles de etileno/g de M.S. nodular/hora na 1.^a colheita e 3,19 a 208,17 μ moles de etileno/g de M.S. nodular/hora na 2.^a colheita efetuada aos 45 dias de idade. Vários autores em ensaios conduzidos também com o feijoeiro, obtiveram valores bem aproximados. RUSCHEL e SAITO (1977) relataram 1,85 a 5,99 μ moles de etileno/g de nódulos frescos aos 35 dias de idade, e 12,41 a 29,01 aos 50 dias. HALLIDAY (1976) em um ensaio envolvendo 14 cultivares de *Phaseolus vulgaris* obtiveram 218 a 324 μ moles de etileno/g de M.S. nodular/hora, enquanto GRAHAM e HALLIDAY (1976) relataram níveis que se situaram entre 130 e 250 μ moles de C_2H_4 /g de Matéria seca nodular/hora.

A atividade da nitrogenase foi inibida sob altas doses de N combinada. Tais resultados sugerem uma provável competição pelos carboidratos entre os nódulos e a parte aérea da planta, resultando na diminuição do número de nódulos e do seu peso médio. A atividade da nitrogenase regulada pelo nível de ATP (BRILL, 1977), e quando o suprimento de ATP é isolado, sem a presença

de N , a evolução de H_2 se processa. Aparentemente, segundo BRILL (1977), o transporte de elétrons se processa normalmente na ausência de N ; quando eles alcançam o sítio ativo da enzima, recombina-se com os prótons.

4.1.5 - Correlações

Verifica-se através da Tabela 16 o grande número de correlações encontradas no ensaio sobre o efeito de níveis crescentes de nitrogênio, nas duas idades de colheita. Observa-se na Tabela 16, que aos 45 dias de idade houve correlação positiva significativa entre M.S. total x N absorvido (mg de N/planta), enquanto que aos 25 dias somente as variedades Venezuela 350 e Rico 23 apresentaram tal correlação. As Atividades total e específica da N_2 -ase do feijoeiro colhido aos 45 dias de idade apresentaram também correlação positiva e significativa nas três variedades estudadas (Tabela 16).

As variáveis M.S. nodular e N absorvido, como mg de N/planta — expresso em $\log (x + 1,00)$ apresentaram correlação positiva e significativa nas variedades Carioca e Venezuela 350 colhidas aos 25 dias de crescimento vegetativo.

Algumas das correlações encontradas e apresentadas na Tabela 16 foram estudadas e relatadas por outros autores. DOBEREINER *et alii* (1966) relataram que o logarítmo do N total aumenta linearmente com o peso dos nódulos, após estudos efetuados com soja e feijão. Idêntico resultado foi obtido no cerrado com leguminosas tropicais (FRANÇA e CARVALHO, 1970).

A correlação positiva e significativa encontrada no presente trabalho (Tabela 16) entre número de nódulos e Atividade específica da N_2 -ase, para a variedade Venezuela 350 aos 25 dias de idade, foi relatada por RUSCHEL e REUSZER (1973). Os autores encontraram correlação positiva nas plantas jovens e negativas nas plantas mais velhas e concluíram afirmando, que, provavelmente, nódulos das plantas jovens tenham tido maior atividade expressa por unidade ou nódulo área do que os nódulos das plantas mais velhas. Esta hipótese não tem apoio nos resultados obtidos no presente trabalho, uma vez que as variáveis M.S. nodular x Atividade específica da N_2 -ase apresentaram correlação positiva e significativa para a variedade Rico 23, tanto aos 25 dias como aos 45 dias de crescimento vegetativo. A variedade Venezuela 350 apresentou idêntica correlação somente com 45 dias de idade.

Em outro relato dos mesmos autores (RUSCHEL e REUSZER, 1973a) foi observada correlação positiva entre % de N na parte aérea x Atividade específica da N_2 -ase; entre N total x Atividade específica, e entre o peso dos nódulos (peso vivo) e atividade específica da N_2 -ase.

Segundo WHITEMAN (1970), as leguminosas forrageiras tropicais *Desmodium uncinatum* e *Phaseolus atropurpureum* (*M. atropurpureum*) apresentaram correlação positiva significativa entre M.S. nodular e M.S. da parte aérea.

4.2 - Efeito do pH

4.2.1 - Peso da matéria seca

Consoante os resultados obtidos através da análise de variância, registraram-se diferenças significativas entre Tratamentos (T), conforme se verifica nas Tabelas 8 e 9, para as variá-veis Peso da M.S. da parte aérea, Peso da M.S. da raiz, Peso da M.S. nodular e Peso da M.S. total. Por outro lado, também ocorreram diferenças altamente significativas entre Idade da colheita para as referidas variáveis, cujos valores de F alcançaram, respectivamente, 350,11 ; 280,41 ; 530,08 e 110,21 , sendo amplamente superiores aos valores encontrados na Tabela. Diferenças significativas também ocorreram entre Variedades (V) tanto para o peso da M.S. nodular como para o peso da M.S. total, cujos valores de F atingiram 3,08 e 3,12. Os coeficientes de variação demonstraram boa precisão do experimento situando-se entre 22,28% e 59,35% (Tabela 8).

As diferenças verificadas entre variedades, segundo vários autores, são comuns no gênero *Phaseolus* (HALLIDAY, 1976; GRAHAM e HALLIDAY, 1976). Verifica-se através das Tabelas 8 e 9, que o peso total da M.S. elevou-se com o aumento do pH. ANDREW (1976) e ANDREW e JOHNSON (1976) também verificaram em leguminosas forrageiras tropicais e temperadas idêntico resultado. Segundo relato de ANDREW (1976) a M.S. de *Macroptilium lathyroides* foi máxima no pH 4,5 e em valores mais altos, mas decresceu em 70% quando o pH caiu para 4,0; em *Desmodium uncinatum* a produção de M.S. aumentou progressivamente de 10% em pH 4,0 para 100% em

pH 6,0. Segundo ODU *et alii* (1971) as leguminosas *Centrosema pubescens* e *Stylosanthes gracilis* alcançaram maior produção de matéria seca (M.S.) nos valores de pH entre 6,1 e 6,4 ; e entre 5,7 e 6,0 respectivamente. ANDREW e NORRIS (1961) também obtiveram idêntico resultado com as leguminosas *Centrosema pubescens* Bent. e *Stylosanthes bojeri* Vog.

Maiores produções de M.S. em leguminosas mantidas nos valores de pH entre 6,0 e 7,0 foram obtidas por outros autores (MUNNS *et alii*, 1977). Como a hipótese da influência do Al e Mn está afastada no presente trabalho, admite-se, que a ação do pH tenha ocorrido isoladamente, afetando a absorção de outros nutrientes essenciais, ou através de forte interação com o Ca (efeito do íon H^+ reduzindo a absorção do Ca), elemento muito importante para a eficiência da simbiose e o próprio crescimento da planta.

4.2.2 - Nitrogênio absorvido

Conforme se verifica nas Tabelas 8 e 9, ocorreram diferenças altamente significativas entre Tratamentos para as variáveis % N da parte aérea, % N da raiz, % N total e mg de N/planta. Diferenças também altamente significativas, registradas através da análise de variância, ocorreram entre Idade da colheita, cujos valores de F alcançaram para as variáveis acima citadas, 220,12; 314,08 ; 171,17 e 661,24. Por outro lado, todos os Coeficientes de variação encontrados foram muito baixos, o que revela boa precisão do experimento. Verifica-se na Tabela 8 que seus valores se situaram entre 4,72% e 10,10%.

Em que pese as diferenças detectadas entre Tratamentos , não se verificou uma tendência para um aumento do teor de N da parte aérea correspondente à elevação do pH, observada por ANDREW e JOHNSON (1976). Através das Tabelas 8 e 9 , verifica-se que a porcentagem de N da parte aérea variou de 2,34 a 4,95%, enquanto que na raiz esses valores se situaram entre 1,65 e 4,94%. ANDREW e JOHNSON (1976) em seu estudo envolvendo várias leguminosas tropicais, encontraram 2,62 a 5,03% para o N da parte aérea e 1,26 a 4,83% para as raízes. Estudos conduzidos por MUNNS *et alii* (1977) revelaram em *Phaseolus vulgaris* que a elevação do pH de 6,0 para 7,0 contribuiu para melhorar as características dos nódulos, mas reduziu a porcentagem de N das folhas de 5% para 4%.

Observando-se a quantidade total de N absorvido, expressa em mg N/planta (Tabelas 3 e 4 do Apêndice), verifica-se que somente a variedade Venezuela 350 respondeu linearmente aos valores crescentes do pH, apresentando 17,54 ; 20,05 ; 24,25 e 25,70 mg de N/planta aos 25 dias de idade e 56,89 ; 60,63 ; 67,04 e 71,39 mg de N/planta aos 45 dias de crescimento vegetativo. Tais resultados estão de acordo com o peso total da M.S. que também apresentou linearidade em Venezuela 350, nas duas colheitas.

Quando leguminosas são mantidas sob baixos valores de pH, mas na presença de N combinado, os efeitos do pH , ou da interação pH x Ca, são bem menores e não comprometem a quantidade de N absorvido pelas plantas. Admitem, todavia, alguns autores (ODU *et alii*, 1971 ; ANDREW, 1977) que tal comportamento pode variar de intensidade, entre espécies ou cultivares.

4.2.3 - Nodulação

A análise de variância revelou diferenças altamente significativas para as variáveis número de nódulos e peso médio dos nódulos, quando influenciadas por valores crescentes de pH (Tabelas 8 e 9). Ocorreram diferenças também altamente significativas entre Idade de Cortes, cujos valores de F alcançaram 220,41 e 472,69 para as duas variáveis, e apenas significativas, isto é, ao nível de 5% de probabilidade, entre Variedades, cujos valores de F foram 3,58 e 3,61 respectivamente. Os coeficientes de variação foram elevados, porém aceitáveis: 31,08 e 33,88% para número de nódulos e 65,31 e 63,59% para peso médio dos nódulos. A variedade Venezuela 350, embora mantendo a linearidade para a elevação do pH, apresentou nodulação bastante inferior às variedades Carioca e Rico-23, cujas produções foram bastante aproximadas. Com efeito, verifica-se na Tabela 8, que o número de nódulos expresso em $\sqrt{x + 1}$ alcançado pela variedade Carioca para cada faixa de pH foi, respectivamente, 3,41 ; 5,85 ; 5,72 e 7,03; a variedade Rico-23 apresentou: 3,56 ; 5,41 ; 5,43 e 6,84; a variedade Venezuela 350, 3,26 ; 3,80 ; 3,90 e 4,24. Na colheita posterior, aos 45 dias de idade, verificou-se igual comportamento com relação à nodulação, isto é, menor número de nódulos para a Venezuela 350 e valores bem superiores para as outras duas. Em números absolutos (Tabela 4 do Apêndice) os valores médios alcançados foram: 36 ; 67 ; 65 e 45 para a var. Venezuela; 43,5 ; 102 ; 99 e 101 para a var. Carioca e 79 ; 118 ; 158,5 e 129 para a var. Rico-23, respectivamente para os valores de pH, 4,0 ; 5,0 ; 6,0 ; 7,0. Resposta linear ao pH foi encontrada apenas para o Carioca, enquanto que as variedades Venezuela e Rico 23 decresceram a nodulação com a elevação do pH de 6,0 para 7,0.

Os resultados obtidos no presente trabalho já eram esperados, conforme registros encontrados na literatura. Segundo ANDREW (1976) a nodulação de *Desmodium uncinatum* (leguminosa forrageira tropical) foi severamente reduzida, alcançando apenas 30% em pH 4,0 e só ligeiramente reduzida no pH 4,5, com *Medicago sativa* cv. Hunter River Broadleaf, classificada em dois grupos, tropical de verão e temperada de inverno, praticamente não apresentou nodulação nos valores de pH 4,0 e 4,5, exigindo o pH 6,0 para alcançar 100% de nodulação. Há uma variação muito ampla com relação à tolerância à acidez do solo, entre espécies e estirpes de bactérias nodulares (LONERAGAN, 1972). Segundo o mesmo autor, em valores de pH muito baixo, o efeito da acidez sobre o crescimento da bactéria do nódulo não é importante em algumas leguminosas. Segundo dados apresentados por ANDREW (1977) *M. lathyroides* e *L. bainesii* nodularam bem em toda a faixa de pH compreendida entre 4,0 e 6,0. Acrescentou o referido autor, que em solos férteis contendo significativas quantidades de N disponível, a resposta das leguminosas ao pH pode ser modificada, mas o efeito simbiótico é importante no funcionamento do sistema.

Com relação ao peso médio dos nódulos, merece registro o fato verificado em pH 4,0 quando todas as três variedades apresentaram um peso médio superior aqueles alcançados nos valores de pH mais elevados, aos 45 dias de crescimento vegetativo. Não foi encontrada resposta justificativa para o fato, principalmente se considerarmos que aos 25 dias de idade o peso era bem menor. Os resultados refletem a existência de nódulos maiores e mais pesados, mas não eficientes na fixação do nitrogênio, cujo desenvolvimento passou a se processar a partir do 25º dia de idade.

Em geral existe uma correlação positiva e direta entre produção de M.S. e nodulação, o que explica a tendência verificada nos resultados aqui obtidos, quando a nodulação apresentou valores mais elevados na faixa de pH entre 6,0 e 7,0.

4.2.4 - Atividade da Nitrogenase (N_2 -ase)

A análise de variância revelou para as variáveis Atividade total e Atividade específica da N_2 -ase, diferenças altamente significativas entre tratamentos, cujos valores de F alcançaram, respectivamente, 16,97 e 14,34 (Tabela 8). Por outro lado, ainda de acordo com a análise de variância, também ocorreram diferenças altamente significativas entre Variedades e Idade da colheita, para a Atividade total da N_2 -ase, com valores de F atingindo 6,93 e 131,33 respectivamente. Para a Atividade específica da N_2 -ase não se obteve diferenças significativas nem para Variedades, nem para Idade da colheita. Os coeficientes de variação foram elevados para a Atividade total da N_2 -ase (78,28 e 79,13%) e baixos para a Atividade específica (25,14 e 27,47%).

Verifica-se através das Tabelas 8 e 9, que o comportamento das variedades estudadas diferiu bastante entre os 25 e 45 dias de crescimento vegetativo. Aos 25 dias houve resposta linear aos valores de pH, para a Atividade total da N_2 -ase, enquanto que aos 45 dias a linearidade desenvolveu-se apenas até o pH 6,0 caindo bruscamente quando o pH elevou-se para 7,0. A atividade específica da N_2 -ase, muito embora em grau menos acentuado, a-

companhou também essa tendência. Os dados não surpreendem uma vez que o número de nódulos apresentou igual tendência, o que reflete uma correspondência entre nodulação e fixação de nitrogênio, em função da elevação do pH.

Os resultados obtidos confirmam alguns relatos feitos por outros autores trabalhando com leguminosas tropicais. Na Nigéria, ODU *et alii* (1971) estudaram o comportamento de *Centrosema pubescens* e *Stylosanthes gracilis* em valores de pH que variaram de 5,7 a 8,0 e verificaram que a fixação de nitrogênio foi máxima no pH 6,0. No Brasil, LAERA *et alii* (1977) relataram que vários cultivares de *Phaseolus vulgaris* vegetando em solo ácido não responderam à aplicação de sulfato de cálcio nem de molibdênio, no que concerne à fixação de N; somente com a elevação do pH para valores acima de 5,8 é que o crescimento e a fixação de N se processaram.

A quantidade de N fixado está diretamente relacionada com a massa nodular e a eficiência desses nódulos. Baixos níveis de fixação alcançados em baixos valores de pH, decorrem naturalmente, de grau de tolerância de feijoeiro à acidez. Várias hipóteses entretanto, tentam explicar o papel isolado de pH na infecção dos pelos radiculares, e que contribui para tornar bastante complexo o problema e exige estudos isolados dos fatores.

4.2.5 - Correlações

A Tabela 17 apresenta todas as correlações estudadas no ensaio de cálcio, que apresentaram valores de "r" significativos em uma ou outra época de colheita. Verifica-se através da referida Tabela, que as variedades Carioca e Rico 23 apresentaram nas duas colheitas correlação positiva significativa entre Número de nódulos x Atividade total da nitrogenase, e apenas na 2^a. colheita, aos 45 dias de idade, as mesmas variedades apresentaram correlação positiva e significativa entre Número de nódulos e Atividade específica de N_2 -ase.

A variedade Venezuela 350 foi a única a apresentar correlação significativa nas duas colheitas, entre M.S. total x pH. A variedade Carioca apresentou correlação significativa entre Número de nódulos x pH, aos 45 dias de crescimento, enquanto a Venezuela 350 teve idêntica correlação aos 25 dias de idade (Tabela 17).

Vários autores vem estudando os efeitos do pH sobre o crescimento, a nodulação e a fixação de nitrogênio pelas leguminosas. WHITEMAN (1970) encontrou para *D. uncinatum* e *M. atropurpureum*, correlação positiva entre número de nódulos e M.S. total. Outros autores também relataram correlação positiva entre M.S. total e pH em diferentes leguminosas forrageiras tropicais (ANDREW, 1976; ANDREW e JOHNSON, 1976 ; ANDREW, 1977). Os mesmos autores relataram correlações entre % de plantas noduladas e pH (valores correspondentes a 4,0 ; 4,5 ; 5,0 e 6,0). RICE *et alii* (1977) de-

envolvendo estudos em *Medicago sativa* L. e *Trifolium pratense* L. relataram que a produção relativa e a nodulação da alfafa responderam linearmente à elevação do pH até o valor 6,0; a partir daí manteve-se inalterável com a elevação do pH ao valor 7,5.

4.3 - Efeito do Cálcio e Solução salina

4.3.1 - Peso da matéria seca (M.S.)

Consoante os valores de F encontrados, registraram-se diferenças altamente significativas entre Tratamentos para as variáveis peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca da raiz, peso da matéria seca nodular e peso total da matéria seca. A análise de variância revelou ainda, para todas as variáveis, diferenças também altamente significativas entre Idade de corte, cujos valores de F alcançaram, respectivamente, 433,31; 592,90 ; 762,35 e 572,22. Ocorreram também diferenças entre Variedades, para as variáveis peso da M.S. da raiz (1%), peso da M.S. nodular (5%) e peso da M.S. total (1%), tendo sido encontrados valores de F da seguinte ordem: 21,45 ; 3,28 e 5,36 .

Através das Tabelas 10 e 11, pode-se verificar que os coeficientes de variação foram razoáveis e se situaram entre 34,90 e 46,30%. O peso da M.S. da raiz e da parte aérea reagiu quase linearmente, nas duas idades de colheita, até à dose de 1,25 mM de Ca, caindo bruscamente com a dose mais elevada, que correspondeu a 2,5 mM Ca. Comparando-se as médias alcançadas no tratamento 0,5 mM Ca com aquelas obtidas no tratamento 0,5 mM Ca + NaCl,

verifica-se que todas as variáveis, com exceção de M.S. nodular do feijoeiro aos 25 dias de idade, foram altamente beneficiadas com a adição de solução salina (NaCl).

Vários autores têm admitido a importância da solução salina no crescimento e nodulação das leguminosas. Segundo MALAVOLTA (1976), o sódio é geralmente o constituinte principal dos solos salinos, e como tal, tem efeito adverso no crescimento de muitas espécies vegetais, enquanto o cloro participa da operação do fotosistema II da fotossíntese. Esta afirmação sobre a importância do Cl^- foi contestada por TERRY (1977), isolando cloroplastos da beterraba açucareira. Segundo BALASUBRAMANIAN e SINHA (1976) em *Vigna sinensis* e *Vigna aureus*, o número de nódulos e o peso da M. S. nodular foram reduzidos sob condições salinas, em concentrações equivalentes a 26 , 55 e 145 mM de NaCl. Admitiram os mesmos autores que o sal suprime a formação dos nódulos, mas o desenvolvimento posterior não é afetado. Os resultados obtidos no presente trabalho, com 5 mM de NaCl para a colheita aos 25 dias de idade, confirmam tal observação, cujos reflexos incidiram também na atividade da nitrogenase (N_2 -ase). Concentrações muito elevadas de NaCl (40 mM) podem reduzir drasticamente o peso da M.S. das folhas (WIGNARAJAH *et alii*, 1975a).

Baixas doses de Ca afetam o metabolismo do N, impedindo a absorção e a assimilação do nitrato, o encurvamento dos pelos radiculares e o crescimento do filamento de infecção. O Ca interfere também na migração dos carboidratos, o que contribuiu para a baixa produção de M.S. das plantas submetidas a doses baixas.

Por outro lado, doses excessivas dificultam a absorção da K e a fetam a disponibilidade de certos micronutrientes (MALAVOLTA, 1976), o que sugere uma explicação para o efeito negativo causado por doses mais elevadas de Ca (2,5 mM/l).

4.3.2 - Nitrogênio e Cálcio absorvidos

Tendo em vista os valores de F encontrados, ocorreram diferenças altamente significativas entre Tratamentos para as variáveis % de N da parte aérea, % de N da raiz, % de N total e mg de N/planta. A análise de variância também revelou diferenças altamente significativas entre Idade de colheita para todas as variáveis, cujos valores de F alcançaram 516,29 ; 340,30 ; 1030,39 e 297,68. Registraram-se ainda diferenças altamente significativas entre Variedades para a % de N da parte aérea (F = 26,85), % de N da raiz (F = 34,69) e % de N total (F = 7,97).

Os coeficientes de variação encontrados para as quatro variáveis foram baixos, situando-se entre 9,42 e 18,03% (Tabela 11).

Para os percentuais de Ca na parte aérea e na raiz (Tabela 11) , além das diferenças altamente significativas entre tratamentos, a análise de variância revelou diferenças altamente significativas entre Idade de corte para as duas variáveis (F = 59,05 e 192,38). A variável % de Ca da parte aérea apresentou também interação Tratamentos x Variedades, significativa (F = 1,94), ao passo que a % de Ca na raiz apresentou diferença altamente signi

ficativa entre variedades ($F = 7,64$) e para a interação $T \times V$ ($F = 5,16$).

Os coeficientes de variação revelaram boa precisão experimental e se situaram entre 13,31 e 18,72% (Tabela 11-A).

Verifica-se através das Tabelas 10 e 11 que as concentrações de Ca na parte aérea e na raiz elevaram-se com o aumento das doses de Ca, tanto aos 25 como aos 45 dias de idade de colheita, ao passo que o teor de N apresentou uma tendência à diminuição. Idênticos resultados foram obtidos por outros autores em diferentes leguminosas (LONERAGAM, 1959 ; BANATH *et alii*, 1966; ANDREW, 1976). Os níveis de Ca e N encontrados no presente trabalho, tanto na parte aérea como na raiz, em ambos os estádios vegetativos se situam dentro dos valores encontrados por outros autores (GALLO e MIYASAKA, 1961 ; HAAG *et alii*, 1967 ; FRANCO e DOBEREINER, 1968 ; HIROGE *et alii*, 1970).

O Ca é relativamente imóvel, não se redistribuindo com facilidade para o resto da planta (MALAVOLTA *et alii*, 1974), o que justifica a presença de elevadas concentrações na parte aérea e na raiz, paralelamente às altas doses aplicadas. Com relação ao N, cujos níveis apresentaram uma tendência à redução em presença de altas doses de Ca, pode ser sugerido um provável efeito de diluição do nutriente, em função da maior produção de matéria seca.

4.3.3 - Nodulação

De acordo com os valores de F obtidos, as variáveis número de nódulos e peso médio dos nódulos apresentaram diferenças altamente significativas e razoáveis coeficientes de variação, situando-se entre 25,25 e 46,61% (Tabela 11).

A análise de variância revelou ainda diferenças altamente significativas para Idade de colheita para ambas as variáveis ($F = 266,59$ e $467,34$). Para a variável número de nódulos ocorreram também diferenças entre Variedades ($F = 15,68$) e para a interação Tratamentos x Variedades ($F = 2,06$). Para a variável peso médio dos nódulos o valor de F (21,27) revelou diferenças altamente significativas entre Variedades.

Verifica-se através das Tabelas 10 e 11, que todas as variedades responderam bem à elevação das doses de cálcio até 1,25 mM, declinando a nodulação em função da dose mais elevada (2,5 mM) em ambos os estádios vegetativos, com exceção da variedade Venezuela 350 aos 45 dias de idade. O número de nódulos (dados transformados para $\sqrt{x + 1,00}$) elevou-se de 8,815 para 11,404 (30%), enquanto o peso médio em mg foi reduzido de 1,53 para 1,10 (30%). Segundo LONGERI e ALLEN (1970), concentrações de Ca e Mg inferiores a 1 ppm, 0,025 mM/l e 0,04 mM/l podem comprometer o crescimento das bactérias, mas em níveis muito elevados reduzem-no. Em *Trifolium subterraneum*, 0,035 a 0,7 mM de Ca aumentou em três vezes a porcentagem de plantas noduladas e treze vezes o número de nódulos/planta (LOWTHER e LONERAGAN, 1970). Concentrações de cálcio inferiores a 0,2 mM inibiram a nodulação de *Medicago sativa* (MUNNS, citado por ANDREWS, 1977).

O fato observado em relação ao declínio da nodulação com 2,5 mM de Ca, não pode ser atribuído, para as variedades Carioca e Rico 23, somente ao cálcio. ANDREW e JOHNSON (1976) verificaram que leguminosas muito sensíveis ao baixo pH, tiveram pobre nodulação independente das doses de Ca (0,125 e 2,0 mM), o que sugere forte interação pH x Ca. Em verdade, a variedade Venezuela 350, apresentou nodulação bem inferior às demais na faixa de pH entre 5,0 e 6,0 para cair mais drasticamente nos valores de pH entre 6,0 e 7,0. Com relação aos níveis crescentes de Ca a mesma variedade respondeu linearmente ao aumento das doses. FRANCO e DOBEREINER (1968) admitiram que doses baixas de Ca, diminuem o número mas aumentam o peso dos nódulos.

A nodulação foi afetada pelas doses mais elevadas de Ca (2,5 mM/l). Tal resultado pode ser considerado normal já que acompanhou a produção de M.S. Correlações entre M.S. e nodulação são frequentemente citadas na literatura, muito embora existam diferenças entre variedades, também observadas no presente trabalho.

4.3.4 - Atividade da Nitrogenase (N_2 -ase)

Em função dos valores de F encontrados, como se verifica na Tabela 11, tanto a Atividade total como a Atividade específica da nitrogenase, revelaram diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T). Os coeficientes de variação pelas razões expostas anteriormente, foram elevados para a Atividade total (72,19 e 66,19%), mas satisfatórios para a Atividade específica

da nitrogenase (29,21 e 24,05%). A análise de variância também revelou diferenças altamente significativas para a Atividade total, entre Variedades ($F = 6,11$), para a interação $T \times V$ ($F = 4,73$ e entre Idade da colheita ($F = 161,80$). Com relação a Atividade específica, houve diferença apenas significativa para a interação $T \times V$ ($F = 1,98$) e altamente significativa para Idade de colheita ($F = 194,86$).

Verifica-se através das Tabelas 10 e 11 que tanto a Atividade total como a Atividade específica da nitrogenase apresentaram um pico correspondente ao Tratamento de 0,25 mM de Cálcio, onde a Atividade foi máxima para as três variedades com 45 dias de idade. Aos 25 dias de crescimento vegetativo, o pico de maior Atividade total e específica foi no tratamento correspondente a 0,5 mM para as variedades Carioca e Rico 23. A variedade Venezuela 350 apresentou maior Atividade total também com 0,5 mM de Ca e maior Atividade específica com 0,05 mM. Os níveis de fixação do Nitrogênio alcançados estiveram dentro dos limites obtidos nos demais experimentos e relatados por outros autores (RUSCHEL e RUSCHEL, 1975 ; HALLIDAY, 1976 ; RUSCHEL e SAITO, 1977).

Os valores obtidos para a atividade total e específica da nitrogenase, refletem, dentro de certos limites, o efeito do Ca sobre a nodulação. Algumas discrepâncias são normais e ocorrem em função do maior ou menor grau de eficiência nodular. Vários autores (LONERAGAN, 1972 ; ANDREW, 1977) relataram que a eficiência nodular está sujeita a amplas variações entre estirpes de *Rhizobium* e variedades de plantas, em função da presença do Ca e da interação pH x Ca.

4.3.5 - Correlações

A Tabela 18 demonstra todas correlações significativas estudadas no experimento sobre níveis crescentes de Ca. Verifica-se na referida Tabela que existem uma correlação positiva e significativa para todas as variedades estudadas, em ambas as idades de colheita, entre % de Ca na parte aérea x % de Ca na raiz. A variedade Venezuela 350 foi a única a apresentar correlação positiva significativa entre número de nódulos e níveis de cálcio, e entre número de nódulos e Atividade total da nitrogenase, aos 45 dias de idade. A mesma variedade apresentou isoladamente, correlação positiva e significativa entre % de Ca na parte aérea e número de nódulos, e entre % de Ca na raiz e número de nódulos, também aos 45 dias de crescimento.

As três variedades estudadas apresentaram aos 45 dias de idade, correlação positiva significativa entre as Atividades total e específica da nitrogenase.

Outra particularidade da variedade Venezuela 350, disse respeito à correlação apresentada entre M.S. nodular e Atividade total da N_2 -ase aos 45 dias de desenvolvimento vegetativo.

4.4 - Efeito do Fósforo

4.4.1 - Peso da Matéria Seca (M.S.)

Verifica-se através dos valores de F obtidos na Tabela 13, que ocorreram diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T), para as variáveis peso da matéria seca da raiz e peso a M.S. nodular. Os coeficientes de variação foram baixos e se situaram entre 20,19 e 36,62% (Tabela 13). As variáveis peso da M.S. da parte aérea e peso da M.S. total não apresentaram diferenças entre Tratamentos.

A análise de variância revelou ainda diferenças altamente significativas entre Variedades (V) e entre Idade de colheita, com valores de F, 6,07 e 362,09 para a M.S. da parte aérea; para a M.S. da raiz, com valores de F alcançando 7,87 e 265,33 ; com relação à M.S. nodular ocorreram diferenças altamente significativas para a interação T x V ($F = 3,41$) e entre Idade de colheita ($F = 510,22$); também o peso da M.S. total apresentou diferenças altamente significativas entre Variedades ($F = 5,45$) e entre Idade de colheita ($F = 420,50$).

Verifica-se através das Tabelas 12 e 13 que as variedades estudadas responderam à aplicação de doses crescentes de P, mas não apresentaram resposta linear; além do mais o comportamento entre Variedades dentro de um mesmo tratamento foi bastante diferente em ambas as idades de colheita. Respostas à aplicação de fósforo na produção da matéria seca, são comuns na literatura.

Ocorre, que as doses empregadas no experimento foram baixas, situando-se entre 0,31 e 18,75 ppm. GOEPFERT (1972) obteve correlação linear entre o rendimento do feijoeiro e doses crescentes de P até 20 ppm. Com doses mais elevadas vários autores obtiveram maiores produções de matéria seca (KOLLING *et alii*, 1974; WHITEAKER *et alii*, 1976).

O fósforo desempenha papel importante na fotossíntese como fonte geradora de energia sob a forma de ATP, além de estimular e enraizamento e o perfilhamento das plantas. As melhores respostas com relação às doses de P estudadas, foram obtidas na 1.^a colheita, aos 25 dias de idade, o que confirma relatos de vários autores sobre a maior importância da adubação fosfatada no estabelecimento, ou seja nas primeiras fases de crescimento das plantas (JONES, 1974 ; WHITEAKER *et alii*, 1976).

4.4.2 - Nitrogênio e fósforo absorvidos

Na Tabela 13-A, verifica-se que todas as variáveis relacionadas com teores de P e N, e N total absorvido, apresentaram diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T) e apresentaram baixos coeficientes de variação (C.V.), indicando boa precisão experimental. A análise de variância revelou ainda diferenças significativas entre Variedades (V) para % de N da parte aérea ($F = 5,60$), % de N da raiz ($F = 38,29$), % de N total ($F = 11,37$), mg de N/planta ($F = 3,38$), % de P na parte aérea ($F = 9,36$) e % de P na raiz ($F = 4,57$). As variáveis % de P na parte

aérea, % de P na raiz e mg de N/planta apresentaram diferenças altamente significativas entre idade de colheita, cujos valores de F foram, respectivamente, 1.216,53 ; 186,97 e 543,70. A interação T x V apresentou diferenças significativas para todas as variáveis, com exceção de mg de N/planta, e os valores de F se situaram entre 2,11 e 10,78.

Vários autores admitiram que os teores de N e P da parte aérea aumentam com as doses crescentes de fósforo aplicadas (ANDREW e ROBINS, 1969 ; JONES, 1974 ; KOLLING *et alii*, 1976). No presente trabalho tal fato ocorreu somente em relação à porcentagem de P, como se verifica nas Tabelas 12 e 13. A quantidade de N total absorvido, sendo função do teor de N e do peso da matéria seca, manteve-se dentro do comportamento dessas duas variáveis. SAITO e RUSCHEL (1976) também não obtiveram aumento do teor de N da parte aérea do feijoeiro decorrente da presença do fósforo, embora a nodulação tenha sido favorecida.

Segundo ANDREWS (1977) existem poucos dados com experimentos detalhados que expliquem a relação entre níveis de P e % de N na parte aérea acompanhada de uma maior produção de matéria seca. Com efeito, EIRA *et alii*, citados pelo referido autor estudaram a influência do fósforo em várias leguminosas tropicais, verificando que *M. atropurpureum* apresentou aumento no teor de N, enquanto *G. wightii* e *S. gracilis* tiveram redução. Os teores de N e P no presente ensaio situaram-se nos limites encontrados na literatura (ALMEIDA *et alii*, 1973 ; AMARAL, 1975).

A não elevação dos teores de N em decorrência do aumento das doses de P, amplamente registrada na literatura, pode ser atribuída à insuficiência da simbiose Leguminosa - *Rhizobium*, ou à baixa ação sinérgica do N, uma vez que o crescimento da planta, avaliado através do peso da M.S. também foi afetado.

4.4.3 - Nodulação

À luz dos valores de F encontrados (Tabela 13), tanto o número de nódulos como o peso médio dos nódulos apresentaram diferenças altamente significativas (1%) entre tratamentos, enquanto os coeficientes de variação encontrados foram baixos para a variável número de nódulos (21,51 e 22,17%) e altos (69,35 e 77,54) para o seu peso médio.

A análise de variância revelou ainda diferenças altamente significativas entre Variedades e Idade de colheita ($F = 15,27$ e $97,52$) para número de nódulos, e significativas ($F = 3,75$) e altamente significativas ($F = 37,56$) para Variedades e Idade de colheita com relação ao peso médio.

Verifica-se através das Tabelas 12 e 13, que o fósforo influenciou a nodulação nas duas idades de colheita, muito embora a resposta não tenha sido linear. Vários autores relataram aumento do número de nódulos e do peso com a elevação do suprimento de fósforo (MOOY e PESEK, 1966; ALMEIDA *et alii*, 1973; SAITO e RUSCHEL, 1976; ANDREW, 1977).

A nodulação, dentro de certos limites, acompanhou o desenvolvimento da planta, o que já era esperado. O suprimento de P gerou energia sob a forma de ATP, transferiu parte dessa energia para atender o crescimento da planta, mas a quantidade restante não foi suficiente para uma maior nodulação, o que justifica serem as leguminosas bastante exigentes em fósforo.

4.4.4 - Atividade da Nitrogenase (N_2 -ase)

Considerando-se os valores de F obtidos e apresentados na Tabela 13, registraram-se diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T), para as variáveis Atividade total e Atividade específica da nitrogenase.

A análise de variância revelou ainda diferença significativa entre Variedades ($F = 3,95$) para a Atividade total da N_2 -ase, entre Idade de colheita ($F = 68,03$) e para a interação Tratamentos x Variedades ($F = 2,08$) para a variável Atividade específica da nitrogenase. Os coeficientes de variação estiveram dentro dos limites permissíveis para a natureza do experimento e as variáveis em estudo, e se situaram entre 28,58 e 67,38%.

Verifica-se através das Tabelas 12 e 13, que a fixação de N alcançou valores maiores com as doses mais elevadas de fósforo. Tais resultados já eram esperados uma vez que tanto o peso da M.S. nodular como o número de nódulos tiveram idêntico comportamento. Na maioria dos casos, o N fixado, está na dependência do tecido nodular formado (DOBEREINER *et alii*, 1966), mas o número de nódulos

los nem sempre é um bom índice de avaliação da eficiência da simbiose (FRANCO e DOBEREINER, 1968).

Os níveis de fixação de N, avaliada através da Atividade da nitrogenase, estiveram dentro dos limites relacionados nos demais experimentos e confirmados por outros autores (GRAHAM e HALLIDAY, 1976 ; RUSCHEL e SAITO, 1977).

A atividade da nitrogenase também foi comprometida pelo suprimento de P, mas se manteve dentro do potencial da massa nodular formada. Os resultados obtidos corroboram relatos de diversos autores (DOBEREINER *et alii*, 1966) e demonstram a necessidade de avaliação do estudo nutricional da planta, já que o grau de absorção do P e também do N e K está na dependência da idade da planta, o que justifica o emprego da adubação fosfatada parcelada, isto é, na formação, e depois, em cobertura.

4.4.5 - Correlações

A Tabela 19 revela as variáveis que foram estudadas para efeito de correlação. Verifica-se que as variáveis, Peso da M. S. total e Peso da M.S. nodular não apresentaram correlação significativa com os níveis de fósforo estudados aos 25 e 45 dias de crescimento vegetativo. Por outro lado, observa-se que a Atividade específica da nitrogenase não revelou correlação significativa para nenhuma das variedades estudadas, com os níveis de P aplicados nas duas idades de colheita (Tabela 19).

Com relação à Atividade total da N_2 -ase e as doses de P, constata-se através da Tabela 19, que houve correlação positiva e significativa para a variedade Carioca. Ainda na mesma Tabela, verifica-se que a variedade Carioca apresentou correlação significativa entre M.S. nodular x M.S. total nas duas colheitas efetuadas.

A variedade Venezuela 350 isoladamente, apresentou aos 25 e 45 dias de idade, correlação significativa entre número de nódulos e Atividade total da nitrogenase. A variedade Rico 23 apresentou uma única correlação, Atividade total x Atividade específica, quando colhida com 25 dias de idade.

Vários autores obtiveram correlações idênticas, estudando leguminosas tropicais submetidas a níveis crescentes de fósforo. ALMEIDA *et alii* (1973) obtiveram correlação linear significativa entre peso da M.S. nodular e níveis de fósforo. KOLLING *et alii* relataram uma correlação significativa entre o peso da M.S. total, em siratro e desmódio submetidas a níveis crescentes de fósforo. Os mesmos autores obtiveram ainda correlação significativa com as duas leguminosas forrageiras, entre peso da M.S. dos nódulos x mg de N/planta. MOOY e PESEK (1966) relataram a existência de correlação significativa entre níveis de fósforo e número de nódulos, e entre peso da matéria fresca nodular e níveis de fósforo.

4.5 - Efeito do Alumínio e manganês na solução nutritiva e au sência de Ferro e Molibdênio

4.5.1 - Peso da Matéria seca (M.S.)

Verifica-se através da Tabela 15, consoante os valores de F encontrados, que registraram-se diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T), para as variáveis Peso da matéria seca da parte aérea, da raiz, dos nódulos e peso da M.S. total. Os coeficientes de variação (C.V.) foram satisfatórios em função dos tratamentos aplicados, situando-se entre 19,53 e 41,32%.

Por outro lado, a análise de variância revelou ainda diferenças entre Variedades (V), $F = 4,88$, entre Idade de colheita ($F = 29,54$), e para a interação $T \times V$ ($F = 3,59$), com relação à variável M.S. da parte aérea. Para o peso da M.S. da raiz, tivemos diferenças altamente significativas entre Idade de colheita ($F = 95,17$) e entre Variedades (V), onde F alcançou 21,77. A interação $T \times V$ também registrou diferenças significativas ($F = 2,04$). A produção de M.S. nodular apresentou diferenças altamente significativas apenas entre as colheitas ($F = 201,61$), enquanto a M.S. total revelou diferenças entre Variedades ($F = 86,92$), entre Idade de colheita ($F = 71,79$) e para a interação $T \times V$ ($F = 2,15$).

Verifica-se através das Tabelas 14 e 15, que o peso da matéria seca das diferentes partes vegetativas do feijoeiro foi drasticamente afetado pela presença do Al e do Mn, em grau mais ou menos acentuado, em função da concentração dos referidos elementos na solução nutritiva.

A influência do Al sobre o desenvolvimento da planta, principalmente os danos causados à raiz, é reconhecida por vários autores (FOY *et alii*, 1967 ; RUSCHEL *et alii*, 1968 ; MALAVOLTA, 1976). Segundo ANDREW (1977), parte dos trabalhos realizados envolve elevadas concentrações de Al na solução (40 a 50 ppm), o que torna pouco em comum com os níveis encontrados na solução do solo, que raramente excedem de 4 ppm.

As diferenças registradas no presente trabalho com relação às variedades e a tolerância do Al, são comumente registradas na literatura (KAMP RATH e FOY, 1971). Com 2 ppm de Al, *D. uncinatum* reduziu significativamente seu crescimento, enquanto *M. lathyroides*, *L. bainesii* e *S. humilis*, não tiveram a produção de M.S. afetada.

Verifica-se ainda que a parte aérea foi mais afetada do que a raiz, em relação ao peso da matéria seca (M.S.) da variedade Venezuela 350, que apresentou reduções de 61,3 e 60%, respectivamente, confirmando relato de vários autores (RUSCHEL *et alii*, 1968 ; ANDREW e BERG, 1973). As elevadas reduções obtidas referem-se às doses mais elevadas de Al (10 ppm). Com 7 ppm, RUSCHEL *et alii* (1968) registraram diferenças de 45 e 44%, respectivamente para a parte aérea e raiz, enquanto FOY *et alii* (1972) com 8 ppm, detectaram reduções de 47 e 41% para ambas as partes da planta.

Todas as variedades estudadas apresentaram elevadas concentrações de Al, tanto para parte aérea, como na raiz, cujos valores segundo REIS (1978), alcançaram 640 a 1.020 ppm, e 1.550 a 6.430 ppm, respectivamente. Concentrações também bastante e-

levadas foram observadas por RUSCHEL *et alii* (1968) com 1 a 7 ppm de Al, onde os números elevaram-se de 200 a 900 ppm na parte aérea e 1.300 a 9.500 ppm na raiz.

Observa-se nas Tabelas 14 e 15, que todas as variáveis estudadas em relação ao peso da M.S. foram severamente prejudicadas pela presença do Mn (10 e 20 ppm) na solução, principalmente a massa nodular que atingiu valores iguais a zero (0). A variedade Venezuela 350 aos 45 dias de idade, foi a mais prejudicada, com reduções de 87 e 89%, respectivamente para o peso da M.S. da parte aérea e da raiz. ANDREW e HEGARTY (1969) relataram maiores reduções na parte aérea do que na raiz, enquanto SOUTO e DOBEREINER (1969) admitiram que a M.S. nodular foi mais atingida do que o número de nódulos. Com 40 ppm de Mn, o crescimento do feijão e da soja foram também bastante afetados DOBEREINER, 1966).

O ensaio sobre manganês, revelou nas primeiras semanas, evidentes sintomas de toxidez, os quais evoluíram rapidamente para uma sintomatologia característica de deficiência de Fe induzida pelo excesso de Mn, confirmando assim os relatos de diferentes autores (SOMERS e SHIVE, 1942 ; MALAVOLTA *et alii*, 1974 ; MALAVOLTA, 1976).

Com relação às ausências do Fe e do Mo, verifica-se (Tabelas 14 e 15), que somente aos 45 dias o peso da matéria seca foi afetado. Todavia, nenhum sintoma característico da deficiência desses micronutrientes, foi apresentado pelas plantas, o que nos levou a inferir que fatores outros adversos, principalmente a infestação maciça de ácaros brancos, tenha comprometido o de-

envolvimento da planta. Com efeito, as folhas ficaram bastante afetadas, perderam a cor verde característica da presença da clorofila, comprometendo evidentemente, o suprimento de produtos da fotossíntese.

Os carboidratos sintetizados podem ser utilizados diretamente para o crescimento da parte aérea, ou translocados para manter o metabolismo das raízes e nódulos, imprescindíveis à fixação do nitrogênio.

As condições experimentais não nos permitem afirmar categoricamente, que as plantas estiveram em completa ausência de Fe, não obstante o emprego de água diionizada no preparo da solução.

Tais restrições também são feitas para o tratamento menos Mo. Ocorre, que vários autores (MEACHER *et alii*, 1952 ; HEWITT e SMITH, 1975) admitiram que as reservas de Mo presentes na semente, ultrapassam em dez vezes o total necessário ao crescimento da planta, podendo inclusive persistir por duas gerações. Análises procedidas por DANTAS (1978) revelaram existir 0,62 a 1,64 ppm de Mo nas sementes das variedades estudadas. O referido pesquisador revelou que o feijoeiro aos 45 dias, apresentou 0,50 a 1,94 ppm na parte aérea e 0,41 a 0,53 ppm na raiz; aos 25 dias os valores alcançaram 0,64 a 0,97 e 0,79 a 1,36 ppm, respectivamente.

Plantas supridas com 1 a 5 ppm de Mo, são consideradas suficientemente supridas (JONES, 1968).

4.5.2 - Nodulação e Atividade da Nitrogenase

Os valores de F obtidos no experimento (Tabela 15) revelaram diferenças altamente significativas entre Tratamentos (T) para as variáveis número de nódulos, peso médio dos nódulos, atividade total e atividade específica da nitrogenase. Os coeficientes de variação apresentados na mesma Tabela, se situaram entre 23,02 e 59,03%. Para a variável número de nódulos, também ocorreram diferenças significativas entre Variedades (F = 8,58) e para a interação Tratamentos x Variedades (F = 2,52). Para o peso médio, a análise de variância detectou diferenças entre Variedades (F = 10,97), entre Idade de colheita (F = 119,61) e para a interação T x V (F = 5,08). A análise de variância revelou ainda diferenças altamente significativas entre variedades para as variáveis Atividade total (F = 5,08) e Atividade específica da N_2 -ase (F = 5,99), e entre Idade de colheita (F = 53,65 e 825,41) para ambas as variáveis.

A presença do Al afetou a nodulação e a fixação de N, sendo que aos 45 dias, não obstante a presença de grande número de nódulos de elevado peso médio (Tabela 15), não houve fixação de nitrogênio, revelando ineficiência nodular em relação à atividade da nitrogenase.

Os danos causados pelo Al à raiz, reduzindo a nodulação e comprometendo a simbiose leguminosa *Rhizobium*, além de inibir o desenvolvimento dos pelos radiculares, impedem evidentemente a fixação de nitrogênio (RORISON, citado por RUSCHEL *et alii*, 1968; KAMPRATH e FOY, 1971).

Os níveis de Mn estudados (10 e 20 ppm) inibiram completamente a nodulação e a atividade da nitrogenase, como se verifica nas Tabelas 14 e 15.

Verifica-se através da Tabela 14, que as ausências do Fe e do Mo não afetaram a nodulação, nem a fixação do nitrogênio das variedades de *Phaseolus vulgaris* estudadas, aos 25 dias de crescimento vegetativo. Na 2.^a colheita, a nodulação foi bastante afetada em ambos os tratamentos, quando comparados com o tratamento completo.

A luz dos argumentos levantados no item anterior com relação às condições experimentais da casa de vegetação, há evidências para se sugerir que a não fixação de N do tratamento menos Fe, foi devida à redução do suprimento de carboidratos da parte aérea para o sistema radicular.

Com relação ao molibdênio, há fortes evidências para se sugerir que o suprimento existente nas sementes foi suficiente para assegurar a nodulação e a fixação do N, avaliada através da atividade da nitrogenase. Relatou ANDREW (1962), que as quantidades de Mo exigidas para a fixação simbiótica do N atmosférico, são bem superiores às aquelas exigidas para o próprio crescimento da leguminosa. Plantas deficientes em Mo, apresentam pouca nodulação, aumento do tamanho dos nódulos e alteração da sua cor e formato (KLIEWER e KENNEDY, 1960; FREIRE e VIDOR, 1971), o que não foi verificado no presente trabalho. Segundo WERNER e MATTOS (1974), a adição de 0,250 kg/ha de Mo, proporcionou à soja peregrina, variedade comum (*Glycine wightii* Willd.) aumentos signifi-

cativos na produção de M.S., peso dos nódulos, % de N e produção de N total por vaso. Empregando 5 kg/ha de molibdato de sódio, RUSCHEL *et alii* (1966) relataram que o molibdênio diminuiu o número de nódulos, mas aumentou a quantidade de N fixado por nódulo. Em outro ensaio, onde o Mo foi aplicado ao revestimento da semente, RUSCHEL *et alii* (1969) relataram que o Mo aumentou significativamente o nitrogênio porcentual e total da planta.

4.5.3 - Correlações

Objetivando mais levantar hipóteses para futuros trabalhos do que tirar conclusões definitivas, procedeu-se um estudo comparativo de todas as variáveis estudadas neste experimento e as possíveis correlações existentes entre si. Considerando a profundidade do trabalho, apresentamos através das Tabelas 20 a 26, todas as correlações significativas encontradas em uma ou outra idade de colheita, nas três variedades de feijoeiro estudadas. Vários autores (RUSCHEL *et alii*, 1966 ; RUSCHEL *et alii*, 1969 ; BORGES *et alii*, 1974 ; WERNER e MATTOS, 1974 ; SAITO e RUSCHEL, 1977) relataram a existência de interações significativas entre macro e micronutrientes, e entre vários micronutrientes, o que sugere a necessidade de estudos amplos e completos com ensaios de subtração, baseados sempre na análise do sistema solo-planta para determinação das exigências nutricionais da planta. Segundo MALAVOLTA (1976), a relação entre micronutrientes, matéria orgânica e microrganismos é um campo quase totalmente inexplora-

do, por falta de conhecimento da estrutura completa dos ácidos únicos e fúlvico e da velocidade de decomposição e renovação desses materiais no solo.

Todavia, o conhecimento das funções dos micronutrientes no metabolismo, seja associado com microrganismos, plantas ou animais avançou consideravelmente nos últimos dez anos; sua participação nos eventos metabólicos mais importantes, tais como respiração, fotossíntese, fixação de N_2 e assimilação de nitratos e sulfatos, é sem dúvida, evidente (NICHOLAS, 1975).

Verifica-se nas Tabelas 20 a 26, que de um modo geral, o peso da M. S. nodular e o peso da M. S. total representam parâmetros valiosos na avaliação da fixação do nitrogênio, e esta segue o desenvolvimento da planta, diminuindo à medida que a função clorofiliana vai cessando (DOBEREINER *et alii*, 1966 ; RUSCHEL e REUSZER, 1973).

TABELA 6 - Efeito das doses crescentes de N na nodulação, fixação de nitrogênio e peso da matéria seca do feijoeiro aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM N-NO ₃ /	Atividade da N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio dos nódulos (mg)	Peso da matéria seca					N		
	Total	Específica			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	mg/*** planta
1. de solução												
CARIOCA												
0,0	0,291	1,275	7,982	0,800	0,345	0,100	49,97	0,492	1,552	1,945	1,640	0,857
0,3	0,274	1,333	8,374	0,627	0,367	0,150	45,57	0,560	2,367	2,015	2,425	1,050
0,6	0,273	1,503	6,282	0,612	0,422	0,152	24,25	0,597	2,177	2,145	2,392	1,092
1,2	0,107	1,337	7,301	0,245	0,615	0,185	12,95	0,812	2,880	2,260	2,735	1,335
3,0	0,102	1,909	6,479	0,080	1,067	0,225	3,40	1,300	3,892	3,042	3,745	1,681
RICO - 23												
0,0	0,227	1,498	6,284	0,582	0,227	0,105	22,07	0,352	1,702	1,800	1,732	0,749
0,3	0,228	1,457	5,827	0,750	0,302	0,140	25,85	0,467	2,450	1,880	2,277	0,981
0,6	0,124	1,333	6,795	0,327	0,337	0,160	14,65	0,512	2,442	2,102	2,330	1,062
1,2	0,015	0,728	4,426	0,392	0,522	0,175	4,07	0,702	2,915	2,012	2,782	1,231
3,0	0,000	0,000	4,553	0,142	0,835	0,172	2,60	1,012	3,817	3,042	3,910	1,563
VENEZUELA - 350												
0,0	0,091	0,853	3,918	1,915	0,275	0,095	22,55	0,395	1,417	1,670	1,475	0,734
0,3	0,125	1,162	5,115	0,875	0,380	0,130	22,12	0,532	2,440	2,180	2,360	1,053
0,6	0,073	1,216	5,028	0,545	0,390	0,157	11,90	0,562	2,090	1,700	1,975	1,025
1,2	0,026	1,041	4,059	0,247	0,665	0,195	3,95	0,865	2,785	2,132	2,642	1,350
3,0	0,001	0,360	3,071	0,085	0,870	0,197	0,87	1,067	3,997	2,710	3,740	1,583

(*) A atividade total da N₂-ase foi determinada em µmoles e a específica em µmoles de etileno/g de matéria seca nodular. Os dados foram transformados para log (x + 1,00).

(**) Os dados foram transformados para $\sqrt{x + 1,00}$

(***) Dados transformados para log (x + 0,00)

TABELA 7 - Efeito das doses crescentes de N na nodulação, fixação de nitrogênio e peso da matéria seca do feijoeiro aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM N-NO ₃ /	Atividade		Número de nódulos (**)	Peso médio dos nódulos (mg)	Peso da matéria seca					N	
	Total	Específica			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)
1. de solução											mg/ planta ***
CARIOCA											
0,0	0,348	1,024	9,015	1,292	0,397	0,165	104,25	0,662	1,417	1,685	1,525
0,3	1,319	2,172	10,389	1,252	0,690	0,330	133,75	1,157	2,035	1,685	1,920
0,6	0,424	1,144	11,076	0,962	0,990	0,335	116,67	1,440	2,202	1,960	2,140
1,2	0,228	0,711	13,029	0,975	1,675	0,517	134,07	2,325	2,225	2,012	2,172
3,0	0,048	0,525	6,959	0,590	3,260	0,770	27,57	4,057	2,390	2,130	2,337
RICO - 23											
0,0	0,185	1,018	7,152	0,972	0,305	0,140	47,50	0,490	1,407	1,750	1,515
0,3	0,402	1,220	8,772	1,185	0,630	0,375	89,05	1,095	2,055	1,512	1,850
0,6	0,075	0,589	8,212	0,780	0,900	0,460	53,92	1,412	2,225	1,877	2,107
1,2	0,160	0,998	7,350	1,075	1,622	0,757	66,25	2,440	2,312	1,930	2,185
3,0	0,006	0,250	6,202	0,355	3,165	0,867	12,17	4,047	2,365	1,902	2,265
VENEZUELA - 350											
0,0	0,211	0,925	7,567	1,172	0,322	0,117	57,75	0,497	1,492	1,410	1,457
0,3	0,432	1,101	8,380	1,820	0,735	0,312	110,25	1,155	2,132	1,817	2,047
0,6	0,903	1,689	7,232	1,650	1,267	0,445	139,80	1,850	2,007	1,802	1,952
1,2	0,132	0,642	6,559	1,185	1,777	0,580	61,72	2,417	2,117	2,025	2,097
3,0	0,055	0,447	4,792	0,707	3,600	0,850	20,70	4,472	2,185	2,155	2,177
F (1%)	16,672	16,022	5,628	17,194	321,538	107,735	20,11	252,901	34,054	16,091	38,604
C.V. Res (a)	88,02%	37,24%	28,19%	47,57%	20,43%	22,86%	51,35%	19,73%	21,17%	18,29%	18,60%
C.V. Res (b)	78,71%	40,80%	25,75%	50,24%	20,16%	24,07%	47,36%	19,21%	13,91%	10,65%	12,72%
D.M.S.	0,201	0,391	1,958	0,384	0,197	0,071	24,71	0,262	0,498	0,368	0,421
											284,321
											8,13%
											8,23%
											0,106

Obs.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 8 - Efeito do pH na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM N-NO ₃ / l. de solução	* Atividade da N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio dos nódulos (mg)	Peso da matéria seca						N	
	Total	Específica			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	mg/ planta
CARIOCA												
5,5 a 7,1	0,006	1,058	5,972	0,040	0,342	0,070	1,425	0,405	4,595	4,945	4,652	1,282
4,0	0,020	1,233	3,410	0,062	0,202	0,055	1,425	0,257	4,815	4,115	4,657	1,049
5,0	0,027	1,508	5,847	0,070	0,392	0,087	2,200	0,480	4,510	4,047	4,430	1,321
6,0	0,028	1,188	5,724	0,060	0,305	0,070	1,925	0,377	4,955	4,742	4,922	1,260
7,0	0,031	1,409	7,027	0,062	0,360	0,085	3,075	0,450	4,425	4,775	4,492	1,293
RICO - 23												
5,5 a 7,1	0,078	1,828	6,209	0,077	0,377	0,112	2,925	0,490	4,525	4,555	4,525	1,336
4,0	0,010	0,649	3,561	0,072	0,292	0,110	1,600	0,405	4,525	4,227	4,440	1,249
5,0	0,062	1,598	5,412	0,115	0,415	0,117	3,225	0,535	4,400	3,847	4,280	1,356
6,0	0,055	1,704	5,428	0,070	0,397	0,110	2,525	0,512	4,682	4,497	4,642	1,360
7,0	0,110	1,704	6,845	0,120	0,375	0,117	5,875	0,450	4,330	4,482	4,357	1,321
VENEZUELA - 350												
5,5 a 7,1	0,043	1,837	4,367	0,095	0,405	0,087	1,500	0,492	4,110	4,732	4,220	1,317
4,0	0,018	0,970	3,262	0,097	0,305	0,107	1,550	0,410	4,300	4,065	4,245	1,227
5,0	0,045	1,735	3,796	0,107	0,370	0,085	1,775	0,457	4,522	3,855	4,400	1,281
6,0	0,073	1,813	3,897	0,117	0,437	0,105	1,725	0,545	4,512	4,272	4,465	1,382
7,0	0,077	1,839	4,244	0,167	0,472	0,117	2,775	0,592	4,355	4,350	4,355	1,408
F (1%)	16,974	14,345	11,561	8,731	39,246	6,051	18,846	22,071	23,389	44,774	40,494	27,110
C.V. Res (a)	78,28%	25,14%	31,08%	65,31%	29,05%	39,54%	59,35%	29,29%	7,55%	8,34%	6,46%	6,78%
C.V. Res (b)	79,13%	27,47%	33,88%	63,59%	28,41%	37,88%	58,98%	28,22%	4,72%	10,10%	4,74%	6,72%
D.M.S.	0,208	0,373	1,983	0,346	0,386	0,145	20,312	0,506	0,281	0,286	0,236	0,108

Obs.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 9 - Efeito do pH na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM N-NO ₃ / l. de solução	Atividade da N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio dos nódulos (mg)	Peso da matéria seca					N		
	Total	Específica			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	mg/ planta ***
CARIOCA												
5,5 a 7,1	0,097	1,465	3,888	0,267	3,745	0,475	3,52	4,222	4,225	3,962	4,197	2,234
4,0	0,070	0,891	5,557	1,472	1,672	0,387	44,40	2,105	2,955	2,872	2,935	1,749
5,0	0,427	1,334	7,471	0,795	1,802	0,575	76,60	2,452	2,705	2,330	2,615	1,791
6,0	0,803	1,874	9,807	0,840	1,460	0,407	73,82	1,940	2,965	2,581	2,875	1,723
7,0	0,670	1,675	10,035	0,817	1,877	0,737	77,20	2,692	2,650	2,412	2,582	1,808
RICO - 23												
5,5 a 7,1	0,057	1,492	4,182	0,277	4,340	0,635	5,30	4,980	3,760	3,03	3,662	2,254
4,0	0,244	0,959	8,811	1,157	1,647	0,570	92,25	2,310	2,750	2,470	2,672	1,753
5,0	0,921	1,819	10,714	1,002	2,202	0,855	109,07	3,165	2,665	1,880	2,447	1,853
6,0	1,138	2,043	12,395	0,750	1,977	0,645	116,85	2,740	2,985	2,087	2,762	1,857
7,0	0,976	1,859	11,169	0,950	1,967	0,787	116,27	2,872	2,485	1,647	2,245	1,785
VENEZUELA - 350												
5,5 a 7,1	0,068	1,435	4,007	0,452	3,925	0,700	7,00	4,630	3,662	3,197	3,605	2,217
4,0	0,339	1,225	5,725	1,822	1,565	0,455	53,50	2,072	2,845	2,880	2,845	1,722
5,0	0,368	1,336	7,880	1,170	1,872	0,745	68,00	2,685	2,340	2,152	2,317	1,780
6,0	0,774	1,752	8,011	1,385	2,057	0,645	85,50	2,790	2,650	1,972	2,482	1,822
7,0	0,323	1,264	6,655	1,365	2,237	0,962	61,17	3,260	2,362	1,925	2,230	1,850

Obs.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 10 - Efeito de doses crescentes de cálcio na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM Ca/1 de solução)	Atividade de N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso de matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
CARIOCA								
0,01	0,004	0,936	4,372	0,090	0,705	0,097	2,05	0,802
0,05	0,040	1,443	5,260	0,097	0,735	0,097	2,87	0,832
0,25	0,108	1,601	7,076	0,150	0,700	0,105	7,05	0,812
0,50	0,194	1,917	6,729	0,142	0,667	0,090	7,12	0,762
0,5 + NaCl	0,048	1,362	5,924	0,140	0,720	0,112	4,77	0,832
1,25	0,050	1,251	5,587	0,205	0,772	0,125	7,07	0,902
2,50	0,028	1,192	5,339	0,160	0,660	0,085	4,50	0,747
RICO - 23								
0,01	0,003	1,160	3,673	0,050	0,455	0,090	1,12	0,545
0,05	0,099	1,925	4,796	0,125	0,542	0,117	2,90	0,660
0,25	0,089	1,637	5,563	0,190	0,617	0,125	5,35	0,747
0,50	0,284	1,948	6,814	0,217	0,535	0,132	9,90	0,677
0,5 + NaCl	0,029	1,250	5,506	0,140	0,607	0,140	4,22	0,752
1,25	0,097	1,456	5,704	0,205	0,612	0,125	8,42	0,745
2,50	0,033	1,200	5,663	0,160	0,597	0,135	5,35	0,737
VENEZUELA - 350								
0,01	0,014	1,055	3,704	0,150	0,462	0,097	2,20	0,560
0,05	0,065	1,888	4,487	0,105	0,537	0,100	2,05	0,637
0,25	0,089	1,631	3,883	0,332	0,565	0,112	4,95	0,682
0,50	0,284	1,772	4,585	0,125	0,502	0,112	4,70	0,620
0,5 + NaCl	0,029	1,556	4,480	0,245	0,620	0,110	4,65	0,732
1,25	0,097	1,506	5,108	0,347	0,557	0,132	8,82	0,697
2,50	0,033	1,486	4,893	0,187	0,667	0,110	4,62	0,755

•BS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

continua ...

TABELA 10 - Continuação

Tratamento (mM Ca/l. de solução)	Ca		N			
	P. aérea (%)	Raiz (%)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	mg/planta (***)
CARIOCA						
0,01	0,615	0,662	4,180	5,037	4,282	1,547
0,05	0,877	0,635	3,902	3,882	3,827	1,523
0,25	2,155	0,925	4,247	3,037	4,087	1,529
0,50	2,140	1,625	4,142	3,745	3,045	1,501
0,5 + NaCl	2,415	1,222	4,222	3,230	4,090	1,541
1,25	2,677	1,390	4,247	2,877	4,062	1,564
2,50	2,925	1,617	4,005	3,630	4,035	1,480
RICO - 23						
0,01	0,630	0,565	3,495	3,845	3,535	1,290
0,05	0,900	0,702	3,912	3,070	3,762	1,411
0,25	1,745	1,040	3,900	2,377	3,642	1,434
0,50	1,982	1,495	3,790	3,035	3,640	1,400
0,5 + NaCl	2,150	1,142	4,222	2,852	3,780	1,461
1,25	2,585	1,505	4,247	2,367	3,460	1,422
2,50	2,925	1,647	4,005	2,762	3,792	1,457
VENEZUELA - 350						
0,01	0,480	0,472	3,927	4,240	3,985	1,356
0,05	1,125	1,007	4,030	3,740	3,985	1,420
0,25	1,835	0,900	3,507	2,727	3,372	1,374
0,50	2,140	1,522	3,890	3,520	3,822	1,365
0,5 + NaCl	2,412	0,877	4,210	2,865	3,995	1,479
1,25	2,585	1,222	3,577	2,135	3,295	1,371
2,50	2,772	1,560	3,777	2,860	3,645	1,467

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 11 - Efeito de doses crescentes de cálcio na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM Ca/l. de solução)	Atividade de N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso de matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
CARIOCA								
0,01	0,0031	0,351	3,870	0,287	1,082	0,327	4,65	1,412
0,05	0,161	0,919	7,736	1,045	1,690	0,442	58,22	2,190
0,25	1,104	1,873	12,360	1,062	1,660	0,455	166,27	2,282
0,50	0,298	0,858	8,756	0,695	1,200	0,320	91,20	1,610
0,5 + NaCl	0,551	1,258	13,715	0,817	1,667	0,535	147,52	2,350
1,25	0,442	0,911	13,933	0,952	1,817	0,532	180,12	2,530
2,50	0,424	1,050	12,066	1,037	1,607	0,467	140,92	2,217
RICO - 23								
0,01	0,004	0,147	7,510	0,317	2,037	0,447	17,37	2,502
0,05	0,041	0,554	8,153	0,572	2,027	0,822	38,27	2,890
0,25	1,161	1,976	11,668	1,077	2,055	0,905	145,77	3,102
0,50	0,230	0,813	12,231	0,837	2,095	0,717	126,52	2,937
0,5 + NaCl	0,366	0,942	11,966	0,932	1,890	0,755	131,37	2,775
1,25	0,159	0,501	15,298	0,805	2,085	0,917	185,87	3,187
2,50	0,088	0,484	11,564	0,917	1,767	0,605	117,62	2,490
VENEZUELA - 350								
0,01	0,010	0,461	5,234	0,505	2,207	0,602	13,83	2,822
0,05	0,036	0,581	5,455	1,402	2,215	0,670	30,92	2,915
0,25	0,355	1,068	8,710	1,585	2,217	0,845	113,65	3,175
0,50	0,214	0,835	8,063	1,715	2,292	0,775	103,75	3,170
0,5 + NaCl	0,370	1,054	10,920	1,205	2,110	0,867	122,52	3,100
1,25	0,172	0,652	8,815	1,527	2,340	0,885	115,40	3,340
2,50	0,534	1,200	11,404	1,097	1,975	0,545	141,80	2,660

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

continua ...

TABELA 11 - Continuação

Tratamento (mM Ca/l. de solução)	Atividade de N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso de matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
F (1%)	35,975	14,511	37,437	19,830	13,521	6,292	52,175	7,630
C.V. Res (a)	72,19%	29,21%	25,35%	46,61%	38,93%	39,28%	46,30%	36,14%
C.V. Res (b)	66,19%	24,05%	25,23%	43,73%	37,66%	39,81%	45,53%	34,90%
D. M. S.	0,135	0,370	1,894	0,257	0,583	0,151	23,700	0,697

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

continua ...

TABELA 11 - Continuação

Tratamento (mM Ca/l. de solução)	Ca		N			mg/planta (***)
	P. aérea (%)	Raiz (%)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	
CARIOCA						
0,01	0,775	0,745	3,365	3,272	3,345	1,626
0,05	1,000	0,935	2,622	2,702	2,640	1,754
0,25	1,675	1,575	3,057	2,335	2,897	1,777
0,50	1,942	0,845	2,457	1,922	2,345	1,352
0,5 + NaCl	2,987	1,325	2,857	2,235	2,902	1,775
1,25	3,060	2,390	3,292	2,275	3,065	1,848
2,50	3,605	2,840	2,927	2,227	2,507	1,762
RICO - 23						
0,01	0,950	0,967	2,890	3,042	2,915	1,861
0,05	1,000	0,885	2,110	2,402	2,187	1,799
0,25	1,767	1,865	2,817	2,120	2,622	1,882
0,50	2,272	1,902	2,452	2,175	2,382	1,827
0,5 + NaCl	2,912	1,720	2,315	2,032	2,702	1,776
1,25	3,557	2,790	2,430	1,825	2,250	1,834
2,50	3,355	2,862	2,507	1,857	2,332	1,743
VENEZUELA - 350						
0,01	0,972	0,840	2,377	2,720	2,440	1,825
0,05	1,012	1,192	2,257	2,300	2,270	1,811
0,25	2,115	1,437	2,287	1,935	2,190	1,827
0,50	2,365	1,690	2,455	2,165	2,385	1,867
0,5 + NaCl	2,985	1,150	2,280	1,715	2,117	1,781
1,25	2,490	2,190	2,060	1,847	2,002	1,807
2,50	3,357	2,765	2,220	1,945	2,162	1,740
F (1%)	239,700	144,213	19,842	65,461	11,207	7,492
C.V. Res (a)	13,31%	14,50%	11,34%	13,12%	18,03%	10,03%
C.V. Res (b)	14,09%	18,72%	11,03%	11,44%	7,67%	9,42%
D.M.S.	0,308	0,223	0,408	0,404	0,626	0,176

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 12 - Efeito de doses crescentes de fósforo na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM P/l. de solução)	Atividade de N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso de matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
CARIOCA								
0,01	0,070	1,039	7,755	0,20	0,392	0,130	12,80	0,535
0,05	0,165	1,510	5,354	0,332	0,410	0,107	14,35	0,530
0,20	0,070	1,076	7,295	0,305	0,470	0,110	15,67	0,595
0,25	0,154	1,333	7,427	0,385	0,437	0,120	20,72	0,577
1,25	0,434	1,885	7,426	0,402	0,455	0,117	21,87	0,595
RICO - 23								
0,01	0,132	1,314	6,419	0,437	0,452	0,165	17,35	0,635
0,05	0,253	1,647	5,584	0,585	0,562	0,205	16,90	0,782
0,20	0,132	1,266	5,454	0,410	0,472	0,152	11,37	0,970
0,25	0,220	1,506	6,907	0,415	0,512	0,150	19,45	0,682
1,25	0,265	1,639	6,537	0,445	0,505	0,165	18,05	0,690
VENEZUELA - 350								
0,01	0,038	0,910	5,511	0,437	0,560	0,177	12,32	0,747
0,05	0,163	1,515	5,138	0,560	0,685	0,205	13,70	0,902
0,20	0,178	1,408	5,918	0,537	0,600	0,162	17,12	0,780
0,25	0,286	1,720	4,735	0,715	0,547	0,152	18,02	0,712
1,25	0,203	1,525	4,794	0,722	0,572	0,152	16,67	0,742

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 12 - Continuação

Tratamento (mM F/1. de solução	P		N			
	P. aérea (%)	Raiz (%)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	mg/planta (***)
CARIOCA						
0,01	0,227	0,317	2,842	2,325	2,710	1,163
0,05	0,747	0,697	2,765	2,320	2,670	1,126
0,20	0,655	0,977	2,530	2,412	2,505	1,183
0,25	0,955	1,197	2,897	2,042	2,720	1,200
1,25	1,087	1,737	2,927	1,990	2,732	1,216
RICO - 23						
0,01	0,267	0,272	2,825	1,927	2,680	1,242
0,05	0,745	0,865	2,927	2,097	2,695	1,332
0,20	0,665	1,067	2,790	1,962	2,582	1,230
0,25	0,960	1,160	2,732	1,930	2,525	1,245
1,25	1,107	1,685	2,747	2,067	2,580	1,258
VENEZUELA - 350						
0,01	0,215	0,305	2,902	2,032	2,687	1,315
0,05	0,685	0,650	2,927	2,085	2,732	1,392
0,20	0,602	1,037	2,797	2,185	2,667	1,319
0,25	0,942	1,120	2,890	2,025	2,725	1,298
1,25	1,122	1,667	2,742	2,032	2,590	1,289

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 13 - Efeito de doses crescentes de fósforo na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento (mM P/l. de solução)	Atividade de N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso de matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
CARIOCA								
0,01	0,068	0,780	7,057	0,650	0,880	0,352	31,55	1,265
0,05	0,157	1,130	9,658	1,150	1,225	0,412	106,82	1,742
0,20	0,084	0,665	12,997	0,527	1,147	0,387	89,42	1,622
0,25	0,283	1,021	9,861	0,870	1,107	0,352	82,52	1,542
1,25	0,283	1,002	9,001	1,170	1,242	0,392	90,75	1,727
RICO - 23								
0,01	0,167	0,968	6,874	0,940	0,907	0,510	42,65	1,457
0,05	0,292	1,012	8,950	2,145	0,997	0,555	101,00	1,652
0,20	0,142	0,836	10,162	0,637	1,037	0,365	61,67	1,452
0,25	0,472	1,447	10,874	0,705	0,960	0,417	80,40	1,457
1,25	0,319	1,012	10,069	1,225	1,055	0,525	114,85	1,697
VENEZUELA - 350								
0,01	0,063	0,483	5,734	0,930	1,132	0,580	30,75	1,742
0,05	0,114	0,922	5,983	1,665	1,112	0,472	55,90	1,642
0,20	0,186	1,283	9,961	0,777	0,990	0,327	77,15	1,392
0,25	0,279	0,913	9,955	1,227	1,327	0,597	130,20	2,030
1,25	0,203	0,824	7,625	1,317	1,115	0,492	72,60	1,680
F (1%)	24,881	61,517	97,144	16,722	2,063 ns	3,934	64,597	1,941 ns
C.V. Res (a)	67,38%	32,23%	21,51%	69,35%	22,48%	36,62%	34,88%	24,32%
C.V. Res (b)	63,05%	28,58%	22,17%	77,54%	20,19%	33,54%	34,26%	21,52%
D.M.S.	0,113	0,327	1,429	0,451	0,187	0,119	13,794	0,290

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 13 - Continuação

Tratamento (mM P/l. de solução)	P		N			
	P. aérea (%)	Raiz (%)	P. aérea (%)	Raiz (%)	Total (%)	mg/planta (***)
CARIOCA						
0,01	0,200	0,165	3,260	2,467	3,032	1,580
0,05	0,407	0,605	2,727	2,927	2,802	1,667
0,20	0,695	1,125	2,665	1,780	2,457	1,576
0,25	0,485	1,600	2,620	2,295	2,542	1,578
1,25	0,515	2,655	2,440	2,522	2,460	1,611
RICO - 23						
0,01	0,182	0,150	2,762	2,235	2,617	1,561
0,05	0,375	0,770	2,627	2,097	2,400	1,577
0,20	0,682	1,690	2,852	1,897	2,605	1,572
0,25	0,472	1,467	2,557	1,997	2,382	1,524
1,25	0,640	2,692	2,552	2,015	2,380	1,581
VENEZUELA - 350						
0,01	0,167	0,137	2,772	2,007	2,512	1,640
0,05	0,372	0,772	1,797	2,310	1,942	1,494
0,20	0,592	1,905	2,980	1,747	2,610	1,545
0,25	0,457	1,600	2,352	2,155	2,295	1,648
1,25	0,502	2,282	2,325	1,975	2,212	1,549
F (1%)	1356,180	1495,140	73,112	13,100	78,845	3,417
C.V. Res (a)	8,64%	10,51%	9,85%	8,22%	8,08%	7,21%
C.V. Res (b)	8,22%	12,41%	8,76%	9,09%	7,56%	6,08%
D.M.S.	0,044	0,103	0,257	0,177	0,201	0,104

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 14 - Efeito de doses crescentes de alumínio e manganês, e ausência de ferro e molibdênio, na nodu-
lação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 25
dias de crescimento vegetativo

Tratamento	Atividade de N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso de matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
CARIOCA								
5 ppm Al	0,138	1,226	6,977	0,520	0,632	0,727	24,57	0,877
10 ppm Al	0,054	1,326	3,246	0,670	0,457	0,147	6,22	0,610
10 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,282	0,125	0,00	0,407
20 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,200	0,075	0,00	0,275
- Fe	0,350	1,430	8,872	0,632	0,580	0,240	48,27	0,872
- Mo	0,349	1,566	7,429	0,637	0,707	0,265	34,77	1,002
Completo	0,347	1,462	8,398	0,630	0,672	0,262	43,07	0,977
RICO - 23								
5 ppm Al	0,144	1,217	7,524	0,452	0,537	0,302	24,57	0,860
10 ppm Al	0,026	0,785	4,501	0,472	0,425	0,215	9,27	0,647
10 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,272	0,117	0,00	0,390
20 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,195	0,105	0,00	0,300
- Fe	0,228	1,264	9,419	0,437	0,642	0,352	40,52	1,035
- Mo	0,206	1,297	8,105	0,470	0,725	0,345	30,12	1,097
Completo	0,184	1,247	7,614	0,460	0,655	0,322	29,10	1,005
VENEZUELA								
5 ppm Al	0,073	1,094	5,412	0,582	0,515	0,287	17,10	0,817
10 ppm Al	0,041	1,027	4,351	0,582	0,607	0,262	10,07	0,880
10 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,275	0,135	0,00	0,410
20 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,202	0,072	0,00	0,275
- Fe	0,212	1,265	7,128	0,637	0,655	0,302	31,62	0,990
- Mo	0,168	1,270	5,720	0,737	0,672	0,335	24,60	1,030
Completo	0,125	1,404	5,780	0,710	0,765	0,330	23,22	1,117

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 15 - Efeito de doses crescentes de alumínio e manganês, e ausência de ferro e molibdênio, na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento	Atividade da N ₂ -ase		Número de nódulos	Peso médio nódulos (mg)	Peso da matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
CARIOCA								
5 ppm Al	0,000	0,000	8,307	0,912	0,605	0,367	60,47	1,032
10 ppm Al	0,000	0,000	4,910	1,580	0,615	0,237	33,35	0,897
10 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,287	0,107	0,00	0,395
20 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,177	0,065	0,00	0,242
- Fe	0,000	0,000	7,572	1,400	0,902	0,377	76,85	1,357
- Mo	0,219	1,122	7,896	0,962	0,432	0,346	61,12	0,860
Completo	0,224	0,908	8,331	1,382	0,782	0,397	93,85	1,275
RICO - 23								
5 ppm Al	0,000	0,000	6,440	0,887	0,582	0,420	54,45	1,047
10 ppm Al	0,000	0,000	3,042	0,952	0,450	0,292	9,20	0,750
10 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,627	0,215	0,00	0,842
20 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,202	0,090	0,00	0,292
- Fe	0,000	0,000	9,694	0,902	0,877	0,480	84,07	1,442
- Mo	0,197	0,992	7,754	1,115	0,740	0,612	66,77	1,405
Completo	0,192	0,860	10,294	0,862	0,905	0,585	91,42	1,582
VENEZUELA - 350								
5 ppm Al	0,000	0,000	5,748	0,805	0,725	0,425	25,82	1,177
10 ppm Al	0,000	0,000	4,820	0,640	0,467	0,255	16,37	0,985
10 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,345	0,135	0,00	0,480
20 ppm Mn	0,000	0,000	1,000	0,000	0,160	0,067	0,00	0,227
- Fe	0,000	0,000	6,401	1,860	0,917	0,465	71,22	1,452
- Mo	0,352	1,247	6,199	2,212	0,717	0,397	76,20	1,190
Completo	0,335	0,992	9,849	1,390	1,207	0,635	127,57	1,972

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

continua ...

TABELA 15 - Continuação

Tratamento	Atividade da N ₂ -ase		Número de nódulos (**)	Peso médio nódulos (mg)	Peso da matéria seca			
	Total (*)	Específica (*)			P. aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)
F (1%)	82,123	256,130	155,722	68,450	105,500	89,273	106,728	86,920
C.V. Res (a)	59,03%	25,26%	24,05%	41,69%	19,53%	24,37%	41,32%	23,00%
C.V. Res (b)	50,61%	23,02%	23,39%	41,29%	20,80%	23,56%	37,45%	20,92%
D. M. S.	0,623	0,157	1,316	0,275	0,114	0,072	13,843	0,211

OBS.: A legenda é a mesma da Tabela 6

TABELA 16 - Coeficientes de correlação significativas encontradas em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva e submetidas a níveis crescentes de nitrogênio nítrico

Variáveis estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias		2. ^a Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	0,945 *	y = 0,085 + 0,004 x		Não significativa
M.S. nodular x mg N/planta	0,922 *	y = 1,596 - 0,014 x		Não significativa
M.S. total x Ativ. específica da N ₂ -ase	0,894 *	y = 0,941 + 0,704 x		Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x mg N/planta	0,971 *	y = 1,846 - 3,182 x		Não significativa
Ativ. espec. da N ₂ -ase x mg N/planta	0,908 *	y = - 64,684 + 57,880 x		Não significativa
M.S. total x mg N/planta		Não significativa	0,942 *	y = 0,923 + 0,278 x
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica		Não significativa	0,992 *	y = 0,505 + 1,287 x
RICO - 23				
M.S. nodular x Ativ. específica da N ₂ -ase	0,912 *	y = 0,210 + 0,054 x	0,882 *	y = 0,157 + 0,012 x
M.S. total x mg N/planta	0,987 *	y = 0,409 + 1,161 x	0,934 *	y = 0,893 + 0,290 x
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	0,919 *	y = 0,348 + 5,167 x	0,894 *	y = 0,430 + 2,326 x
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	0,992 *	y = - 0,026 + 0,010 x		Não significativa
M.S. total x Ativ. total da N ₂ -ase	0,890 *	y = 0,350 - 0,381 x		Não significativa
M.S. total x Ativ. específica da N ₂ -ase	0,989 *	y = 2,412 - 2,378 x		Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x mg N/planta	0,895 *	y = 1,409 - 2,246 x		Não significativa
Ativ. espec. da N ₂ -ase x mg N/planta	0,968 *	y = 1,573 - 0,473 x		Não significativa

continua ...

TABELA 16 - Continuação

Variáveis estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias "r" Equação de regressão	2. ^a Colheita: 45 dias "r" Equação de regressão
VENEZUELA - 350		
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	0,955 *	y = 0,004 + 0,005 x
M.S. nodular x Ativ. específica da N ₂ -ase	Não significativa	0,913 *
M.S. nodular x mg N/planta	0,901 *	y = - 0,164 + 0,006 x
M.S. nodular x M.S. total	0,936 *	0,922 *
M.S. total x mg N/planta	0,984 *	y = 0,237 + 0,009 x
M.S. total x Ativ. total da N ₂ -ase	0,899 *	Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x Atividade específica	Não significativa	Não significativa
Nº de nódulos x Ativ. específica da N ₂ -ase	0,935 *	y = 0,903 + 0,268 x
		0,979 *
		y = 0,484 + 1,373 x
		Não significativa

M.S. = peso da matéria seca

TABELA 17 - Coeficientes de correlação significativas encontradas em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva e submetida a diferentes valores de pH

Variáveis estudadas	1ª colheita: 25 dias		2ª colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,991 *	y = - 0,101 + 0,030 x	0,972 *	y = - 0,720 + 0,147 x
Nº de nódulos x Ativ. específica da N ₂ -ase		Não significativa	0,971 *	y = - 0,177 + 0,197 x
Nº de nódulos x pH		Não significativa	0,961 *	y = 0,688 + 0,585 x
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica		Não significativa	0,999 *	y = 0,784 + 1,338 x
RICO - 23				
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	0,962 *	y = - 0,011 + 0,021 x	0,978 *	y = - 2,838 + 0,034 x
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,998 *	y = 0,009 + 0,003 x	0,966 *	y = - 1,941 + 0,256 x
M.S. nodular x Ativ. específica de N ₂ -ase		Não significativa	0,974 *	y = - 2,800 + 0,041 x
Nº de nódulos x Ativ. espec. da N ₂ -ase		Não significativa	0,956 *	y = - 1,684 + 0,311 x
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica		Não significativa	0,999 *	y = 0,665 + 1,226 x
VENEZUELA - 350				
M.S. total x Ativ. total da N ₂ ase	0,968 *	y = - 0,108 + 0,323 x		Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x pH	0,960	y = 3,114 + 44,901 x		Não significativa
Nº de nódulos x pH	0,967 *	y = - 6,168 + 3,071 x		Não significativa
M.S. total x pH	0,902 *	y = - 2,268 + 15,502 x	0,969 *	y = - 1,419 + 2,561 x
M.S. nodular x Ativ. espec. da N ₂ -ase		Não significativa	0,965 *	y = 0,244 + 0,017 x
Ativ. total da N ₂ ase x Ativ. específica		Não significativa	0,991 *	y = 0,892 + 1,112 x

M.S. = peso da matéria seca

TABELA 18 - Coeficientes de correlação significativas encontradas em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva e submetidas a níveis crescentes de cálcio na forma de cloreto

Variáveis estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias		2. ^a Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
% de Ca na parte aérea x % de Ca na raiz	0,939 *	y = 0,317 + 0,394 x	0,996 *	y = 0,240 + 0,720 x
% de Ca na raiz x níveis de cálcio	0,957 *	y = - 1,621 + 2,326 x	0,939 *	y = - 1,069 + 1,108 x
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,988 *	y = - 0,169 + 0,039 x	Não significativa	
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	0,887 *	y = 1,017 + 5,786 x	0,962 *	y = 0,486 + 1,251 x
% de Ca na parte aérea x níveis de cálcio	Não significativa		0,949 *	y = - 0,825 + 0,809 x
M.S. nodular x M.S. total	Não significativa		0,879 *	y = 1,587 + 0,005 x
M.S. total x Nº de nódulos	Não significativa		0,918 *	y = - 9,123 + 8,990 x
RICO - 23				
% de Ca na parte aérea x % de Ca na raiz	0,987 *	y = 0,217 + 0,520 x	0,983 *	y = 0,294 + 0,743 x
% de Ca na parte aérea x Nº de nódulos	0,889 *	y = 3,644 + 0,853 x	0,881 *	y = 6,171 + 2,195 x
% de Ca na raiz x níveis de cálcio	0,914 *	y = - 1,425 + 2,049 x	Não significativa	
M.S. nodular x M.S. total	0,886 *	y = 0,561 + 0,027 x	Não significativa	
M.S. nodular x % de Ca na parte aérea	0,909 *	y = 0,304 + 0,297 x	Não significativa	
M.S. total x Nº de nódulos	0,997 *	y = - 1,854 + 10,064 x	Não significativa	
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	Não significativa		0,984 *	y = 0,316 + 1,432 x

continua ...

TABELA 18 - Continuação

Variáveis estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias		2. ^a Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
VENEZUELA - 350				
M.S. total x % de Ca na parte aérea	0,960 *	y = - 6,750 + 12,768 x		Não significativa
M.S. total x % de Ca na raiz	0,946 *	y = - 2,445 + 5,219 x		Não significativa
% de Ca na parte aérea x % de Ca na raiz	0,908 *	y = 0,369 + 0,377 x	0,958 *	y = 0,219 + 0,737 x
% de Ca na raiz x níveis de cálcio	0,881 *	y = - 1,610 + 2,347 x	0,968 *	y = - 1,423 + 1,327 x
% de Ca na raiz x Nº de nódulos		Não significativa	0,972 *	y = 2,740 + 3,075 x
% de Ca na parte aérea x níveis de cálcio		Não significativa	0,924 *	y = - 1,125 + 0,974 x
% de Ca na parte aérea x Nº de nódulos		Não significativa	0,993 *	y = 2,883 + 2,533 x
% de Ca na p. aérea x Ativ. total da N ₂ -ase		Não significativa	0,904 *	y = - 0,171 + 0,198 x
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase		Não significativa	0,945 *	y = - 0,420 + 0,081 x
Nº de nódulos x Níveis de cálcio		Não significativa	0,889 *	y = - 2,097 + 0,367 x
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica		Não significativa	0,979 *	y = 0,477 + 1,422 x
M.S. nodular x % de Ca na parte aérea		Não significativa	0,959 *	y = 0,565 + 0,017 x
M.S. nodular x % de Ca na raiz		Não significativa	0,880 *	y = 0,680 + 0,012 x
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase		Não significativa	0,894 *	y = - 0,068 + 0,003 x

M.S. = peso da matéria seca

TABELA 19 - Coeficientes de correlação significativas encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva e submetidas a níveis crescentes de fósforo

Variáveis estudadas	1. ^a colheita: 25 dias "r" Equação de regressão	2. ^a colheita: 45 dias "r" Equação de regressão
CARIOCA		
% P na raiz x M.S. total	0,996 * y = 0,524 + 0,041 x	Não significativa
M.S. nodular x M.S. total	0,972 * y = 0,439 + 0,007 x	0,969 * y = 1,052 + 0,007 x
Atividade total da N ₂ -ase x Níveis de P	0,974 * y = - 0,349 + 3,593 x	Não significativa
% P na parte aérea x Ativ. total da N ₂ -ase	Não significativa	0,955 * y = - 0,086 + 0,706 x
M.S. nodular x Ativ. espec. da N ₂ -ase	Não significativa	0,983 * y = 0,637 + 0,004 x
RICO - 23		
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	0,988 * y = 0,969 + 2,561 x	Não significativa
VENEZUELA - 350		
% P na parte aérea x Nº de nódulos	0,965 * y = 5,694 - 0,877 x	Não significativa
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,959 * y = 1,567 - 0,276 x	0,971 * y = - 0,185 + 0,048 x
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	0,904 * y = 0,851 + 3,280 x	Não significativa
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	Não significativa	0,986 * y = - 0,038 + 0,003 x

M.S. = peso da matéria seca

TABELA 20 - Coeficientes de correlação significativas encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva completa (solução "arranque" padrão)

Variedades estudadas	1ª Colheita: 25 dias		2ª Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
M.S. parte aérea x M.S. nodular	0,988 *	y = 16,030 + 40,215 x		Não significativa
M.S. nodular x M.S. total	0,988 *	y = - 0,378 + 0,031 x		Não significativa
M.S. raiz x M.S. nodular	0,971 *	y = - 0,254 + 4,693 x		Não significativa
RICO - 23				
M.S. nodular x Peso médio dos nódulos	0,988 *	y = 0,203 + 0,009 x		Não significativa
M.S. nodular x nº de nódulos		Não significativa	0,953 *	y = - 1,054 + 1,182 x
P.M. dos nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,976 *	y = - 1,088 + 3,694 x		Não significativa
M.S. total x Ativ. total da N ₂ -ase		Não significativa	0,974 *	y = - 3,781 + 2,745 x
VENEZUELA - 350				
M.S. total x Ativ. total da N ₂ -ase	0,970 *	y = - 3,142 + 3,425 x		Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	0,992 *	y = 2,753 + 36,931 x		Não significativa
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase		Não significativa	0,984 *	y = - 0,352 + 0,016 x

M.S. = peso da matéria seca

P.M. = peso médio

TABELA 21 - Coeficientes de correlação significativas encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva com a presença de 5 ppm de alumínio

Variedades estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias		2. ^a Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
M.S. parte aérea x M.S. raiz	0,953 *	y = - 0,163 + 0,690 x		Não significativa
M.S. raiz x M.S. total	0,974 *	y = - 0,310 + 4,360 x		Não significativa
M.S. nodular x N° de nódulos	0,993 *	y = - 15,062 + 2,678 x		Não significativa
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	0,976 *	y = 0,065 + 0,013 x		Não significativa
N° de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,984 *	y = 0,137 + 0,005 x		Não significativa
RICO - 23				
M.S. nodular x M.S. total	0,967 *	y = 1,211 - 0,014 x	0,958 *	y = 0,384 + 0,012 x
VENEZUELA - 350				
M.S. parte aérea x Peso médio dos nódulos	0,970 *	y = - 0,729 + 2,548 x		Não significativa
M.S. nodular x n° de nódulos	0,961 *	y = 3,678 + 1,510 x		Não significativa
M.S. = Peso da matéria seca				

TABELA 22 - Coeficientes de correlação significativas encontradas em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva na presença de 10 ppm de alumínio

Variedades estudadas	1ª Colheita: 25 dias		2ª Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
M.S. parte aérea x M.S. raiz	0,951 *	y = - 0,000 + 0,393 x		Não significativa
M.S. parte aérea x M.S. total	0,995 *	y = - 0,034 + 1,408 x		Não significativa
M.S. raiz x M.S. total	0,977 *	y = 0,008 + 4,078 x		Não significativa
RICO - 23				
M.S. parte aérea x M.S. raiz	0,981 *	y = - 0,039 + 0,600 x		Não significativa
M.S. parte aérea x M.S. total	0,997 *	y = - 0,019 + 1,569 x		Não significativa
M.S. raiz x M.S. total	0,989 *	y = 0,100 + 2,546 x		Não significativa
Nº de nódulos x ativ. total da N ₂ -ase	0,995 *	y = - 0,060 + 0,006 x		Não significativa
VENEZUELA - 350				
M.S. parte aérea x M.S. total	0,975 *	y = 0,018 + 1,419 x		Não significativa
Nº de nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,984 *	y = - 0,011 + 0,006 x		Não significativa
P.M. de nódulos x Ativ. espec. da N ₂ -ase	0,995 *	y = 23,160 - 22,186 x		Não significativa
M.S. nodular x M.S. total		Não significativa	0,989 *	y = 0,273 + 0,043 x
M.S. nodular x Nº de nódulos		Não significativa	0,993 *	y = 6,409 + 1,044 x
M.S. total x Nº de nódulos		Não significativa	0,965 *	y = 0,776 + 23,070 x

M.S. = peso da matéria seca
P.M. = peso médio

TABELA 23 - Coeficiente de correlação significativos encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva com a presença de 10 ppm de manganês

Variedades estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias	
	"r"	Equação de regressão
CARIOCA		
M.S. parte aérea x M.S. raiz	0,983*	$y = 0,055 + 0,245 x$
M.S. parte aérea x M.S. total	0,999 *	$y = 0,055 + 1,245 x$
M.S. raiz x M.S. total	0,989 *	$y = - 0,210 + 4,944 x$
RICO - 23		
M.S. parte aérea x M.S. raiz	0,977 *	$y = 0,057 - 0,220 x$
M.S. parte aérea x M.S. total	0,999 *	$y = 0,057 + 1,220 x$
M.S. raiz x M.S. total	0,985 *	$y = - 0,236 + 5,333 x$

M.S. = peso da matéria seca

Obs.: As plantas não resistiram até o 45º dia, quando se realizaria a 2.^a colheita.

TABELA 24 - Coeficientes de correlação significativos encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva com a presença de 20 ppm de manganês

Variáveis estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias	
	"r"	Equação de regressão
CARIOCA		
M.S. parte aérea x M.S. total	0,991 *	$y = - 0,001 + 1,380 x$
RICO - 23		
M.S. parte aérea x M.S. total	0,956 *	$y = - 0,012 + 1,600 x$
VENEZUELA - 350		
M.S. parte aérea x M.S. total	0,999 *	$y = - 0,000 + 1,359 x$
M.S. parte aérea x M.S. raiz	0,997 *	$y = - 0,000 + 0,359 x$
M.S. raiz x M.S. total	0,998 *	$y = 0,001 + 3,767 x$

M.S. = peso da matéria seca

Obs.: As plantas não resistiram até o 45º dia, quando se realizaria a 2.^a colheita.

TABELA 25 - Coeficientes de correlação significativos encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva na ausência de ferro

Variedades estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias		2. ^a Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
P.M. dos nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,981 *	y = 2,076 - 1,316 x		Não significativa
RICO - 23				
M.S. parte aérea x M.S. nodular	0,998 *	y = - 107,620 + 230,576 x		Não significativa
P.M. dos nódulos x Ativ. espec. da N ₂ -ase	0,986 *	y = 41,214 - 53,410 x		Não significativa
VENEZUELA - 350				
M.S. nodular x Ativ. total da N ₂ -ase	0,986 *	y = - 0,610 + 0,040 x		Não significativa
M.S. total x Nº de nódulos	0,977 *	y = - 36,181 + 88,315 x	0,995 *	y = - 51,544 + 63,886 x
M.S. nodular x Ativ. espec. da N ₂ -ase	0,994 *	y = - 8,038 + 0,862 x		Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica da N ₂ -ase	0,996 *	y = 5,126 + 21,030 x		Não significativa
M.S. raiz x Nº de nódulos	0,997 *	y = - 50,333 + 335,813 x		Não significativa

M.S. = peso da matéria seca

P.M. = peso médio

TABELA 26 - Coeficientes de correlação significativos encontrados em variedades de feijoeiro cultivadas em solução nutritiva na ausência de molibdênio

Variáveis estudadas	1. ^a Colheita: 25 dias		2. ^a Colheita: 45 dias	
	"r"	Equação de regressão	"r"	Equação de regressão
CARIOCA				
M.S. parte aérea x Ativ. espec. da N ₂ -ase	0,987 *	y = 119,787 - 114,512 x		Não significativa
M.S. total x ativ. espec. da N ₂ -ase	0,974 *	y = 104,871 - 65,937 x		Não significativa
RICO - 23				
M.S. parte aérea x P.M. dos nódulos	0,964 *	y = - 0,045 + 1,535 x		Não significativa
M.S. parte aérea x Ativ. Total da N ₂ -ase	0,996 *	y = - 1,479 + 2,911 x		Não significativa
M.S. parte aérea x Ativ. espec. da N ₂ -ase	0,965 *	y = -44,819 + 90,337 x		Não significativa
M.S. total x Ativ. total da N ₂ -ase	0,977 *	y = - 1,387 + 1,840 x		Não significativa
Ativ. total da N ₂ -ase x Ativ. específica	0,973 *	y = 1,011 + 31,150 x		Não significativa
VENEZUELA - 350				
P.M. dos nódulos x Ativ. total da N ₂ -ase	0,979 *	y = - 2,013 + 3,421 x		Não significativa

M.S. = peso da matéria seca

P.M. = peso médio

5 - CONCLUSÕES

À luz dos resultados obtidos no presente trabalho através dos diferentes experimentos, e após submetê-los à análise estatística, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a) - Diferenças entre as variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) estudadas, respectivamente, Carioca, Rico 23 e Venuela 350, foram frequentes em ambas as idades de colheita (25 e 45 dias), sendo que, invariavelmente, o estágio vegetativo influenciou o peso da matéria seca, a nodulação e a fixação de nitrogênio;

- b) - As doses crescentes de nitrogênio sob a forma de nitrato (0 a 3,0 mM/l) administradas ao feijoeiro, afetaram a nodulação e a atividade total da N_2 -ase, reduzindo-as, mas a atividade específica da N_2 -ase, o peso da matéria seca e a quantidade de N absorvido, elevaram-se aos 25 dias de crescimento vegetativo;
- c) - Aos 45 dias de crescimento vegetativo, a nodulação (número de nódulos e peso da matéria seca) aumentou até a dose de 1,2 mM de $N-NO_3^-$ (16,8 ppm), para cair bruscamente com 3,0 mM de $N-NO_3^-$ (42 ppm). A atividade da nitrogenase, tanto total como específica, apresentou valores maiores com 0,3 mM de $N-NO_3^-$, ao passo que o peso da matéria seca (parte aérea, raiz e total) e o nitrogênio total absorvido responderam linearmente às doses crescentes de nitrogênio. Em ambas as idades, foi confirmada a necessidade de "dose de arranque" de N, necessária ao desenvolvimento inicial da planta, muito embora os níveis de tais exigências tenham diferido entre as variedades;
- d) - Todas as variedades estudadas foram drasticamente afetadas pelo pH, e as melhores respostas com relação ao peso da matéria seca, nodulação e fixação de N, foram obtidas à medida que o pH alcançou os limites da neutralidade (pH = 7,0), em ambos os estádios vegetativos. Entretanto, aos 45 dias de idade, todas as três variedades apresentaram os maiores valores para a atividade da nitrogenase, tanto total como específica, com o pH 6,0;

- e) - Doses elevadas de Ca, 2,5 mM (100 ppm) beneficiaram a nodulação e a fixação de nitrogênio, avaliada através da atividade da nitrogenase, somente na variedade Venezuela 350 com 45 dias de idade, não se registrando tal tendência com relação ao N absorvido. Considerando-se que o peso da matéria seca, total e nodular, são expressivos índices de avaliação da fixação de N, admite-se que 1,5 mM (50 ppm), nas condições experimentais do presente trabalho, pode ser considerada a dose ideal. A solução salina não afetou as variáveis estudadas, devido à baixa dose empregada. Os teores de Ca na parte aérea e na raiz elevaram-se com o aumento das doses de N, não sendo acompanhada tal tendência com o N absorvido pela planta;
- f) - As variedades estudadas não responderam linearmente às doses de fósforo estudadas (0,01 a 1,25 mM/l) e apresentaram um comportamento bastante diferente nas duas idades de crescimento vegetativo. Aos 25 dias de idade, tanto a nodulação, como o peso da M.S. e a atividade da nitrogenase, apresentaram valores mais elevados com doses mais altas (0,25 e 1,25 mM), confirmando-se a importância deste elemento no desenvolvimento inicial da planta, nem sempre beneficiando a nodulação ou a fixação do Nitrogênio. Em ambas as idades os teores de P na parte aérea e na raiz elevaram-se com as doses de P, mas somente a raiz apresentou uma maior tendência à linearidade;

- g) - Nas doses estudadas, todas as variedades foram afetadas pela presença do Al e do Mn, principalmente com relação ao sistema radicular, o que comprometeu o peso da M.S., a nodulação e a fixação de nitrogênio.
- h) - As reservas de Mo existentes nas sementes do feijoeiro, são suficientes para assegurar o pleno desenvolvimento da planta, a nodulação e a fixação do nitrogênio;
- i) - Devido às injúrias sofridas pelas plantas submetidas ao tratamento menos Fe, nenhuma conclusão pode ser tirada do referido ensaio;
- j) - O peso da M.S. nodular e o peso da M.S. total podem ser considerados como valiosos índices de avaliação da fixação de nitrogênio pelo feijoeiro;
- k) - A fixação do nitrogênio acompanhou sempre o desenvolvimento da planta, o que sugere a necessidade de novos estudos em estádios vegetativos mais avançados afim de que sejam avaliados os limites da atividade da nitrogenase, os quais representarão um parâmetro importante na avaliação da potencialidade de fixação de nitrogênio pelo feijoeiro.
- l) - Os vários fatores aqui estudados em solução nutritiva, sob condições controladas, demonstram a necessidade de se prosseguir em tais estudos, como meta prioritária, antecedendo

outras hipóteses de trabalho em ensaios de campo, e envolvem variedades conhecidas e de boa aceitação comercial.

- m) - Os dados obtidos sugerem que nas condições de campo a baixa fixação de nitrogênio molecular pelo feijoeiro, traduzida nas respostas à adição desse elemento como adubo, podem se explicar pelo menos em parte devido à ação e interação de diversos fatores a saber: baixa concentração de N combinado, insuficiente para o "arranque", acidez excessiva e baixos níveis de cálcio e fósforo, altos teores de Al e Mn.

6 - RESUMO

Três variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Carioca, Rico 23 e Venezuela 350, foram cultivadas em solução nutritiva em experimentos conduzidos em casa de vegetação, sob condições controladas e duas idades de colheita, aos 25 e 45 dias de crescimento vegetativo. Foram realizados cinco ensaios, através dos quais estudou-se o efeito da presença de níveis crescentes de N-NO_3^- combinado (0 ; 0,3 ; 0,6 ; 1,2 e 3,0 mM/l de solução), o efeito do pH (4,0 ; 5,0 ; 6,0 e 7,0), o efeito de níveis crescentes de Cálcio (0,01 ; 0,05 ; 0,25 ; 0,50 ; 1,25 e 2,50 mM/l de solução), o efeito da presença de solução salina (5,0 mM de NaCl), o efeito de níveis crescentes de Fósforo (0,01 ; 0,5 ; 0,20 ; 0,25 e 1,25 mM/l de solução) a toxidez do Al (5 e 10 ppm) e do Mn (10 e 20 ppm) e as ausências do Ferro e Molibdênio.

Estimativas de produção foram feitas através do peso da Matéria Seca (M.S.) da parte aérea, da raiz, dos nódulos e M.S. total. A nodulação foi avaliada através do número de nódulos e do peso médio dos nódulos. A fixação do N foi determinada através da atividade da nitrogenase avalia-se pelo método de redução do acetileno e, pelas determinações dos teores de N na raiz e parte aérea, além da quantidade total de N absorvido (mg/planta). Nos ensaios de Ca e P, procedeu-se à determinação dos teores dos referidos elementos na parte aérea e na raiz.

Em todos os ensaios, a análise de variância detectou diferenças significativas entre Tratamentos, entre Variedades e entre Idade de colheita, para a quase totalidade das variáveis estudadas. Doses elevadas de N-NO_3^- (3,0 mM) inibiram a nodulação e a fixação de N, mas aumentaram o peso da M.S. total e a quantidade de N absorvido, enquanto doses de "arranque" (0,3 a 1,2 mM) aumentaram a nodulação e a fixação de N. Todas as variedades estudadas apresentaram uma tendência à melhor comportamento nos valores de pH 6,0 e 7,0 ao passo que o pH 4,0 reduziu drasticamente o peso da M.S., a nodulação e a fixação de N. Os resultados obtidos com os diferentes níveis de Ca estudados apresentaram uma tendência para se sugerir o melhor tratamento como sendo 1,25 mM/litro (50 ppm), embora persistam diferenças entre Variedades, e para a interação Tratamentos x Variedades, em algumas variáveis estudadas.

Não houve resposta linear ao Fósforo, mas aos 25 dias de idade, as exigências foram maiores. Os teores de Ca e P, na parte aérea e na raiz, elevaram-se à medida que as concentrações

dos referidos elementos aumentaram, mas a quantidade de N absorvido não acompanhou essa tendência.

Nas doses estudadas, tanto o Al (5 e 10 ppm) como o Mn (10 e 20 ppm), afetaram o desenvolvimento do sistema radicular, inibindo a nodulação, a fixação de N e a produção de matéria seca. As injúrias sofridas pelas plantas em decorrência do ataque de ácaros, prejudicou o tratamento menos Fe, não permitindo que fosse tirada qualquer conclusão.

As reservas de Mo existentes nas sementes do feijoeiro, foram e mais possíveis contaminações suficientes para o desenvolvimento da planta, simbiose e fixação de nitrogênio. A presença da solução salina (5,0 mM de NaCl) não afetou nenhuma das variáveis estudadas.

7 - SUMMARY

Three bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) were grown in nutrient solution during 2 periods, 25 and 45 days.

The effects of: combined N (as NO_3^- at the levels of 0 , 0.3 , 0.6 , 1.2 and 3.0 mM/l) , pH (4.0 , 5.0 , 6.0 and 7.0) , Ca supply (0.01 , 0.05 , 0.25 , 0.50 , 1.25 and 2.50 mM/l), salinity (5.0 mM NaCl) , P supply (0.01 , 0.05 , 0.20 , 0.25 and 1.25 mM/l) , Al toxicity (5 and 10 ppm) , Mn toxicity (10 and 20 ppm) , and Fe and Mo deficiencies on growth of nodules, N_2 -fixation were studied and numeral composition (Ca and P experiments only) were studied.

The main conclusions were the following:

Growth was promoted by increasing the level of combined N ; only the starter treatments (0.3 and 1.2 mM/l) promoted no dulation and N_2 -fixation as determined by nitrogenase activity (acetylene reduction technique).

Higher dry matter production was observed at pH 6.0-7.0 whereas at pH 4.0 poor growth could be ascribed to low N_2 -fixation.

A favourable Ca effect on the parameters under study was observed up to the level of 1.25 mM/l.

A non linear response to P supply was also verified.

Excess Al and Mn did cause inhibition on nodulation, small root growth and N_2 -fixation.

No effect was observed in the minus Mo treatments.

Mite infestation in the minus Fe treatment did not allow for conclusions to be drawn.

Varietal differences were observed.

8 - LITERATURA CITADA

- ADAMS, M.W. 1973. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean: In: Potentials of field bean and other food legumes in Latin America. Cali, Colombia, CIAT, p. 266-278.
- ALMEIDA, D.L. ; G.G. PESSANHA e A.F. PENTEADO. 1973. Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Pesq. agropec. bras. 8: 127-130.
- AMARAL, F.A.L. 1975. Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio de 104 variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) ESALQ/USP, 11 p. (Tese de Doutorado).
- ANDREW, C.S. e D.O. NORRIS. 1961. Comparative responses to Calcium of five tropical and four temperate pasture legume species. Aust. J. agric. Res. 12: 40-55.

- ANDREW, C.S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: Commonwealth Organization. Division of Tropical Pastures. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures; a symposium. Bull. 46, Australia, p. 130-146.
- ANDREW, C.S. e M.P. HEGARTY. 1969. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Aust. J. agric. Res. 20 (4): 587-696.
- ANDREW, C.S. e M.F. ROBINS. 1969a. The effect of Phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. Aust. J. agric. Res. 20: 665-674.
- ANDREW, C.S. e M.F. ROBINS 1969b. The effect of Phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, Calcium, Magnesium, Potassium, and Sodium contents. Aust. J. agric. Res. 20: 675-685.
- ANDREW, C.S. e P.J. VANDEN BERG. 1973. The influence of Aluminium on phosphate absorption by whole plants and excised roots of some pasture legumes. Aust. J. agric. Res. 24 (3): 341-351.
- ANDREW, C.S. 1976. Effect of Calcium, pH and Nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Nodulation and growth. Aust. J. agric. Res. 27 (5): 611-625.
- ANDREW, C.S. e A.D. JOHNSON. 1976. Effect of Calcium, pH and Nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. II. Chemical Composition (Calcium, Nitrogen, Potassium, Magnesium, Sodium and Phosphorus). Aust. J. agric. Res. 27 (5): 626-637.

- ANDREW, C.S. 1977. Legumes and Acid Soils. In: Int. Symposium on the limitations and potentials of biological nitrogen fixation in the tropics. Brasília, 26 p.
- APPLEBY, C.A. 1974. Leghemoglobin. In: QUISPEL, A. The Biology of Nitrogen Fixation. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam. p. 521-554.
- AYOUB, A.T. 1974. Effect of calcium on sodium salinization of Beans. (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Exp. Bot. 25 (85): 245-252.
- BALASUBRAMANIAN, V. e S.K. SINHA. 1976. Effects of salt stress on growth, nodulation and nitrogen fixation in Cowpea and Mung Beans. Physiol Plant. 36 (2): 197-200.
- BANATH, C.L. ; E.A.N. GREENWOOD e J.F. LONERAGAN. 1966. Effect of Calcium deficiency on symbiotic nitrogen fixation. Plant Physiol. 41 (1): 760-763.
- BEN-ZIONI, A. ; C. ITAI e Y. VAADIA. 1967. Water and salt stressed, kinetin and protein synthesis in tobacco leaves. Plant Physiol. 42: 361-365.
- BERGERSEN, F.J. 1971. The central reactions of nitrogen fixation. Plant Soil. Spec. Vol. 512-523.
- BERGERSEN, F.J. 1973. Symbiotic Nitrogen fixation by Legumes. In: BUTLER, G.W. e R.W. BAILEY. Chemistry and Biochemistry of Herbage. Vol. 2. Academic Press, London New York. p 189-226.
- BERNSTEIN, I. e G. OGATA. 1966. Effects of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of soybeans and alfafa. Agronomy J. 58: 201-203.

- BORGES, A.C. ; J.R. JARDIM FREIRE e J.A. BRAGA. 1974. Experimento sobre efeito da calagem, Molibdênio, Enxofre e Zinco sobre a nodulação e fixação do nitrogênio em soja. In: VIIa. Reunião Latinoamericana sobre Rhizobium, Resistência, Chaco, Argentina. Univ. Nac. del Nordeste. p. 40-56.
- BOULTER, D. 1977. Breeding for proteins in Legumes. In: Curso Intensivo de Proteínas Vegetais. CNEM/USP/ESALQ. Piracicaba, 46 p.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1970. Anuário Estatístico do Brasil.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. Anuário Estatístico do Brasil.
- BRAY, R.H. 1954. A nutrient mobility concept of soil-plant relationships. Soil Sci. 78: 9-22.
- BREMNER, J.M. 1965. Total Nitrogen. In: Methods of soil analysis. Part 2. BLACK, C.A. (Ed.) Am. Soc. of Agron. Inc. Publ. Mad. Wis. USA.
- BRESSANI, R. ; M. FLORES e L.G. ELIAS. 1973. Acceptability and value of food legumes in the human diet. In: Potentials of field beans and other food legumes in Latin America. Proceed., Cali, Colombia, CIAT. p. 26-63.
- BRILL, W.J. 1977. Biological Nitrogen fixation. Sc. Amer. 236 (1): 68-81.
- BUTLER, G.W. e D.I.H. JONES. 1973. Mineral Biochemistry of Herbage. In: BUTLER, G.W. e R.W. BAILEY. Chemistry and Biochemistry of Herbage. Vol. 2. Academic Press, London, New York. p. 127-162.

- CABEDA, M. e J.R. JARDIM FREIRE. 1968. Informe preliminar sobre a toxidez de manganês e alumínio sobre a nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em soja em solos ácidos do Rio Grande do Sul. In: Anais da IV Reunião Latinoamericana sobre inoculantes para Leguminosas, Porto Alegre, p. 282-294.
- CARTWRIGHT, P.M. e D. SNOW. 1962. The influence of foliar applications of urea on the nodulation pattern of certain leguminous species. Annals Botany, 26 (102): 251-259.
- CARTWRIGHT, P.M. 1967. The effect of combined Nitrogen on the growth and nodulation of excised roots of *Phaseolus vulgaris* L. Annals Botany, 31 (122): 309-321.
- CHAGAS, J.M. e C. VIEIRA. 1975. Efeitos de intervalos de plantio e de níveis de adubação sobre o rendimento e seus componentes, em algumas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. Annals Botany, 31 (122): 309-321.
- CIAT, 1975. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de sistemas de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cali, Colombia, Série FS-5, 40 p.
- COBRA NETO, A. 1967. Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). Piracicaba. ESALQ/USP. 67 p. (Tese de Doutorado).
- COLE, C.V. ; D.L. GRUNES ; L.K. PORTER e S.R. OLSEN. 1963. The effects of Nitrogen on short-term phosphorus absorption and translocation in corn (*Zea mays*). Proc. Soil Sci. Soc. Am. 27: 671-674.
- DALE, J.E. 1964. Some effects of alternating temperature on the growth of French bean plants. Annals Botany, 28: 127-135.

DANTAS, J.P. 1978. Comunicação pessoal.

DART, P. J. e F. V. MERCER, 1965. The effect of growth temperature, level of ammonium nitrate and light intensity on the growth and nodulation of cowpea (*Vigna sinensis* Enal. ex. Hassk). Aust. J. Agr. Res. 16: 321-345.

DART, P. J. e D. C. WILDON, 1970. Nodulation and Nitrogen fixation by *Vigna sinensis* and *Vicia stropurpurea*: The influence of concentration, form, and site of application of combined Nitrogen. Aust. J. agric. Res., 21: 45-56.

DART, P. J. 1974. The infection process. In: QUISPÉL, A. The Biology of Nitrogen fixation. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam. p. 382-429.

DEVLIN, R. M. 1975. Fisiologia Vegetal. Ed. Omega S. A. Barcelona, 468 p.

DOBEREINER, J. 1966. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation by beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in acid soils. Plant Soil 24(1): 153-166.

DOBEREINER, J. ; N. B. ARRUDA e A. F. PENTEADO, 1966. Avaliação da fixação do nitrogênio, em leguminosas, pela regressão do Nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. Pesq. agropec. bras. 1: 233-237.

- DOBEREINER, J. e N.B. ARRUDA. 1967. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja. Pesq. agropec. bras. 2: 475-487.
- DOBEREINER, J. 1971. Inoculação cruzada e eficiência na simbiose de leguminosas tropicais. In: As Leguminosas na Agricultura tropical. Anais do Sem. sobre Metodologia e Planejamento de Pesquisa com Leguminosas Tropicais. IPEACS - UFRRJ. p. 181-192.
- DUNCAN, W.C. e A.J. OHLROGGE. 1958. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. II. Root development in the band. Agronomy J., 50: 605-608.
- DUTRA, L.G.; J. PEREIRA; J.M. BRAGA e A.S. REGO. 1975. Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na produção da soja (*Glycine max* (L) Merrill) e do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em latossolo vermelho escuro extrutura média, nos Municípios de Goiânia e Anápolis, Goiás. Rev. Ceres, 22 (123): 341-358.
- EDJE, O. T. ; L. K. MUGHOGHO e U. W. U. AYONOADY. 1975. Responses of dry beans to varying nitrogen levels. Agronomy J. 67: 251-255.
- EPSTEIN, E. 1975. Nutrição Mineral das Plantas. Princípios e Perspectivas. Trad. E. MALAVOLTA; Editora da U. S. P. 341 p.
- F. A. O., 1974. Statistical Yearbook Twenty Fifth Issue. United Nations. New York, 829 p.

- FERRARI, E. ; S.M. SOUTO e J. DOBEREINER. 1967. Efeito da temperatura do solo na nodulação e no desenvolvimento da soja perene (*Glycine javanica*, L.). Pesq. agropec. bras. 2: 461-466.
- FONTES, L. A. N. 1972. Nota sobre efeitos da aplicação do adubo nitrogenado e fosfatado, calcário e inoculante na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Rev. Ceres, 19 (103): 211-216.
- FOY, C.D. ; A.L. FLEMING ; G.R. BURNS e W.H. ARMIGER, 1967. Characterization of differential Al tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci Soc. Amer. Proc. 31: 513-521.
- FOY, C. D. ; A. L. FLEMING e G.C. GERLOFF, 1972. Differential Aluminum tolerance in two Snapbean varieties. Agronomy J. 64(6): 815-818.
- FOY, C. D., 1974. Effects of Aluminum on plant growth. In: The Plant root and its environment. CARSON, E.W. Ed. The Univ. Press. of Virginia, Charlottesville, p. 601-642.
- FRANCO, A.A. e J. DOBEREINER. 1968. Interferência do Ca e N na fixação simbiótica do N por duas variedades de *Phaseolus vulgaris*. Pesq. agropec. bras. 3: 223-227.
- FRANCO, A.A. 1977. Micronutrients requirement in Legume-Rhizobium symbiosis in the tropics. In: Int. Symposium on the limitations and potentials of biological nitrogen fixation in the tropics. Brasília, p. 55.

- FRANÇA, G.E. e M.M. CARVALHO. 1970. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, GB, 5: 147-153.
- FREIRE, J.R.J. e C. VIDOR. 1971. Fatores limitantes dos solos ácidos na simbiose de *Rhizobium* e as leguminosas. In: As leguminosas na Agricultura tropical. Anais do Seminário sobre metodologia e planejamento de pesquisa com leguminosas tropicais. IPEACS, p. 211-247.
- FROUSSIOS, G. 1970. Genetic diversity and agricultural potencial in *Phaseolus vulgaris* L. Expl. Agric. 6: 129-141.
- FURTADO, C. 1974. Formação Econômica do Brasil. Cia. Editora Nacional, São Paulo, 12a. Ed. 248 p.
- GALLO, J.R. e S. MIYASAKA. 1961. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação Bragantia. 20 (40): 867-884.
- GAUCH, H.G. 1973. Inorganic Plant Nutrition. Dowden Hutch & Ross, Inc. Ed. Stroudsburg., Pa. 488 p.
- GIBSON, A. H. 1971. Factors in the physical and biological environment affecting nodulation and nitrogen fixation by legumes. Plant Soil. Spec. Vol. 139-152.
- GIBSON, A.H. 1974. Consideration of the growing legume as symbiotic association. Proc. Ind. Nat. Sci. Acad. 40 B (6): 741-767.
- GIBSON, A.H. 1976. Recovery and compensation by nodulated legumes to environmental stress. In: NUTMAN, P.S. Ed. Cambridge Univ. Press., London, Symbiotic nitrogen fixation in plants, p. 385-343.

- GIBSON, 1976a. Limitation to Dinitrogen fixation by Legumes. In: Proc. Ist. Int. Symposium on Nitrogen Fixation. W.E. NEWTON e C.J. NYMAN. Eds. Washington State Univ. Press. Pullman. p. 507-517.
- GIBSON, A.H. 1977. Lectures on *Rhizobium*, Legumes, and their Symbiosis. Curso Intensivo sobre fixação de Nitrogênio nos Trópicos. EMBRAPA. UFRRJ. 68 p.
- GIBSON, A.H. e J.D. PAGAN. 1977. Nitrate effects on the nodulation of legumes inoculated with Nitrate-reductase-deficient Mutants of *Rhizobium*. *Plants*. 134: 17-22.
- GOEPFERT, C.F. 1972. Experimento sobre o efeito residual da adubação fosfatada em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Agron. Sulriograndense, 8 (1): 41-47.
- GRAHAM, P.H. e J. HALLIDAY. 1976. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. In: VIII Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. Cali, Colômbia. p. 313-334.
- GROBBELAAR, N. ; B. CLARKE e M.C. HOUGH. 1971. The nodulation and nitrogen fixation of isolated roots of *Phaseolus vulgaris* L. II. The influence of light on nodulation. Plant Soil. Spec. Vol.: 203-214.
- GURLEY, W.H. e J. GIDDENS. 1969. Factors affecting uptake, yield response and carryover of Mo in soybean seed. Agronomy J. 61: 7-9.
- HAAG, H.P. ; E. MALAVOLTA; H. GARGANTINI e H. GARCIA BLANCO. 1967. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, 26 (30): 381-391.

- HABISH, H.A. 1970. Effect of certain soil condition on nodulation of Acacia spp. Plant Soil, 33: 1-6.
- HABISH, H.A. e H.M. ISHAG. 1974. Nodulation of legumes in the Sudan. III. Response of Haricot Bean to inoculation. Expl. Agric. 10 (1): 45-50.
- HALLIDAY, J.H. 1976. Energy and Nitrogen fixation. In: VIII Reunión Latinoamericana de *Rhizobium*. Cali, Colombia. 38 p.
- HARDY, R.W.F. ; R.D. HOLSTEN ; E.K. JACKSON e R.C. BURNS. 1968. The Acetylene-Ethylene Assay for N₂ Fixation: Laboratory and Field Evaluation. Plant Physiol. 43: 1185-1207.
- HARDY, R.W.F. ; R.C. BURNS e R.D. HOLSTEN. 1973. Application of the Acetylene-Ethylene assay for measurement of Nitrogen fixation. Soil Biol. Biochem. 5: 47-81.
- HARDY, R.W.F. ; P. FILNER e R.H. HAGEMAN. 1975. Nitrogen input. In: LAMBORG, M ; S.K. RIES, F.H. TSCHIRLEY e S.H. WITTWER. (organizers). Crop Productivity - Research Imperatives Michigan Agr. Exp. Sta., East Lansing. p. 133-176.
- HAUSENBULLER, R.L. 1975. Soil Science. Principles and Practices. Ed. WM, C. Brown Comp. Publ. Dubuque, Iowa. 504 p.
- HELLENDORRN, E.W. 1969. Intestinal effects following ingestion of beans. Food Technol. 23: 87-91.
- HEWITT, E.J. e T.A. SMITH. 1975. Plant Mineral Nutrition. English Univ. Press, Ltd. Ed. St. Paul's House, Warwick Lane, London, 298 p.
- HIROCE, R. ; J.R. GALLO e H.A.A. MASCARENHAS. 1970. Análise foliar em feijoeiro. II. Diagnose da nutrição fosfatada. Bragantia, 29 (Nota 2): 7-12.

- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agr. Exp. Sta. Circ. 347.
- IMBAMBA, S.K. 1973. Response of cowpea to salinity and (2-chloroethyl) trimethyl-ammonium chloride (CCC). Phsiol. Plant. 28: 346-349.
- JONES, R.K. 1968. Initial and residual effects of superphosphate on a Townsville lucerne pasture in north east Queensland. Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb. 8: 521-527.
- JONES, M.B. e L.M.M. FEITAS. 1970. Respostas de quatro leguminosas tropicais a Fósforo, Potássio e Calcário num latossolo vermelho-amarelo de campo cerrado. Pesq. agropec. Bras. 5: 91-99.
- JONES, R.K. 1974. A study of the phosphorus responses of a wide range of accessions from the genus *Stylosanthes*. Aust. J. agric. Res. 25: 847-862.
- KALDY, M.S. 1972. Protein yield of various crops as related to protein value. Econ. Botany, 26: 142-144.
- KAMPRATH, E.J. e C.D. FOY. 1971. Lime - fertilizer plant interactions in acid soils. In: McVICKAR, M.H., G.L. BRIDGER e L.B. NELSON (Ed.) Fertilizer - Technology and Use. Soil Soc. Mad. p. 105-151.
- KANG, B.T. 1975. Effects of inoculation and nitrogen fertilizer on soybean in western Nigeria. Expl. Agric. 11 (1): 23-31.
- KEFFORD, N.P. J. BROCKWELL e J.A. ZWAR. 1960. The symbiotic synthesis of auxin by legumes and nodule bacteria and its role in nodule development. Aust. J. biol., 13: 456-457.

- KEMPTHORNE, O. 1973. The design and Analysis of Experiments. Robert E. Krieger Publ. Comp., Huntington, New York, 631 p.
- KENNEDY, I.R. ; J. Rigaud e J.C. TRICHANT. 1975. Nitrate reductase from bacteroids of *Rhizobium japonicum*: Enzyme characteristics and possible interactions with nitrogen fixation. Biochim. Biophys. Acta, 397: 24-35.
- KLIEWER, W.M. e W.K. KENNEDY. 1960. Studies on response of legumes to molybdenum and lime fertilization on Martin Silt loam soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24 (5): 377-380.
- KOCH, B. e H.J. EVANS. 1966. Reduction of acetylene to ethylene by soybean root nodules. Plant Physiol. 41: 1748-1749.
- KOLLING, J. ; G.G. STAMMEL e E. KORNELIUS. 1974. Efeitos da calagem e da adubação fosfatada sobre a nodulação, nitrogênio total no tecido e produção de matéria seca de leguminosas forrageiras de clima tropical. Agron. Sulriograndense, 10 (2): 267-280.
- KOLLING, J. ; J.G. STAMMEL e E. KORNELIUS. 1976. Efeitos do cálcio e da adubação fosfatada sobre alguns componentes químicos do tecido de leguminosas forrageiras de clima tropical. Agron. Sulriograndense, 12 (2): 207-218.
- LAERA, N.T. J.M. DAY e A.A. FRANCO. 1977. Effect of calcium and pH on the response of N_2 - fixation to Mo fertilizer in *Phaseolus vulgaris*. In: Int. Symposium on the limitations and potentials of biological nitrogen fixation in the tropics. Brasília. p. 99.
- LAHAYE, P.A. e E. EPSTEIN. 1971. Calcium and salt toleration by bean plants. Physiol. Plant. 25 (2): 213-218.

- LAMBERT, J. e B. TOUSSAINT: 1977. The effect of phosphate fertilizer on the yield and phosphorus uptake of the princiapl grass species. Phosphorus in Agriculture. 69: 15-22.
- LEHNINGER, A.L. 1975. Biochemistry. 2nd. Ed. Worth Publish., Inc. New York, 1104 p.
- LIE, T.A. e S. BROTONEGORO. 1969. Inhibition of root-nodule formation in leguminous plants by EDTA. Plant Soil, 30 (2): 339 342.
- LIE. T.A. 1969a. Non-photosynthetic effects of red and far light on root nodule formation by leguminous plants. Plant Soil, 30: 391-403.
- LIE, T.A. 1969b. The effect of low pH on different phases of no dule formation in pea plants. Plant Soil, 31(3): 391-406.
- LIE, T.A. 1971. Symbiotic nitrogen fixation under stress condi tions. Plant Soil. Spec. Vol. 117-127.
- LIE, T.A. 1974. Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In: QUISPTEL, A. The Biology of Nitrogen Fixation. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam. p. 555-582.
- LOHNIS, M.P. 1951. Manganese toxicity in field and market gra-den crops. Plant Soil, 3: 193-222.
- LONERAGAN, J.F. 1959. Calcium in the nitrogen metabolism of sub terranean clover. Aust. J. biol. Sci. 12: 26-39.
- LONERAGAN, J.F. 1972. The soil chemical environment to symbiotic nitrogen fixation. In: Use of Isotopes for study of Fertilizer utilization by legume crops. I.A.E.A., Viena. p. 17 54.

- LONGERI, L. e O.N. ALLEN. 1970. Efecto de Calcio y Magnesio en el crecimiento de *Rhizobium trifolli* en la fijacion de Nitrogeno em simbiosis com *Trizobium pratense*. In: IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. Porto Alegre. p. 35-39.
- LOPEZ, O.E.G. e E. MALAVOLTA. 1974. Estudos sobre as relações entre Zinco e Fósforo na nutrição da planta. In: Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 31: 467-483.
- LOWTHER, W.L. e J.F. LONERAGAN. 1970. Calcium in the nodulation of legumes. Proc. XI Int. Grassld. Congr. Queensland, Australia. p. 446-450.
- MALAVOLTA, E. 1967. Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação. Ed. Agronômica Ceres Ltda. 2a. Ed. 606 p.
- MALAVOLTA, E. 1972. Nutrição e Adubação. In: Anais do I Simpó -sio Brasileiro de Feijão. Campinas, p. 2211-242.
- MALAVOLTA, E. ; H.P: HAAG ; F.A.F. MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRo. 1974. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. Livreria Pioneira Editora. São Paulo. 727 p.
- MALAVOLTA, E. 1975. Práticas de Nutrição Mineral de Plantas. C. P.G. de Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ/USP. Piracicaba. 65 p.
- MALAVOLTA, E. 1976. Manual de Química Agrícola. Nutrição dePlantas e Fertilidade do Solo. Ed. Agronômica Ceres Ltda. 528.

- MALDONADO, G.F. e A.C. NEVES. 1971. Preferências Alimentares e consumo de alimentos e nutrimentos em dez áreas do território brasileiro. In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Alimentação e Nutrição, Belo Horizonte. 260 p.
- MASEFIELD, G.B. 1968. Seasonal effects on the root nodulation of legumes. Expl. Agr. 4: 335-338.
- MASEFIELD, G.B. 1971. The root nodulation of tall and dwarf peas beans. Expl. Agr. 7 (2): 123-127.
- MEAGHER, W.W., C.M. JOHNSON e P.R. STOUT. 1952. Molybdenum requirement if leguminous plants supplied with fixed nitrogen. plant Physiol. 27 (2): 223-230.
- MIFLIN, B.J. e P.J. LEA. 1976. The pathway of Nitrogen assimilation in plants. Phytochemistry. 15 (6): 873-885.
- MIYASAKA, S. ; E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS. 1963. Modo e Época de aplicação de Nitrogênio na cultura do feijoeiro Bragantia. 22 (40): 511-519.
- MOOY, C.J. e J. PESEK. 1966. Nodulation response of Soybeans to added Phosphorus, Potassium, and Calcium Salts. Agronomy J. 58 (3): 275-280.
- MORRIS, H.D. e W.H. PIERRE. 1949. Minimum concentrations of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. Agronomy J. 41: 107-112.
- MULDER, E.G. e S. BROTONEGORO. 1974. Free-living heterotropic nitrogen-fixing bacteria. In: QUISPÉL, A. The Biology of Nitrogen Fixation. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam. p.
- MUNNS, D.N. 1968a. Nodulation of Medicago sativa in solution culture. II. Compensating effects of nitrate and of prior nodulation. Plant Soil, 28(2): 246-257.

- MUNNS, D.N. 1968b. Nodulation of Medicago sativa in solution culture. I. Acid-sensitive steps. Plant Soil, 28 (1): 129-146.
- MUNNS, D.N. 1969. Enzymatic breakdown of Pectin and Acid-Inhibition of the infection of Medicago roots by Rhizobium. Plant Soil, 30 (1): 117-120 (Short communication).
- MUNNS, D.N. e R.L. FOX. 1977. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Plant Soil, 46: 533-548.
- MUNNS, D.N. ; R.L. FOX e B.L. KOCH. 1977. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. Plant Soil 46: 591-601.
- NICHOLAS, D.J.D. 1975. The functions of trace elements in plants. In: NICHOLAS, D.J.D. e A.E. EGAN. Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems. Academic Press, Inc. New York, London. p. 181-198.
- NORRIS, D.O. 1965. Rhizobium relationships in legumes. In: Ann. IX Congr. Int. Pastagens. São Paulo. P. 1087-1092.
- NORRIS, D. O. 1967. The intelligent Use of legume inoculants and lime pelleting of tropical legumes. Trop. Grassld. 1: 107-121.
- NUTMAN, P.S. 1972. The influence of physical environmental factors on the activity of Rhizobium in soil and in symbiosis. In: Use of Isotopes for Study of fertilizer utilization by Legume crops. I.A.E.A., Viena. p. 55-83.
- ODU, C.T.I. ; A.A. FAYEMI e J.A. OGUNWALE. 1971. Effect of pH on the growth, nodulation and nitrogen fixation of Centrosema pubescens and Stylosanthes gracilis. J. Sci. Fd. Agric. 22: 57-59.

- OGHOGHORIE, C.G.O. e J.S. PATE. 1971. The nitrate stress syndrome of the nodulated field pea (*Pisum arvense* L.). Techniques for measurement and evaluation in physiological terms. Plant Soil. Spec. Vol. p. 185-202.
- ORTEGA, M.L. ; C.C. RODRIGUEZ e X.E. HERNANDEZ. 1974. Analisis bioquímica exploratorio de grano de los genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. e *Phaseolus coccineus* cultivados en Mexico. Fitotecnia Latinoamericana 10 (1): 70-74.
- PARKINSON, J.A. e S.E. ALLEN. 1975. A wit oxidation procedure suitable for the determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material. Commun. Soil Sci. Plant Analysis, 6 (1): 1-11.
- PATE, J.S. e P.J. DART. 1961. Nodulation studies in legumes. Plant Soil, 15: 329-346.
- PAZ, L.G. e A.O. LOBÃO. 1976. Aspectos fisiológicos da de foliação em pastagens. Zootecnia, Nova Odessa (SP), 14 (2): 91-108.
- PIMENTEL GOMES, F., 1970. Curso de Estatística Experimental, 4^a. Ed. Liv. Nobel S.A. São Paulo. 430 p.
- PONS, A.L. 1975. Efeito da Calagem e da adubação Nitrogenada em feijoeiro. Agron. Sulriograndense. 11 (2): 251-257.
- POSTGATE, J. 1974. Prerequisites for biological nitrogen fixation in free-living heterotrophic bacteria. In: QUISPÉL, A. The Biology of Nitrogen Fixation. North-Holland Publi. Comp. Amsterdam. p. 663-685.

- PRADO, E.C. ; C. VIEIRA e H.A. ROBITAILLE. 1976. Comportamento de variedades trepadoras de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas com tutoramento. Revista Ceres. 23 (130) 519-526.
- RAGGIO, M. ; N. RAGGIO e J.G. TORREY. 1967. The nodulation of isolated leguminous roots. Am. J. Bot. 44: 325-334.
- RAGGIO, N., M. RAGGIO e R.H. BURRIS. 1959. Nitrogen fixation by nodules formed on isolated bean roots. Biochem. Biophys. Acta. 32: 274-275.
- RAGGIO, M e N. RAGGIO. 1962. Root nodules. Ann. Rev. Plant Physiol. 13: 109-128.
- RAGGIO, M. ; N. RAGGIO e J.G. TORREY. 1965. The interaction of nitrate and carbohydrates in Rhizobial root nodule formation. Plant Physiol. 40 (4): 601-606.
- RANGA RAO, V. 1977. Effect of temperature on the Nitrogenase Activity of intact and detached nodules in Lotus and Stylosanthes J. Exp. Botany, 28 (103): 261-267.
- REIS, B. F. 1978. Comunicação pessoal.
- RICE, W.A. : D.C. PENNEY e M. NYBORG. 1977. Effects of soil acidity on Rhizobia numbers, nodulation and nitrogen fixation by alfafa and red clover. Can. J. Soil Sci. 57 (2): 197
- RIGAUD, J. ; F.J. BERGERSEN ; G.L. TURNER e R.M. DANIEL. 1973. Nitrate dependent anaerobic acetylene-reduction and nitrogen fixation by soybean bacteroids. J. gen. Microbiol. 77. 137-144.
- ROGERS, V.E. 1969. Depression of nitrogen uptake and growth of lucerne at high soil temperatures. Field Sta. Record. Division of Plant Industry. CSIRO, Australia, 8: 37-44.

- ROVIRA, A.D. 1969. Plant root exudates. Bot. Rev. 35: 35-57.
- RUSCHEL, A.P., D.P.P. SOUZA BRITTO e J. DOBEREINER. 1966. Fixação simbiótica de Nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris*) L.). II. Influência do Magnésio, do Boro, do Molibdênio e da Calagem. Pesq. agropec. bras. 1: 141-145.
- RUSCHEL, A.P. ; R. ALVAHYDO e I.B.M. SAMPAIO. 1968. Influência do excesso de alumínio no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em solução nutritiva. Pesq. agropec. bras. 3: 229-233.
- RUSCHEL, A.P., D.P.P. SOUZA BRITTO e L.F. CARVALHO. 1969. Efeito do Boro, Molibdênio e Zinco quando aplicados ao revestimento da semente na fixação simbiótica do Nitrogênio atmosférico da Soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Pesq. agropec. bras. 4: 29-37.
- RUSCHEL, A.P. e H.W. REUSZER. 1973. Desenvolvimento da nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em variedades de soja, em diferentes estádios do desenvolvimento da planta. Pesq. agropec. bras. 8: 251-256.
- RUSCHEL, A.P. e H.W. REUSZER. 1973a. Fatores que afetam a simbiose Rhizobium phaseoli - Phaseolus vulgaris. Pesq. agropec. bras. 8: 287-292.
- RUSCHEL, A.P. ; R. RUSCHEL ; D.L. ALMEIDA e A.R. SUHET. 1974. Influência do nitrogênio mineral e orgânico na fixação simbiótica de nitrogênio em soja. Pesq. agropec. bras. 9: 125-
- RUSCHEL, A.P. e R. RUSCHEL. 1975. Avaliação da fixação simbiótica de nitrogênio em feijão. Pesq. agropec. bras. 10: 11-17.

- RUSCHEL, A.P. e S.M.T. SAITO. 1977. Efeito da inoculação de Rhizobium, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. bras. Ciência do Solo. 1 (1): 21-24.
- RUSCHEL, A.P. 1977. Comunicação pessoal.
- RUSCHEL, A.P. ; E. SALATI e P.B. VOSE. 1977. Nitrogen enrichment of soil and plant by Rhizobium phaseoli-Phaseolus vulgaris symbiosis. (Short communication).
- RUTGER, J.N. 1970. Variation in protein content and its relations to other characters in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Report of the tenth dry beans research conference. Agricultural Research Service. p. 59-69.
- SAITO, S.M.T. e A.P. RUSCHEL. 1976. Influência da calagem, adubação fosfatada e micronutrientes na nodulação natural do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: VIII Reunião Latino-Americana do Rhizobium. Cali, Colômbia. 11 p.
- SCOTT, D.B. 1978. Recent developments in the biochemistry of Nitrogen fixation in the legume - Rhizobium symbiosis. Ciência e Cultura. 30 (2): 185-194.
- SIMONSEN ASSOCIADOS, 1976. Projeto Feijão, Planejamento Marketing, CNEM, São Paulo.
- SING, J.N. e H.J. MACK. 1966. Effects of soil temperatures on growth, fruiting and mineral composition of snap beans. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 378-383.
- SISTACHS, E. 1970. Effect of N fertilization and inoculation on yield and N content of black beans (*Phaseolus vulgaris*). Rev. cubana Cienc. agric. 4: 227-230.

- SKINNER, K.J. 1976. Nitrogen Fixation. Chem. & Eng. News, 54 (41): 22-35.
- SMALL, J.G.C. e O.A. LEONARD. 1969. Translocation of C^{14} labeled photosynthate in nodulated legumes as influenced by nitrate nitrogen. Am. J. Bot. 56: 187-194.
- SNEDECOR, G.W. e W.G. COCHRAN. 1974. Metodos Estadisticos. Comp. Editorial Continental S.A. México. 703 p.
- SOLHEIM, B. e J. RAA. 1971. Evidence countering the theory of specific induction of pectin degrading enzymes as basis for specificity in *Rhizobium* - Leguminosae association. Plant Soil, 35: 275-280.
- SOMERS, I.I. e J.W. SHIVE. 1942. The Iron-Manganese relation in Plant Metabolism. Plant Physiol. 17 (4): 582-602.
- SOUTO, S.M. e J. DOBEREINER. 1969. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesq. agropec. bras. 4: 129-138.
- SOUTO, S.M. e J. DOBEREINER. 1970. Efeito da temperatura do solo na fixação de nitrogênio em alfafa do Nordeste (*Stylosanthes gracilis*) e Kudzu tropical (*Pueraria javanica*). Pesq. agropec. bras. 5: 365-371.
- STAMFORD, N.P. ; A.B. CAMPELO e J. DOBEREINER. 1968. Nódulos pretos eficientes e ineficientes e sua inoculação cruzada em várias leguminosas In: Anais da IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas, Porto Alegre.
- TANNER, J.W. e I.C. ANDERSON. 1963. An external effect of inorganic nitrogen in root nodulation. Nature, 198: 303-304.

- TANNER, J.W. e I.C. ANDERSON. 1964. External effect of combined nitrogen on nodulation. *Plant Physiol.* 39: 1039-1043.
- TERRY, N. 1977. Photosynthesis, Growth, and the role of Chloride. *Plant Physiol.* 60 (1): 69-75.
- TONHAZY, N.E. e M.J. PELCZAR Jr. 1954. Oxidation of indoleacetic acid by an extracellular enzyme from *Polyporus versicolor* and a similar oxidation catalyzed by nitrate. *Science*, 120: 141-142.
- TULMANN NETO, A. 1975. Contribuição ao melhoramento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) visando aumentar a quantidade e melhorar a qualidade da proteína. Piracicaba. ESALQ/USP. 150 p.
- UNGER, P.W. e R.E. DANIELSON. 1967. Water relations and growth of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by nutrient solution temperatures. *Agronomy J.* 59 (2): 143-136.
- VAN SCHREVE, D.A. 1959. Effects of added sugars and nitrogen on nodulation of legumes. *Plant Soil.*, 11: 93-112.
- VICENT, J.M. 1965. Environmental factors in the fixation of nitrogen by the legumes. In: BARTHOLOMEW, W.V. e F.E. CLARK. *Soil Nitrogen*. Agronomy nº 10. Amer. Soc. Agron. Inc. Madison, Wis. p. 384-435.
- VICENT, J.M. 1974. Root-nodule symbioses with Rhizobium. In: QUISPÉL, A. *The Biology of Nitrogen fixation*. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam. p. 265-341.
- VICENT, J.M. 1975. *Manual Práctico de Rizobiología*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 220 p.

- VIRTANEN, A.I. e J.K. MIETTINEN. 1963. Biological Nitrogen Fixation. In: STEWART, F.C. (Ed.) Plant Physiology. A Treatise. Academic Press, Inc. New York. p. 539-668.
- WARNOCK, R.E. 1970. Micronutrient uptake and mobility within corn plants (*Zea mays* L.) in relation to phosphorus-induced zinc deficiency. Soil Sci Soc. Amer. Proc. 34: 765-769.
- WERNER, J.C. e H.B. MATTOS. 1974. Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja perene (*Glycine wightii*, Willd.) In: VIIa. Reunión Latinoamericana sobre Rhizobium, Resistência, Chaco, Argentina. Universidad Nacional del Nordeste. p. 354-371.
- WHITEAKER, G. ; G.C. GERLOFF ; W.H. GABELMAN e D. LINDGREN. 1976. In traspecific differences in growth of Beans at stress levels of phosphorus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 (4): 472-475.
- WHITEMAN, P.C. 1970. Distribution and weight of nodules in tropical pasture legumes in the field. Expl. Agric. 7: 75-85.
- WIGNARAJAH, K. ; D.H. JENNINGS e J.F. HANDLEY. 1975a. The effect of salinity on growth of *Phaseolus vulgaris* L. I. Anatomical changes in the first trifoliate leaf. Annals Botany. 39 (164): 1029-1038.
- WIGNARAJAH, K. ; D.H. JENNINGS e J.F. HANDLEY. 1975b. The effect of salinity on growth of *Phaseolus vulgaris* L. II. Effect on Internal solute concentration. Annals Botany. 39 (164): 1039-1056.
- WORTHEN, E.L. e S.R. ALDRICH. 1967. Suelos agrícolas, su Conservación y Fertilización. Unión Tipografica Editorial Hispano Americana. México. 2^a Edición. 416 p.

WUTKE, A.C.P. 1975. Acidez. In: MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro. p. 149-189.

9 - A P E N D I C E

TABELA 1 - Efeito de doses crescentes de N na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratamentos		Matéria Seca				% N		Nódulos			Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
(mM N-NO ₃ por l. de solução)	Número de vaso	Varie- dade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número por planta	Peso médio (μ mol)	Especí- fica (*)	
0,0	1	Vene- zuela 350	0,21	0,07	25,2	0,31	1,41	1,67	1,47	7	3,60	0,573	22,74
	2		0,29	0,13	30,0	0,45	1,66	1,59	1,64	34	0,88	0,215	7,17
	3		0,28	0,08	17,4	0,38	1,36	1,63	1,42	11	1,58	0,215	12,36
	4		0,32	0,10	17,6	0,44	1,24	1,79	1,37	11	1,60	-	5,82
	5		0,34	0,09	46,0	0,47	1,17	1,66	1,27	65	0,71	0,517	11,24
	6	Cario- ca	0,35	0,11	57,0	0,51	1,67	2,01	1,75	65	0,88	0,927	16,26
	7		0,40	0,12	54,5	0,57	1,86	2,11	1,92	58	0,94	2,121	38,92
	8		0,29	0,08	42,4	0,42	1,51	2,00	1,62	63	0,67	0,594	14,00
	9		0,15	0,07	18,0	0,24	1,70	2,13	1,84	32	0,56	0,941	52,28
	10	Rico 23	0,24	0,11	25,2	0,37	1,77	1,71	1,75	34	0,74	0,691	27,42
	11		0,23	0,13	23,6	0,38	1,66	1,65	1,65	40	0,59	0,382	16,19
	12		0,29	0,11	21,5	0,42	1,68	1,71	1,69	49	0,44	0,792	36,84
	13	Vene- zuela 350	1,10	0,28	0,8	1,38	4,19	1,61	3,67	7	0,11	0,003	4,25
	14		0,64	0,17	2,1	0,81	4,01	2,26	3,64	18	0,12	0	0
	15		0,60	0,12	0,4	0,72	3,90	3,39	3,81	5	0,08	0	0
	16		1,14	0,22	0,2	1,36	3,89	3,58	3,84	6	0,03	0,003	4,25
3,0	17		1,16	0,30	4,9	1,47	3,73	2,86	3,55	51	0,10	0,236	48,16
	18	Cario- ca	1,10	0,22	1,9	1,32	3,51	2,84	3,40	36	0,05	0,274	144,21
	19		0,89	0,16	2,9	1,06	3,90	3,09	3,77	34	0,08	0,382	131,72
	20		1,12	0,22	3,9	1,35	4,43	3,38	4,26	44	0,09	0,174	44,61
	21		0,76	0,15	2,0	0,41	3,82	2,86	4,14	21	0,09	0	0
	22	Rico 23	0,76	0,15	2,4	0,92	4,31	2,84	4,56	20	0,12	0	0
	23		0,92	0,24	3,4	1,17	4,15	3,09	3,95	29	0,12	0	0
	24		0,90	0,15	2,6	1,05	2,99	3,38	2,99	11	0,24	0	0

continua ...

TABELA 1 - Continuação

Tratamentos		Matéria Seca				% N		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N		
(mM N-NO ₃ por l. de solução)	Número do vaso	Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número por planta	Peso médio (µ mol)	Total	Específica (*)	Planta
0,3	25	Venezuela 350	0,32	0,13	14,8	0,47	4,24	3,17	3,92	18	0,82	0,114	7,70	17,82
	26		0,40	0,14	21,7	0,56	2,07	2,01	2,05	20	1,08	0,212	9,77	11,13
	27		0,36	0,11	20,7	0,49	1,55	1,92	1,64	26	0,80	0,642	31,01	7,73
	28		0,44	0,14	31,3	0,61	1,90	1,62	1,83	39	0,80	0,434	13,86	10,63
	29	Carioca	0,34	0,13	58,2	0,53	1,57	1,82	1,64	94	0,62	1,385	23,80	7,71
	30		0,32	0,12	40,0	0,48	2,31	1,98	2,87	62	0,64	0,774	19,35	9,77
	31		0,35	0,15	16,5	0,51	2,09	2,03	2,07	51	0,32	0,368	22,30	10,27
	32		0,46	0,20	67,6	0,72	3,50	2,23	3,12	73	0,93	1,163	17,20	20,47
33	Rico 23	0,25	0,10	14,9	0,37	3,40	2,04	3,02	26	0,57	0,427	28,66	10,67	
34		0,39	0,16	37,2	0,58	2,38	1,95	2,25	39	0,95	0,587	15,78	12,40	
35		0,20	0,10	19,2	0,32	2,01	1,82	1,94	28	0,68	0,691	35,99	5,85	
36		0,37	0,20	32,1	0,60	2,01	1,71	1,90	40	0,80	1,142	35,57	10,86	
0,6	37	Venezuela 350	0,37	0,13	10,0	0,51	2,01	1,72	1,94	21	0,48	0,219	21,90	9,61
	38		0,48	0,21	11,7	0,71	2,70	1,72	2,40	29	0,40	0,226	19,32	16,66
	39		0,41	0,16	17,7	0,59	1,90	1,73	1,85	45	0,39	0,191	10,79	10,64
	40		0,30	0,13	8,2	0,44	1,75	1,63	1,71	9	0,91	0,101	12,32	7,38
	41	Carioca	0,39	0,17	18,0	0,57	2,31	1,93	2,67	20	0,90	0,656	36,44	12,29
	42		0,36	0,16	13,9	0,54	1,85	1,94	2,32	31	0,45	0,351	25,25	9,82
	43		0,48	0,14	17,4	0,64	2,24	2,38	2,27	40	0,43	0,489	28,10	14,22
	44		0,46	0,14	47,7	0,64	2,31	2,33	2,31	71	0,67	1,663	34,86	13,89
45	Rico 23	0,37	0,16	14,2	0,54	2,17	2,24	2,19	42	0,34	0,587	41,34	11,61	
46		0,30	0,14	14,8	0,46	2,54	2,01	2,37	50	0,30	0,510	34,46	10,43	
47		0,40	0,19	16,9	0,61	2,61	2,12	2,45	41	0,41	0,111	8,74	14,57	
48		0,28	0,15	12,7	0,44	2,45	2,04	2,31	48	0,26	0,174	13,70	10,00	

continua ...

TABELA 1 - Continuação

Tratamentos		Matéria Seca				% N		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N		
(mM N-NO ₃ por l. de solução)	Número do vaso	Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número por planta	Peso médio (μ mol)	Específica (*)	Planta	
1,2	49	Venezuela 350	0,57	0,19	4,8	0,76	2,75	2,09	2,58	20	0,24	0	19,64	
	50		0,60	0,16	1,3	0,76	3,20	2,33	3,02	12	0,11	0,031	23,85	22,93
	51		0,77	0,20	3,7	0,98	3,07	1,92	2,83	11	0,34	0,132	35,67	27,48
	52		0,72	0,23	6,0	0,96	2,12	2,19	2,14	20	0,30	0,090	15,00	20,32
	53	Carioca	0,53	0,18	19,2	0,73	2,65	2,24	2,54	68	0,28	0,535	27,86	18,18
	54		0,69	0,19	9,6	0,89	2,55	2,24	2,48	55	0,17	0,184	19,17	21,91
	55		0,51	0,16	11,1	0,68	3,08	2,23	2,88	45	0,25	0,177	15,94	19,28
	56		0,73	0,21	11,9	0,96	3,24	2,33	3,04	43	0,28	0,257	21,60	28,54
57	Rico 23	0,23	0,03	--	0,26	2,94	2,10	3,16	--	--	0	0	7,53	
58		0,66	0,25	6,3	0,92	3,24	1,99	2,89	46	0,14	0,059	9,36	26,38	
59		0,56	0,22	7,0	0,78	2,60	1,92	2,41	38	0,18	0,017	2,43	18,78	
60		0,64	0,20	3,0	0,85	2,88	2,04	2,67	12	0,25	0,066	22,00	22,53	

(*) (μ mol etileno/g nódulo)

TABELA 2 - Efeito de doses crescentes de N na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamentos			Matéria Seca				% N	Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N	
(mM N-NO ₃ por l. de solução)	Número do vaso	Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número por planta	Peso médio (μ mol)	Específica (*)	Planta
0,0	1	Venezuela 350	0,25	0,08	55,60	0,38	1,56	1,15	1,47	68	0,82	15,65	4,79
	2		0,26	0,12	50,50	0,43	1,79	1,16	1,59	63	0,80	30,89	6,02
	3		0,46	0,15	70,30	0,68	1,56	1,75	1,56	31	2,27	0	9,58
	4		0,32	0,12	54,60	0,50	1,07	1,58	1,21	68	0,80	8,42	5,39
	5		0,50	0,23	131,20	0,86	1,17	1,38	1,23	94	1,39	13,11	9,01
	6	Carioca	0,33	0,13	94,80	0,55	1,47	1,38	1,58	86	1,10	12,02	7,27
	7		0,35	0,13	84,20	0,56	1,57	1,78	1,62	61	1,38	1,54	7,75
	8		0,41	0,17	106,80	0,68	1,46	2,20	1,67	82	1,30	25,84	9,66
	9		0,39	0,14	64,40	0,59	1,67	1,87	1,72	56	1,15	23,29	9,11
	10	Rico 23	0,25	0,15	34,90	0,44	1,47	1,78	1,58	30	1,16	7,16	6,39
	11		0,28	0,14	34,50	0,45	1,30	1,67	1,42	37	0,93	4,93	5,99
	12		0,30	0,13	56,20	0,48	1,19	1,68	1,34	86	0,65	9,07	5,74
	13	Venezuela 350	3,15	0,87	13,20	4,04	1,70	1,37	1,63	17	0,78	0,76	65,51
	14		3,62	0,74	5,50	4,36	2,08	2,30	2,12	17	0,32	0,54	92,25
	15		3,36	0,75	3,10	4,12	2,38	2,38	2,38	18	0,17	0,97	97,91
	16		4,27	1,04	61,00	5,37	2,58	2,57	2,58	39	1,56	10,49	136,91
3,0	17		3,90	0,82	46,80	4,77	2,08	2,28	2,11	60	0,78	0,85	99,84
	18	Carioca	3,36	0,84	32,00	4,23	2,28	2,23	2,27	42	0,76	13,75	95,27
	19		2,66	0,61	12,30	3,28	2,36	1,82	2,26	60	0,20	0,81	73,84
	20		3,12	0,81	19,20	3,95	2,84	2,19	2,71	31	0,62	1,56	106,28
	21		3,68	1,15	16,80	4,85	2,58	2,28	2,51	29	0,58	2,38	121,14
	22	Rico 23	3,45	0,89	11,80	4,35	2,06	1,77	2,00	27	0,44	0,59	86,84
	23		2,95	0,79	13,10	3,76	2,57	1,48	2,34	65	0,20	0,30	87,56
	24		2,58	0,64	7,00	3,23	2,25	2,08	2,21	34	0,20	0,43	71,44

continua ...

TABELA 2 - Continuação

Tratamentos			Matéria Seca				% N		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N	
(mM N-NC ₃ por l. de solução)	Número de vaso	Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número por planta	Peso médio	Total (μ mol)	Específica (*)	Planta
0,3	25	Venezuela 350	0,76	0,29	134,9	1,18	2,99	2,09	2,74	111	1,21	0	0	28,70
	26		0,79	0,27	142,4	1,20	1,87	1,55	1,79	53	2,69	4,33	30,41	18,99
	27		0,73	0,30	60,9	1,09	1,89	1,85	1,88	25	2,44	2,20	36,12	19,42
	28		0,66	0,39	102,8	1,15	1,78	1,78	1,78	109	0,94	2,13	20,72	18,69
	29	Carioca	0,67	0,38	124,1	1,18	1,90	1,49	1,75	107	1,16	8,57	69,06	18,42
	30		0,67	0,32	144,9	1,14	1,89	1,72	1,83	105	1,38	67,80	467,91	18,21
	31		0,80	0,34	99,7	1,24	2,38	1,66	2,16	74	1,35	6,19	62,10	24,73
	32		0,62	0,28	166,3	1,07	1,97	1,87	1,94	148	1,12	38,85	233,61	17,45
33	Rico 23	0,65	0,50	65,2	1,22	2,56	1,91	2,28	46	1,42	0,53	8,13	26,25	
34		0,60	0,30	89,2	0,99	1,91	1,47	1,76	88	1,01	2,26	25,34	15,90	
35		0,67	0,39	98,8	1,16	1,78	1,09	1,52	80	1,23	0,78	7,89	16,22	
36		0,60	0,31	103,0	1,01	1,97	1,58	1,84	95	1,08	3,57	34,66	16,72	
0,6	37	Venezuela 350	1,45	0,52	131,8	2,10	2,10	1,88	2,05	73	1,80	2,92	22,15	40,26
	38		1,30	0,41	133,7	1,84	1,95	1,68	1,88	60	2,23	65,52	490,05	32,17
	39		1,20	0,34	194,8	1,73	2,08	1,87	2,03	194	1,00	2,90	14,89	31,28
	40		1,12	0,51	98,9	1,73	1,90	1,78	1,86	63	1,57	3,02	30,53	30,34
	41	Carioca	1,08	0,37	119,8	1,57	1,89	1,70	1,84	118	1,01	1,54	12,85	26,68
	42		1,06	0,33	99,5	1,49	2,16	2,07	2,14	108	0,92	1,38	13,87	29,79
	43		0,82	0,28	113,4	1,21	2,48	2,09	2,38	143	0,79	0,48	4,23	26,17
	44		1,00	0,36	134,0	1,49	2,28	1,98	2,20	119	1,13	4,57	34,10	29,93
45	Rico 23	0,90	0,44	55,8	1,40	2,26	1,98	2,17	58	0,96	0,17	3,05	29,07	
46		0,90	0,48	88,0	1,47	2,28	1,79	2,11	106	0,83	0,45	5,11	29,20	
47		0,84	0,44	33,6	1,31	2,09	1,87	2,01	50	0,67	0,14	4,17	25,79	
48		0,96	0,48	38,3	1,47	2,27	1,87	2,14	58	0,66	0,03	0,78	30,77	

continua ...

TABELA 2 - Continuação

Tratamentos		Matéria Seca				% N		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N		
(mM N-NO ₃ por l. de solução)	Número do vaso	Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número por planta	Peso médio	Total (μ mol)	Específica (*)	Planta
1,2	49	Venezuela 350	2,14	0,74	39,6	2,92	2,18	1,77	2,07	24	1,65	1,25	31,56	59,73
	50		1,65	0,65	162,7	2,46	1,77	2,10	1,86	101	1,61	0,40	2,46	42,85
	51		1,62	0,54	30,4	2,19	2,36	2,25	2,33	30	1,01	0,07	2,30	50,47
	52		1,70	0,39	14,2	2,10	2,16	1,98	2,13	30	0,47	0	0	44,46
	53	Carioca	1,67	0,60	124,7	2,39	2,45	2,09	2,35	98	1,27	2,67	21,41	53,39
	54		1,66	0,51	149,0	2,32	1,87	1,96	1,89	127	1,17	0,70	4,70	41,04
	55		1,47	0,45	64,5	1,98	2,30	2,02	2,23	59	1,09	0,13	2,01	42,90
	56		1,90	0,51	198,1	2,61	2,28	1,98	2,22	533	0,47	0,16	0,81	53,42
	57	Rico 23	1,90	0,77	9,1	2,68	1,97	1,98	1,97	11	0,83	0,25	27,47	52,68
	58		1,38	0,69	75,2	2,14	2,54	1,98	2,35	71	1,06	0,69	9,17	48,71
	59		1,62	0,75	98,4	2,45	2,56	1,90	2,35	86	1,14	0,45	4,57	55,72
	60		1,59	0,82	82,3	2,49	2,18	1,86	2,07	65	1,27	0,42	5,10	49,91

(*) (μ mol etileno/g nódulo)

TABELA 3 - Efeito de pH na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratamentos	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca					% N	Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea		Raiz	Total	Número p/Planta	Peso médio		Total (μ mol)
pH 5,5 a 7,1	1	Venezuela 350	0,43	0,08	0,4	0,51	3,92	4,70	4,04	11	0,04	0,025	62,50	20,62
	2		0,39	0,09	1,0	0,48	3,80	4,71	3,97	5	0,20	0,074	74,00	19,06
	3		0,39	0,08	2,6	0,47	4,40	4,61	4,44	36	0,07	0,227	87,31	20,85
	4		0,41	0,10	2,0	0,51	4,32	4,91	4,43	29	0,07	0,104	52,00	22,62
	5	Carioca	0,36	0,08	1,4	0,44	4,29	4,83	4,39	31	0,04	0,009	6,43	19,30
	6		0,32	0,07	1,8	0,39	4,90	4,73	4,87	46	0,04	0,014	7,78	18,99
	7		0,33	0,07	1,2	0,39	4,71	5,31	4,81	27	0,04	0,020	16,67	19,26
	8		0,36	0,06	1,3	0,40	4,48	4,91	4,54	36	0,04	0,018	13,85	19,08
9	Rico 23	0,38	0,10	2,1	0,48	4,58	5,31	4,73	25	0,08	0,106	50,48	22,71	
10		0,27	0,08	2,9	0,35	4,40	4,27	4,37	28	0,10	0,227	78,27	15,30	
11		0,39	0,11	2,7	0,50	4,60	4,55	4,59	50	0,05	0,224	82,96	22,94	
12		0,47	0,16	4,0	0,63	4,52	4,09	4,41	51	0,08	0,235	58,75	27,78	
pH 4,0	13	Venezuela 350	0,19	0,08	0	0,27	4,20	4,54	4,30	0	0	0	0	11,61
	14		0,43	0,15	3,5	0,58	4,52	3,43	4,37	29	0,12	0,134	38,28	25,33
	15		0,30	0,10	0,9	0,39	4,40	4,11	4,33	7	0,13	0,028	31,11	17,31
	16		0,30	0,10	1,8	0,40	4,08	3,68	3,98	13	0,14	0,009	5,00	15,92
	17	Carioca	0,23	0,07	3,4	0,30	4,70	4,29	4,60	30	0,11	0,079	23,23	13,81
	18		0,11	0,04	2,2	0,15	4,81	4,01	4,59	17	0,13	0,107	48,64	6,89
	19		0,15	0,04	0	0,19	4,59	3,99	4,46	0	0	0	0	8,48
	20		0,32	0,07	0,1	0,39	5,16	4,17	4,98	7	0,01	0,007	70,00	19,43
21	Rico 23	0,31	0,10	0,2	0,41	4,61	4,73	4,64	6	0,03	0,003	15,00	19,02	
22		0,25	0,10	3,8	0,35	4,38	3,98	4,26	46	0,08	0,090	23,68	14,93	
23		0,27	0,11	0	0,38	4,51	4,19	4,42	0	0	0	0	16,79	
24		0,34	0,13	2,4	0,48	4,60	4,01	4,44	13	0,18	0	0	20,85	

continua ...

TABELA 3 - Continuação

Tratamentos	Número do vaso	Matéria Seca					% N	Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta		
		Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)		Parte aérea	Raiz	Total	Número p/planta		Peso médio	Total (μ mol)
pH 5,0	25	Venezuela 350	0,52	0,12	4,2	0,65	4,49	4,13	4,42	38	0,11	0,151	35,95	28,31
	26		0,31	0,07	1,8	0,38	4,71	4,41	4,65	11	0,16	0,071	39,44	17,69
	27		0,22	0,06	0,3	0,28	4,30	3,99	4,23	6	0,05	0,006	20,00	11,85
	28		0,43	0,09	0,8	0,52	4,59	2,89	4,30	7	0,11	0,221	276,25	22,34
	29	Carioca	0,33	0,07	3,7	0,40	4,25	3,89	4,18	63	0,06	0,067	18,11	16,74
	30		0,38	0,07	1,6	0,45	5,10	3,92	4,91	38	0,04	0,076	47,50	22,12
	31		0,50	0,12	1,5	0,62	4,40	3,98	4,32	23	0,06	0,043	28,67	26,78
	32		0,36	0,09	2,0	0,45	4,29	4,40	4,31	17	0,12	0,076	38,00	19,40
33	Rico 23	0,40	0,12	4,2	0,52	4,32	4,09	4,27	36	0,12	0,091	21,67	22,19	
34		0,37	0,10	3,7	0,48	4,41	3,78	4,28	24	0,15	0,263	71,08	20,10	
35		0,47	0,14	2,9	0,61	4,47	3,72	4,30	39	0,07	0,245	84,48	26,21	
36		0,42	0,11	2,1	0,53	4,40	3,80	4,21	17	0,12	0,035	16,67	22,66	
pH 6,0	37	Venezuela 350	0,48	0,10	2,0	0,59	4,42	3,88	4,33	17	0,12	0,241	120,50	25,10
	38		0,36	0,10	0,8	0,46	4,41	4,30	4,37	6	0,13	0,030	37,50	20,18
	39		0,44	0,10	1,1	0,54	4,56	4,61	4,57	10	0,11	0,024	21,82	24,67
	40		0,47	0,12	3,0	0,59	4,66	4,30	4,59	28	0,11	0,501	167,00	27,06
	41	Carioca	0,23	0,06	0,9	0,29	4,29	4,44	4,32	24	0,04	0,002	2,22	12,53
	42		0,33	0,07	2,8	0,40	5,33	4,70	5,22	58	0,05	0,009	3,21	20,88
	43		0,31	0,08	1,6	0,39	4,99	5,12	5,02	19	0,08	0,089	55,62	19,57
	44		0,35	0,07	2,4	0,43	5,21	4,71	5,13	32	0,07	0,174	72,50	21,53
	45	Rico 23	0,28	0,09	2,2	0,37	4,85	4,88	4,86	32	0,07	0,261	118,64	17,97
	46		0,47	0,12	1,5	0,59	4,66	3,90	4,50	63	0,02	0,053	35,33	26,58
	47		0,32	0,09	2,5	0,42	4,64	4,30	4,56	33	0,07	0,097	38,80	18,72
	48		0,52	0,14	3,9	0,67	4,58	4,91	4,65	33	0,12	0,144	36,92	30,69

continua...

TABELA 3 - Continuação

Tratamentos	Número de vaso	Variedade	Matéria Seca				% N		Nódulos			Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número p/planta	Peso médio (μ mol)	Total (μ mol)	Específica (*)	
pH 7,0	49	Venezuela 350	0,46	0,13	3,9	0,59	4,42	4,09	4,35	30	0,13	0,127	32,56	25,65
	50		0,48	0,10	2,1	0,58	4,59	4,48	4,57	16	0,13	0,130	61,90	26,51
	51		0,42	0,10	1,9	0,53	4,19	4,22	4,20	9	0,21	0,191	100,52	21,82
	52		0,53	0,14	3,2	0,67	4,22	4,61	4,30	16	0,20	0,336	105,00	28,82
	53	Carioca	0,41	0,10	3,7	0,52	3,91	4,51	4,03	61	0,06	0,076	20,54	20,54
	54		0,35	0,09	3,3	0,44	4,52	4,81	4,58	53	0,06	0,080	24,24	20,15
	55		0,26	0,06	1,9	0,33	4,61	5,01	4,68	32	0,06	0,053	27,89	14,99
	56		0,42	0,09	3,4	0,51	4,66	4,77	4,68	50	0,07	0,090	26,47	23,86
	57	Rico 23	0,47	0,14	4,0	0,61	4,21	5,30	4,46	32	0,12	0,156	39,00	27,21
	58		0,43	0,12	7,1	0,56	4,20	4,64	4,30	57	0,12	0,291	40,98	23,63
	59		0,35	0,12	4,1	0,47	4,40	3,80	4,25	36	0,11	0,402	98,05	19,96
	60		0,25	0,09	8,3	0,35	4,51	4,19	4,42	62	0,13	0,318	38,31	15,04

(*) (μ mol etileno/g nódulo)

TABELA 4 - Efeito de pH na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				% N		Nódulos			Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número p/planta	Peso médio (μ mol)	Total (μ mol)	Específica (*)	
pH 5,5 a 7,1	1	Venezuela 350	3,64	0,88	14,2	4,53	3,67	3,16	3,63	34	0,42	0,295	20,77	164,21
	2		3,73	0,60	3,7	4,33	3,71	3,48	3,68	7	0,53	0,150	40,54	159,26
	3		5,03	0,73	4,9	5,76	3,48	3,00	3,42	9	0,54	0,130	26,53	196,94
	4		3,30	0,59	5,2	3,89	3,79	3,15	3,69	16	0,32	0,110	21,15	143,65
	5	Carioca	4,76	0,75	6,9	5,52	3,98	3,93	3,97	38	0,18	0,140	20,29	218,92
	6		2,47	0,23	1,7	2,70	4,25	3,98	4,23	4	0,42	0,070	41,18	114,12
	7		3,80	0,36	2,2	4,16	4,30	3,99	4,27	11	0,20	0,090	40,91	177,76
	8		3,95	0,56	3,3	4,51	4,37	3,95	4,32	12	0,27	0,060	18,18	194,73
pH 4,0	9	Rico 23	4,92	0,63	1,6	5,55	3,63	3,20	3,58	5	0,32	0,100	62,50	198,76
	10		3,21	0,43	2,4	3,64	3,88	2,81	3,75	14	0,17	0,050	20,83	136,63
	11		4,37	0,78	4,9	5,15	3,84	2,58	3,65	17	0,29	0,120	24,49	187,93
	12		4,86	0,70	12,3	5,57	3,69	3,52	3,67	37	0,33	0,310	25,20	203,97
	13	Venezuela 350	1,69	0,53	89,9	2,31	2,68	2,60	2,66	61	1,47	4,530	50,39	59,07
	14		1,88	0,66	11,5	2,55	2,87	2,60	2,80	12	0,96	0,045	3,91	71,12
	15		0,69	0,16	61,9	0,91	3,11	2,64	3,02	56	1,10	1,310	21,16	25,68
	16		2,00	0,47	52,7	2,52	2,72	3,68	2,90	14	3,76	0,700	13,28	71,70
	17	Carioca	2,14	0,66	67,7	2,87	2,68	2,43	2,62	27	2,51	0,345	5,10	73,39
	18		1,81	0,25	86,5	2,15	2,84	2,68	2,82	134	0,64	0,225	2,60	58,10
	19		1,96	0,43	21,7	2,41	2,80	3,23	2,88	10	2,17	0,110	5,07	68,77
	20		0,78	0,21	1,7	0,99	3,50	3,15	3,42	3	0,57	0,045	26,47	33,91
	21	Rico 23	2,18	0,79	109,9	3,08	2,54	2,42	2,51	92	1,19	0,950	8,64	74,49
	22		1,66	0,54	65,5	2,26	2,84	2,57	2,77	56	1,17	0,500	7,63	61,02
	23		1,01	0,30	55,0	1,36	2,45	2,44	2,45	50	1,10	0,360	6,54	32,06
	24		1,74	0,65	138,6	2,53	3,16	2,44	2,96	118	1,17	1,370	9,89	70,84

Continua...

TABELA 4 - Continua

Trata- mento	Número do vaso	Varie- dade	Matéria Seca				% N	Nódulos			Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)		Parte aérea	Raiz	Total	Número p/ planta	Peso médio (μ mol)		Especí- fica (*)
pH 5,0	25	Vene- zuela 350	2,02	0,90	67,6	2,99	2,52	2,05	2,49	95	0,71	1,870	27,67	72,68
	26		1,59	0,70	28,3	2,32	2,33	2,42	2,36	18	1,57	0,500	17,67	53,99
	27		2,02	0,71	61,6	2,79	2,14	2,01	21,1	45	1,37	1,570	25,49	57,50
	28		1,86	0,67	114,5	2,64	2,37	2,13	2,31	111	1,03	1,670	14,58	58,35
	29	Cario- ca	1,71	0,61	96,3	2,42	2,80	2,18	2,64	138	0,70	2,470	25,65	61,18
	30		1,78	0,52	85,6	2,38	2,68	2,27	2,59	121	0,71	1,650	19,27	59,50
	31		2,02	0,71	61,5	2,79	2,51	2,31	2,46	94	0,65	0,510	8,29	67,10
	32		1,70	0,46	63,0	2,22	2,83	2,55	2,77	56	1,12	2,670	42,38	59,84
33	Rico 23	2,77	1,22	79,2	4,07	2,30	1,74	2,13	82	0,96	1,650	20,83	84,94	
34		2,44	0,95	154,6	3,54	2,72	1,94	2,50	188	0,82	31,170	201,62	84,80	
35		1,20	0,52	84,8	1,80	2,96	2,21	2,73	125	0,68	4,090	48,23	47,01	
36		2,40	0,73	117,7	3,25	2,68	1,63	2,43	76	1,55	10,130	86,07	76,22	
pH 6,0	37	Vene- zuela 350	2,24	0,87	57,0	3,17	2,76	2,00	2,55	35	1,63	1,890	33,16	79,22
	38		1,95	0,53	89,5	2,57	2,49	2,23	2,43	56	1,60	2,690	30,05	60,37
	39		2,39	0,64	108,0	3,14	2,52	1,88	2,38	98	1,10	24,130	223,42	72,26
	40		1,65	0,54	87,5	2,28	2,83	1,78	2,57	72	1,21	3,650	41,71	56,31
	41	Cario- ca	1,52	0,37	58,6	1,95	2,51	2,63	2,53	81	0,72	5,290	90,27	47,88
	42		1,85	0,49	61,6	2,40	3,18	2,57	3,05	46	1,34	5,210	84,58	71,42
	43		1,14	0,42	94,3	1,65	2,18	2,61	3,03	129	0,73	5,450	57,79	47,21
	44		1,33	0,35	80,8	1,76	2,99	2,50	2,89	141	0,57	5,450	67,45	48,52
	45	Rico 23	1,90	0,65	121,6	2,67	3,20	2,13	2,93	166	0,73	55,010	452,38	74,64
	46		1,71	0,54	91,5	2,34	2,78	2,16	2,63	111	0,82	5,890	64,37	59,20
	47		2,00	0,61	74,3	2,68	3,08	2,03	2,83	98	0,76	2,810	37,82	73,98
	48		2,30	0,78	180,0	3,26	2,88	2,03	2,66	259	0,69	23,170	128,72	82,07

continua ...

TABELA 4 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				Z N		Nódulos			Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Número p/planta	Peso médio	Total (μ mol)	Específica (*)	
pH 7,0	49	Venezuela 350	2,40	1,21	36,7	3,65	2,28	1,84	2,13	32	1,15	0,400	10,90	76,98
	50		2,46	1,05	74,5	3,58	2,41	2,01	2,29	57	1,31	0,870	11,68	80,39
	51		2,16	0,88	40,0	3,08	2,56	1,82	2,35	26	1,54	0,870	21,75	71,32
	52		1,93	0,71	93,5	2,73	2,20	2,03	2,15	64	1,46	3,010	32,19	56,87
	53	Carioca	2,43	0,91	59,8	3,40	2,37	2,27	2,34	100	0,60	2,090	34,95	78,25
	54		1,96	1,04	83,7	3,08	2,89	2,56	2,77	140	0,60	2,590	30,94	83,26
	55		1,99	0,68	78,2	2,75	2,40	2,21	2,35	96	0,81	2,630	33,63	62,79
	56		1,13	0,32	87,1	1,54	2,94	2,61	2,87	69	1,26	10,850	124,57	41,57
	57	Rico 23	2,23	1,20	152,2	3,58	2,34	1,28	1,97	141	1,08	63,970	420,30	67,54
	58		2,08	0,74	146,4	2,97	2,51	1,75	2,31	206	0,71	6,010	41,05	65,16
	59		1,71	0,59	70,0	2,37	2,55	1,89	2,38	65	1,08	2,290	32,71	54,75
	60		1,85	0,62	96,5	2,57	2,54	1,67	2,32	104	0,93	4,330	44,87	57,34

(*) (μ mol etileno/g nódulo)

TABELA 5 - Efeito de doses crescentes de cálcio e solução salina na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro aos 25 dias, de crescimento vegetativo

Tratamento	Número do vaso	Matéria Seca					Z N		Z Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio	Total (μ mol)	Específica (*)	
0,1 N Arranque	1	0,60	0,15	3,8	0,75	3,79	3,63	3,75	2,16	1,58	14	0,27	0,323	85,08	24,55
	2	0,43	0,10	6,1	0,54	4,00	3,42	3,89	2,00	1,70	29	0,21	0,300	49,20	20,62
	3	0,37	0,07	1,3	0,44	3,71	2,98	3,59	2,00	1,46	12	0,11	0,028	44,80	15,81
	4	0,61	0,13	7,6	0,75	4,06	4,05	4,06	2,40	1,35	28	0,27	0,462	60,80	30,03
	5	0,76	0,10	13,8	0,87	4,03	3,10	3,92	2,16	1,29	103	0,13	1,468	106,40	33,73
	6	0,76	0,11	7,6	0,88	3,79	4,05	3,82	2,00	1,82	43	0,18	0,688	90,53	33,25
	7	0,58	0,08	5,6	0,66	4,51	3,96	4,44	2,24	1,93	41	0,14	0,223	39,82	29,33
	8	0,57	0,07	1,5	0,64	4,24	3,87	-	2,16	1,46	12	0,12	0,172	114,93	26,88
	9	0,45	0,11	11,9	0,57	4,01	1,97	3,61	1,85	1,36	66	0,18	0,759	63,81	20,21
	10	0,59	0,14	7,7	0,74	3,87	2,96	3,69	2,00	1,46	39	0,20	0,344	44,71	26,97
	11	0,62	0,15	12,2	0,78	3,69	3,56	3,66	2,08	1,46	48	0,25	1,484	121,68	28,22
	12	0,48	0,13	7,8	0,62	3,59	3,65	3,60	2,00	1,70	32	0,24	1,325	169,90	21,97
N Completo	13	0,75	0,11	1,7	0,86	4,24	4,02	4,21	2,79	1,41	20	0,08	0,060	35,47	36,22
	14	0,61	0,08	1,2	0,69	4,07	4,13	4,08	2,86	2,05	16	0,07	0,42	35,33	28,13
	15	0,57	0,07	0,5	0,64	4,07	3,94	4,06	2,86	2,05	8	0,06	0,018	35,60	25,96
	16	0,55	0,07	0,3	0,62	4,34	4,42	4,35	2,86	1,46	4	0,02	0,022	73,30	26,96
	17	0,71	0,09	0,4	0,80	4,49	4,82	4,53	2,79	1,58	9	0,04	0,004	10,50	36,22
	18	0,60	0,08	0,6	0,68	4,51	4,34	4,49	2,79	1,11	5	0,12	0,004	6,17	30,53
	19	0,63	0,08	0,4	0,71	4,65	4,31	4,61	2,94	1,35	4	0,10	0,005	11,75	32,74
	20	0,68	0,08	0,2	0,76	4,60	4,30	4,57	2,94	1,46	5	0,04	0,003	13,00	34,72
	21	0,40	0,08	0,7	0,48	4,15	3,82	4,09	2,86	1,46	5	0,14	0,017	24,71	19,66
	22	0,38	0,05	0,1	0,43	4,06	2,61	3,89	2,40	0,91	2	0,05	0,004	37,00	16,73
	23	0,41	0,05	0,5	0,46	4,08	3,01	3,96	2,55	1,49	5	0,10	0,016	31,40	18,23
	24	0,80	0,14	1,4	0,94	4,68	4,30	4,62	2,71	1,46	25	0,06	0,089	63,28	43,46

continua ...

TABELA 5 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Matéria Seca				Z N		Z Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio	Total (μ mol)	Específica (*)	
0,01 mM Ca	25	0,45	0,09	2,2	0,54	3,88	4,21	0,44	0,17	17	0,13	0,006	2,64	21,25
	26	0,34	0,06	0,6	0,40	3,99	3,49	0,44	0,55	6	0,10	0,004	7,00	15,66
	27	0,43	0,08	1,3	0,51	3,88	4,34	0,52	0,41	7	0,18	0,035	27,00	20,15
	28	0,63	0,16	4,7	0,79	3,96	4,92	0,52	0,76	25	0,19	0,091	19,28	32,82
	29	0,73	0,10	22	0,83	4,24	4,82	0,52	0,99	15	0,15	0,004	1,91	35,77
	30	0,73	0,09	1,4	0,82	4,11	5,00	0,60	0,64	32	0,04	0,013	9,36	34,56
	31	0,76	0,11	4,5	0,87	4,16	5,31	0,67	0,62	32	0,14	0,021	4,78	37,45
	32	0,60	0,09	0,1	0,69	4,21	5,02	0,67	0,40	3	0,03	0,003	31,00	29,78
0,05 mM Ca	33	0,52	0,14	3,7	0,66	4,13	4,11	0,67	0,40	44	0,08	0,018	4,94	27,23
	34	0,59	0,07	0,1	0,66	2,45	3,69	0,51	0,51	2	0,05	0,004	37,00	17,03
	35	0,39	0,07	0,2	0,46	3,39	3,22	0,67	0,84	6	0,03	0,005	26,00	15,47
	36	0,32	0,08	0,5	0,40	4,01	4,36	0,67	0,51	12	0,04	0,003	6,20	16,32
	37	0,49	0,10	1,5	0,59	4,11	3,72	1,25	0,95	23	0,06	0,077	51,33	23,92
	38	0,59	0,11	3,8	0,70	3,88	3,78	1,25	0,73	21	0,18	0,265	69,63	27,05
	39	0,48	0,08	0,9	0,56	3,88	3,32	0,92	0,62	98	0,05	0,070	77,44	21,28
	40	0,59	0,11	2,0	0,70	4,25	4,14	1,08	1,73	15	0,13	0,244	121,85	29,62
0,05 mM Ca	41	0,72	0,08	1,7	0,80	3,65	3,68	0,84	0,73	25	0,07	0,024	13,88	29,22
	42	0,63	0,11	3,8	0,74	3,84	4,02	0,75	0,68	32	0,12	0,060	15,87	28,61
	43	0,76	0,07	2,7	0,83	4,16	4,00	1,00	0,51	26	0,06	0,218	80,92	34,42
	44	0,83	0,13	3,3	0,96	3,96	3,83	0,92	0,62	24	0,14	0,092	27,74	57,85
	45	0,51	0,12	2,7	0,63	4,06	3,42	0,92	0,62	18	0,15	0,130	48,33	24,81
	46	0,58	0,12	3,5	0,70	3,79	3,47	0,84	0,84	28	0,12	0,202	57,63	26,14
	47	0,52	0,09	2,8	0,61	3,86	2,60	0,92	0,73	26	0,11	0,325	116,21	22,41
	48	0,56	0,14	2,6	0,70	3,94	2,79	0,92	0,62	17	0,12	0,382	146,92	25,97

Continua ...

TABELA 5 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Matéria Seca				Z N		Z Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio	Total (μ mol)	Específica (*)	
0,25 mM Ca	49	0,60	0,14	7,1	0,75	3,57	2,46	1,82	0,62	20	0,35	0,233	32,84	24,86
	50	0,62	0,13	6,7	0,76	3,45	2,97	1,79	0,84	19	0,35	0,098	14,63	25,25
	51	0,48	0,07	3,6	0,55	3,25	2,97	1,74	1,07	10	0,36	0,248	68,86	17,68
	52	0,56	0,11	2,4	0,67	3,76	2,51	1,99	1,07	9	0,27	0,214	89,29	23,82
	53	0,70	0,08	7,8	0,79	4,27	3,36	2,16	0,85	57	0,14	0,202	25,86	32,58
	54	0,73	0,11	5,6	0,84	4,33	2,95	2,07	0,95	36	0,15	0,420	74,95	34,85
	55	0,61	0,10	6,3	0,72	4,33	2,88	2,07	1,06	65	0,10	0,353	55,97	29,29
	56	0,76	0,13	8,5	0,90	4,06	2,96	2,32	0,84	41	0,21	0,177	20,78	34,71
	57	0,59	0,14	8,7	0,74	4,01	2,67	1,83	0,84	39	0,22	0,441	50,65	27,40
	58	0,38	0,08	3,4	0,46	4,05	2,32	1,41	1,40	35	0,10	0,160	47,00	17,25
	59	0,71	0,18	5,8	0,90	3,80	2,38	1,83	0,96	18	0,32	0,174	30,09	31,26
	60	0,79	0,10	3,5	0,89	3,74	2,14	1,91	0,96	30	0,12	0,158	45,06	31,69
	61	0,52	0,12	8,1	0,64	3,66	2,10	2,68	1,42	23	0,35	0,554	68,38	21,55
	62	0,46	0,11	11,6	0,58	3,71	2,03	2,53	1,42	32	0,36	0,390	33,65	19,30
	63	0,67	0,19	8,4	0,87	3,57	2,01	2,60	0,97	25	0,34	0,348	41,49	27,74
	64	0,58	0,11	7,2	0,70	3,37	2,40	2,53	1,08	21	0,34	0,068	9,39	22,19
1,25 mM Ca	65	0,92	0,15	15,8	1,08	4,12	2,78	2,60	1,31	56	0,28	0,206	13,03	42,07
	66	0,83	0,14	5,9	0,98	4,64	3,04	2,75	1,65	28	0,21	0,177	29,93	42,77
	67	0,56	0,05	3,2	0,61	4,31	3,06	2,38	1,41	27	0,12	0,091	28,31	25,67
	68	0,78	0,16	3,4	0,94	3,92	2,63	2,98	1,19	16	0,21	0,024	6,94	34,79
	69	0,67	0,13	13,2	0,81	3,42	2,16	2,60	1,19	48	0,27	0,344	26,08	25,72
	70	0,56	0,15	8,5	0,72	4,00	2,38	2,83	1,65	34	0,25	0,233	27,43	25,97
	71	0,60	0,12	7,4	0,73	3,79	2,11	2,53	1,65	31	0,24	0,369	49,92	25,27
	72	0,62	0,10	4,6	0,72	3,56	2,82	2,38	1,53	17	0,27	0,074	16,06	24,89

continua ...

TABELA 5 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Matéria Seca				Z N		Z Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio (μ mol)	Específica (*)	
2,5 mM Ca	73	0,66	0,12	7,3	0,79	3,61	2,73	3,47	2,75	1,19	32	0,23	37,97	27,11
	74	0,71	0,11	5,2	0,82	3,66	3,14	3,59	2,98	1,53	27	0,19	28,71	29,44
	75	0,68	0,11	1,8	0,69	4,23	2,34	3,96	2,68	1,42	13	0,14	41,05	31,33
	76	0,62	0,10	4,2	0,72	3,61	3,23	3,56	2,68	2,10	22	0,19	17,09	25,61
	77	0,59	0,07	3,4	0,66	3,96	3,32	3,89	2,68	1,42	27	0,12	12,79	25,68
	78	0,61	0,07	6,4	0,69	4,12	3,84	4,09	2,98	1,53	37	0,17	18,42	26,82
	79	0,64	0,07	2,9	0,71	3,77	3,85	4,08	2,68	1,99	23	0,13	0,053	26,82
	80	0,80	0,13	5,3	0,93	4,17	3,51	4,08	3,36	1,53	24	0,22	0,055	37,92
NaCl	81	0,67	0,17	5,2	0,84	4,35	2,45	3,96	2,68	1,65	26	0,20	23,88	33,30
	82	0,57	0,11	5,9	0,69	3,87	2,48	3,64	2,38	1,65	50	0,12	0,044	24,79
	83	0,62	0,14	7,3	0,77	4,02	3,08	3,85	2,68	1,53	44	0,16	0,066	29,23
	84	0,53	0,12	3,0	0,65	3,87	3,04	3,72	2,45	1,76	12	0,25	0,086	24,16
	85	0,57	0,10	3,3	0,67	4,02	2,75	3,83	2,30	0,85	23	0,14	0,135	25,66
	86	0,73	0,11	2,6	0,84	4,41	2,67	4,18	2,30	0,85	9	0,29	0,091	35,13
	87	0,59	0,11	7,2	0,71	4,00	3,18	3,82	2,45	0,96	27	0,26	0,133	27,10
	88	0,59	0,12	5,5	0,71	4,41	2,86	4,15	2,60	0,85	19	0,29	0,311	29,45
NaCl	89	0,81	0,16	5,3	0,97	4,03	2,80	3,83	2,45	1,76	31	0,17	0,143	37,12
	90	0,64	0,08	4,0	0,72	4,04	3,66	4,00	2,08	1,08	30	0,13	0,206	28,79
	91	0,75	0,12	4,6	0,87	4,22	3,51	4,12	2,53	0,97	42	0,11	0,080	35,86
	92	0,68	0,09	5,2	0,77	4,60	2,95	4,41	2,60	1,08	34	0,15	0,049	33,93
	93	0,48	0,10	6,3	0,59	3,92	2,88	3,74	2,15	1,21	54	0,12	0,042	21,70
	94	0,70	0,18	5,9	0,89	4,03	2,91	3,80	2,15	0,97	30	0,20	0,137	33,45
	95	0,66	0,15	2,7	0,81	3,92	2,67	3,69	2,15	0,97	22	0,12	0,040	29,87
	96	0,59	0,13	2,0	0,72	4,10	2,95	3,89	2,15	1,42	17	0,12	0,065	20,02

(*) (μ mol etileno / g de nódulo)

TABELA 6 - Efeito de doses crescentes de cálcio e solução salina, na nodulação, fixação de nitrogênio e produção da matéria seca de variedades de feijoeiro aos 45 dias, de crescimento vegetativo

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				% N		% Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N planta	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio	Total (μ mol)		Específica (*)
0,1 N arranque	1	Venezuela 350	1,96	0,72	76,1	2,76	2,26	2,15	2,23	2,39	1,76	40	1,90	0,354	4,65	59,78
	2		2,39	0,69	91,7	3,17	2,65	1,99	2,50	2,49	1,86	41	2,24	0,369	4,02	77,06
	3		2,58	0,97	125,4	3,67	2,44	2,14	2,36	2,19	1,76	110	1,14	1,116	8,90	83,71
	4		2,24	0,72	121,8	3,08	2,47	2,38	2,45	2,39	1,38	77	1,58	0,830	6,81	72,47
	5	Carioca	1,32	0,40	75,2	1,79	3,09	2,43	2,94	2,79	1,19	86	0,87	1,606	21,36	50,51
	6		1,48	0,42	97,9	2,00	3,36	2,53	3,18	2,49	1,00	151	0,65	0,807	8,24	60,36
	7		2,00	0,46	191,7	2,65	3,38	2,73	3,26	2,49	1,19	152	1,26	2,315	12,08	80,16
	8		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
N Completo	9	Rico 23	1,67	0,70	84,2	2,45	2,28	2,14	2,24	2,49	1,76	103	0,82	0,422	5,01	53,06
	10		2,71	0,75	137,7	3,60	2,19	2,00	2,15	2,29	1,67	160	0,86	0,830	6,03	74,35
	11		2,07	0,76	115,5	2,94	2,58	2,28	2,50	2,29	2,14	150	0,77	0,565	4,89	70,74
	12		1,93	0,66	168,7	2,76	2,76	2,28	2,64	2,02	2,04	188	6,90	1,040	6,16	68,32
	13	Venezuela 350	6,98	0,59	1,7	7,57	3,30	4,09	3,36	2,79	2,52	8	0,21	0,034	20,00	254,47
	14		2,93	0,23	1,6	3,16	4,49	3,71	4,43	3,78	1,95	12	0,13	0,038	23,75	140,09
	15		2,88	0,32	1,4	3,20	4,31	3,59	4,24	3,28	2,14	6	0,23	0,030	21,43	135,62
	16		3,96	0,37	0,5	4,33	3,30	3,61	3,33	2,79	2,23	4	0,12	0	0	144,04
	17	Carioca	7,09	0,73	0,5	7,82	3,94	4,33	3,98	3,38	2,14	11	0,04	0,023	46,00	310,96
	18		4,18	0,37	1,4	4,55	4,49	4,47	4,49	3,68	2,04	3	0,47	0,007	5,00	204,22
	19		2,33	0,21	1,9	2,54	4,70	4,36	4,67	3,38	2,14	6	0,32	0,015	7,89	118,67
	20		2,75	0,21	0	2,96	4,40	4,36	4,40	3,38	1,95	0	0	0	0	130,16
N Completo	21	Rico 23	4,18	0,43	1,5	4,61	3,95	3,59	3,92	3,78	2,14	6	0,25	0,015	10,00	180,55
	22		5,63	0,59	1,1	6,22	4,23	3,32	4,14	3,58	2,42	9	0,12	0,023	20,91	257,74
	23		3,18	0,43	3,2	3,61	4,05	3,54	3,99	3,08	2,23	36	0,09	0,015	4,69	144,01
	24		4,51	0,55	0,3	5,06	4,12	3,74	4,08	3,18	1,19	4	0,07	0,023	76,67	206,38

Continua ...

TABELA 6 - Continuação

Tratamento	Número de vaso	Variedade	Matéria Seca				% N		% Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz p/planta	Peso médio (μ mol)	Total (μ mol)	Especificidade (*)		
0,1 mM Ca	25	Venezuela	1,73	0,38	23,2	2,13	2,37	2,80	2,45	1,29	0,91	41	0,57	0,030	1,29	51,64
	26	350	2,85	0,89	14,2	3,75	2,36	2,65	2,43	0,80	0,91	28	0,51	0,030	2,11	90,84
	27		2,60	0,84	10,2	3,45	2,42	2,47	2,43	0,80	0,82	26	0,39	0,015	1,47	83,67
	28		1,65	0,30	7,7	1,96	2,36	2,96	2,45	1,00	0,72	14	0,55	0,023	2,99	47,82
	29		1,23	0,37	10,8	1,61	2,81	3,10	2,88	0,80	0,72	41	0,26	0,007	0,65	46,03
	30	Carioca	1,26	0,35	0	1,61	3,26	2,97	3,20	0,80	0,72	0	0	0	0	51,47
	31		0,38	0,09	2,2	0,47	4,12	3,98	4,09	0,70	0,82	3	0,73	0,007	3,18	19,24
	32		1,46	0,50	5,6	1,96	3,27	3,04	3,21	0,80	0,72	35	0,16	0,015	2,68	62,94
0,05 mM Ca	33		2,30	0,40	22,6	2,72	2,95	3,27	3,00	0,90	0,86	56	0,40	0,015	0,66	80,93
	34	Rico	1,80	0,41	17,1	2,23	2,73	2,83	2,75	0,90	1,19	71	0,24	0,023	1,34	60,74
	35	23	1,74	0,44	13,8	2,19	3,36	3,04	3,29	1,00	0,72	39	0,35	0	0	71,84
	36		2,31	0,54	16,0	2,87	2,52	3,03	2,62	1,00	1,10	58	0,28	0	0	74,57
	37	Venezuela	2,23	0,82	28,3	3,08	2,39	2,46	2,41	1,05	1,19	77	0,37	0,030	1,06	73,47
	38	350	2,21	0,65	29,7	2,89	2,36	2,00	2,28	1,00	1,19	17	1,75	0,105	3,53	65,16
	39		1,62	0,29	15,4	1,92	2,26	2,28	2,26	1,00	1,57	8	1,92	0,083	5,39	43,22
	40		2,80	0,92	50,3	3,77	2,02	2,46	2,13	1,00	0,82	32	1,57	0,128	2,54	79,19
0,05 mM Ca	41		1,96	0,56	49,9	2,57	2,42	2,65	2,47	1,00	0,91	68	0,73	0,203	4,07	62,27
	42	Carioca	1,47	0,33	55,7	1,86	2,25	2,86	2,36	0,90	1,10	70	0,80	0,761	13,66	42,51
	43		1,62	0,51	63,8	2,19	2,71	2,84	2,74	1,00	0,91	60	1,06	0,460	7,21	58,38
	44		1,71	0,37	63,5	2,14	3,11	2,46	2,99	1,10	0,82	40	1,59	0,430	6,77	62,28
	45		2,35	0,86	19,2	3,23	2,06	2,56	2,19	1,00	1,00	40	0,48	0,053	2,76	70,43
	46	Rico	2,12	0,99	30,0	3,14	2,13	2,24	2,16	1,00	0,72	43	0,70	0,098	3,27	67,34
	47	23	1,62	0,70	58,0	2,38	2,17	2,28	2,20	1,00	0,91	86	0,67	0,181	3,12	51,11
	48		2,02	0,74	45,9	2,81	2,08	2,53	2,20	1,00	0,91	104	0,44	0,068	1,48	60,74

Continua ...

TABELA 6 - Continuação

Tratamento	Número de vaso	Variedade	Matéria Seca				% N		% Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio	Total (μ mol)		Específica (*)
0,25 mM Ca	49	Venezuela 350	2,27	0,74	92,5	3,10	2,08	1,80	2,01	1,79	1,38	81	1,14	0,505	5,46	60,54
	50		2,75	1,04	119,3	3,91	2,26	2,10	2,22	2,19	1,57	50	2,39	1,576	13,21	83,99
	51		2,03	0,92	107,5	3,06	2,39	1,90	2,24	2,19	1,30	80	1,34	1,365	12,70	66,00
	52		1,82	0,68	135,3	2,63	2,42	1,94	2,29	2,29	1,50	92	1,47	1,877	13,87	57,23
	53	Carioca 23	1,95	0,41	187,3	2,55	2,94	2,27	2,82	1,70	1,50	156	1,20	20,124	107,44	66,64
	54		2,01	0,69	217,9	2,92	2,73	2,43	2,65	1,60	1,60	178	1,22	11,016	50,55	71,64
	55		0,93	0,31	90,6	1,33	3,47	2,27	3,17	1,70	1,60	114	0,79	11,136	122,91	89,01
	56		1,75	0,41	169,3	2,33	3,09	2,37	2,95	1,70	1,60	163	1,04	7,457	44,05	63,79
57	Rico 23	1,99	0,58	134,5	2,70	3,26	2,09	2,99	1,89	1,79	120	1,12	10,111	75,17	76,99	
58		1,46	0,57	113,1	2,14	2,76	2,00	2,55	1,60	1,79	98	1,15	11,317	100,06	51,70	
59		2,42	1,25	160,4	3,83	2,49	2,23	2,40	1,79	2,09	137	1,02	15,419	96,13	88,13	
60		2,35	1,22	175,1	3,74	2,76	2,16	2,55	1,79	1,79	172	1,02	18,556	105,97	91,21	
1,25 mM Ca	61	Venezuela 350	2,68	0,93	108,9	3,72	1,94	1,62	1,86	2,59	2,09	65	1,67	1,425	13,08	67,06
	62		2,89	1,20	117,1	4,21	2,01	2,00	2,00	2,19	2,09	105	1,11	0,400	3,42	82,09
	63		2,01	0,72	144,2	2,87	2,16	2,07	2,14	2,59	2,39	75	1,92	0,309	2,14	58,32
	64		1,78	0,69	91,4	2,56	2,13	1,70	2,01	2,59	2,19	65	1,41	0,098	1,07	49,64
	65	Carioca 23	1,82	0,64	206,2	2,67	3,30	2,09	2,98	2,69	2,19	187	1,10	0	0	73,44
	66		1,31	0,20	142,5	1,73	4,09	2,44	3,80	3,18	2,49	147	0,97	4,712	33,23	60,41
	67		1,88	0,61	179,6	2,67	3,42	2,29	3,14	3,68	2,59	268	0,67	5,466	30,43	78,27
	68		2,26	0,60	192,2	3,05	2,36	2,28	2,34	2,69	2,29	180	1,07	0,596	3,10	67,02
69	Rico 23	1,95	1,20	193,6	3,34	2,66	1,81	2,34	3,88	2,99	282	0,69	0,535	2,76	73,59	
70		2,48	0,66	199,4	3,34	2,31	1,62	2,16	2,99	2,59	198	1,01	0,942	4,72	67,98	
71		1,97	1,21	207,8	3,39	2,34	2,06	2,23	3,78	2,89	273	0,76	0,234	1,13	71,03	
72		1,94	0,60	142,7	2,68	2,41	1,81	2,27	3,58	2,69	187	0,76	0,173	1,21	57,61	

Continua ...

TABELA 6 - Continuação

Tratamento	Número de vaso	Variedade	Matéria Seca			% N		% Ca		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta		
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/planta	Peso médio		Total (μ mol)	Específica (*)
2,5 mM Ca	73	Venezuela 350	2,43	0,63	241,7	3,30	2,28	2,09	2,24	2,69	2,89	260	0,93	11,136	46,07	68,57
	74		1,97	0,63	114,0	2,71	2,04	2,05	2,04	3,28	2,99	103	1,11	0,973	8,53	53,10
	75		1,68	0,45	120,4	2,25	2,30	1,81	2,20	3,78	2,59	119	1,01	3,144	26,11	46,78
	76		1,82	0,47	91,1	2,38	2,26	1,83	2,17	3,68	2,59	68	1,34	0,384	4,21	49,73
	77	Carioca	1,60	0,55	136,0	2,29	2,68	1,89	2,48	3,28	2,79	93	1,46	1,968	14,47	53,27
	78		1,49	0,42	112,1	2,02	3,14	2,39	1,95	3,78	2,89	101	1,11	0,234	2,09	56,83
	79		1,36	0,48	176,2	2,02	3,20	2,39	2,99	3,68	2,79	248	0,71	2,662	15,11	54,99
	80		1,98	0,42	139,4	2,54	2,69	2,24	2,61	3,68	2,89	160	0,97	2,722	19,53	62,67
81	Rico 23	1,24	0,44	68,2	1,75	2,59	1,69	2,35	3,48	3,48	107	0,64	0,234	3,43	34,56	
82		2,29	0,51	112,4	2,91	2,33	1,96	2,26	3,88	2,59	80	1,40	0,219	1,95	63,36	
83		1,72	0,73	122,1	2,57	2,24	1,97	2,16	3,48	2,79	139	0,88	0,203	1,66	52,91	
84		1,82	0,74	167,8	2,73	2,87	1,81	2,56	3,68	2,59	225	0,75	0,249	1,48	65,62	
NaCl	85	Venezuela 350	2,94	1,12	156,8	4,22	2,32	1,68	2,14	2,89	1,10	224	0,70	1,440	9,18	87,03
	86		2,55	1,21	107,5	3,87	2,07	1,53	1,90	3,08	1,10	116	0,93	1,742	16,20	71,29
	87		1,29	0,48	102,2	1,87	2,58	1,74	2,35	3,08	1,10	48	2,13	0,415	4,06	41,63
	88		1,66	0,66	123,6	2,44	2,15	1,91	2,08	2,89	1,30	117	1,06	2,179	17,63	48,30
	89	Carioca	1,78	0,58	135,8	2,50	2,26	2,37	2,29	2,89	1,30	153	0,89	1,591	11,72	53,98
	90		2,01	0,47	153,2	2,63	2,68	2,19	2,59	2,79	1,20	170	0,90	3,928	25,64	64,16
	91		1,28	0,55	151,8	1,98	2,82	2,19	2,63	2,89	1,40	280	0,54	2,209	14,55	48,14
	92		1,60	0,54	149,3	2,29	3,67	2,19	3,30	3,38	1,40	158	0,94	2,903	19,44	70,55
93	Rico 23	2,12	0,77	140,8	3,03	2,03	2,03	2,03	2,59	1,60	192	0,72	0,188	1,33	58,67	
94		1,92	0,85	164,6	2,93	2,53	2,00	2,37	2,69	1,79	173	0,95	3,295	20,02	65,58	
95		1,64	0,76	105,6	2,51	2,41	2,00	2,28	3,58	1,79	104	1,01	0,882	5,36	54,72	
96		1,88	0,64	114,5	2,63	2,29	2,10	2,24	2,79	1,70	110	1,04	2,043	17,84	56,49	

(*) (μ mol etileno / g nódulo)

TABELA 7 - Efeito de doses crescentes de P na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 25 dias de crescimento vegetativo

Tratam. (mM P/l. de soluçãoq vaso	Número do vaso	Varie- dade	Matéria Seca					Z N		Z P		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N planta
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/ planta	Peso médio	Total (μ mol)	Especí- fica (*)	
2,0 mM Estéril	1	Vene- zuela 350	0,84	0,20	0	1,12	0,87	2,10	1,18	-	-	-	-	-	-	13,19
	2		0,67	0,21	0	0,88	0,97	2,10	1,24	-	-	-	-	-	-	10,91
	3		0,69	0,36	0	1,05	0,95	2,12	1,35	-	-	-	-	-	-	14,18
	4		0,89	0,31	0	1,20	0,99	2,10	1,28	-	-	-	-	-	-	15,36
	5	Cario- ca	0,72	0,23	0	0,95	1,06	2,10	1,05	-	-	-	-	-	-	9,95
	6		0,93	0,34	0	1,27	1,06	2,10	1,34	-	-	-	-	-	-	17,00
	7		0,78	0,23	0	1,01	1,10	2,00	1,30	-	-	-	-	-	-	13,18
	8		0,80	0,25	0	1,06	1,16	2,30	1,43	-	-	-	-	-	-	15,15
2,0 mM Inoculado	9	Rico 23	0,80	0,33	0	1,13	0,97	1,84	1,22	-	-	-	-	-	-	13,83
	10		0,46	0,21	0	0,67	1,10	1,85	1,33	-	-	-	-	-	-	8,94
	11		0,74	0,34	0	1,08	1,17	1,93	1,41	-	-	-	-	-	-	15,22
	12		0,78	0,22	0	1,00	1,00	1,97	1,21	-	-	-	-	-	-	12,13
	13	Vene- zuela 350	0,61	0,17	15,6	0,80	2,61	2,33	2,55	0,61	1,03	37	0,42	1,591	102,00	19,88
	14		0,43	0,12	18,2	0,57	2,72	2,34	2,64	0,60	1,03	43	0,42	0,218	11,98	14,51
	15		0,80	0,23	23,1	1,05	2,89	1,83	2,65	0,58	1,04	48	0,48	0,225	9,74	27,33
	16		0,56	0,13	11,6	0,70	2,97	2,24	2,83	0,62	1,05	14	0,83	0,336	28,96	19,54
	17	Cario- ca	0,62	0,14	19,7	0,78	2,41	2,20	2,37	0,65	0,92	63	0,31	0,087	4,42	18,02
	18		0,38	0,08	9,7	0,47	2,12	2,61	2,21	0,62	0,86	58	0,17	0,249	25,67	10,15
	19		0,41	0,10	19,2	0,53	2,75	2,55	2,71	0,64	1,05	54	0,35	0,230	11,98	13,82
	20		0,47	0,12	14,1	0,60	2,84	2,29	2,73	0,71	1,08	36	0,39	0,137	9,72	16,12
2,0 mM Inoculado	21	Rico 23	0,50	0,15	8,4	0,66	2,15	1,73	2,05	0,58	1,14	15	0,56	0,022	2,62	13,34
	22		0,49	0,17	13,8	0,67	3,20	1,89	2,86	0,80	1,14	36	0,38	0,244	17,68	18,89
	23		0,41	0,13	11,8	0,55	2,84	2,08	2,65	0,59	0,89	37	0,32	0,876	45,62	14,34
	24		0,49	0,16	11,5	0,66	2,97	2,15	2,77	0,69	1,10	30	0,38	0,411	35,74	17,99

Continua ...

TABELA 7 - Continuação

Tratam. (mM P/l. de solução	Número do vaso	Matéria Seca				% N		% P		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Varie- dade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/ planta	Peso medio (μ mol)	Espe- fica (*)
0,01 mM	25	Vene- zuela 350	0,45	0,15	11,2	0,61	2,87	1,94	2,64	0,21	0,28	30	0,37	7,14
	26		0,60	0,18	11,4	0,79	3,01	2,72	2,94	0,20	0,31	23	0,49	4,47
	27		0,55	0,19	14,0	0,75	3,02	1,78	2,70	0,23	0,32	45	0,31	10,78
	28		0,64	0,19	12,7	0,84	2,71	1,69	2,47	0,22	0,31	22	0,58	7,24
	29	Cario- ca	0,35	0,16	17,0	0,53	2,65	2,08	2,47	0,18	0,31	63	0,27	18,76
	30		0,47	0,13	13,6	0,61	2,74	2,33	2,65	0,22	0,31	60	0,23	19,29
	31		0,22	0,08	3,6	0,30	2,97	2,52	2,85	0,27	0,33	45	0,08	6,67
	32		0,53	0,15	17,0	0,70	3,01	2,37	2,87	0,24	0,32	70	0,24	3,65
0,05 mM	33	Rico 23	0,46	0,17	14,6	0,64	2,64	2,03	2,47	0,27	0,25	50	0,29	16,85
	34		0,47	0,18	15,6	0,67	2,97	2,07	2,72	0,30	0,28	31	0,50	14,93
	35		0,49	0,19	17,1	0,70	3,10	1,70	2,71	0,24	0,26	38	0,45	20,41
	36		0,39	0,12	22,1	0,53	2,59	1,91	2,82	0,26	0,30	43	0,51	28,64
	37	Vene- zuela 350	0,93	0,32	21,4	1,28	2,84	1,68	2,55	0,71	0,49	49	0,44	41,54
	38		0,62	0,16	7,9	0,79	3,12	2,41	2,97	0,70	0,77	12	0,66	72,40
	39		0,63	0,19	10,5	0,83	3,02	2,28	2,85	0,65	0,68	27	0,39	22,09
	40		0,55	0,15	15,0	0,71	2,73	1,97	2,56	0,68	0,66	20	0,75	14,93
	41	Cario- ca	0,46	0,12	15,6	0,60	2,64	2,34	2,58	0,74	0,51	38	0,41	29,10
	42		0,57	0,16	15,2	0,74	2,61	2,27	2,54	0,76	0,72	28	0,64	18,88
	43		0,14	0,04	10,3	0,18	3,03	2,20	2,84	0,79	0,75	6	0,05	27,09
	44		0,47	0,11	16,3	0,60	2,78	2,47	2,72	0,70	0,81	50	0,33	64,23
0,05 mM	45	Rico 23	0,45	0,23	24,3	0,70	3,11	1,94	2,71	0,79	0,85	29	0,84	28,56
	46		0,69	0,19	12,9	0,89	2,79	2,14	2,65	0,75	0,94	20	0,64	21,47
	47		0,47	0,16	14,4	0,64	2,97	2,07	2,74	0,71	0,79	44	0,33	55,21
	48		0,64	0,24	16,0	0,90	2,84	2,24	2,68	0,73	0,88	30	0,53	102,81

continua ...

TABELA 7 - Continuação

Tratam. (mM P/l de solução vaso	Número do vaso	Matéria Seca				% N		% P		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N planta
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Número p/ planta	Peso médio	Total (μ mol)	Especí- fica (*)
0,25 mM	49	0,50	0,12	22,6	0,64	2,75	1,74	2,55	0,91	1,03	38	0,59	0,601	26,54
	50	0,52	0,16	23,7	0,70	3,32	1,91	2,99	0,95	1,25	40	0,59	1,915	80,80
	51	0,48	0,13	14,8	0,61	2,59	2,11	2,59	0,97	1,15	7	0,68	0,710	47,97
	52	0,69	0,20	11,0	0,90	2,90	2,34	2,77	0,94	1,05	11	1,00	0,744	67,64
	53	0,40	0,14	20,0	0,56	2,56	2,27	2,48	0,98	1,25	35	0,57	0,316	15,80
	54	0,61	0,15	30,2	0,79	2,94	1,84	2,72	0,89	1,15	70	0,43	0,549	18,18
	55	0,39	0,09	23,2	0,50	3,07	1,71	2,81	0,97	1,30	70	0,33	0,707	30,47
	56	0,35	0,10	9,5	0,46	3,02	2,35	2,87	0,98	1,09	46	0,21	0,191	20,10
	57	0,41	0,13	20,7	0,56	2,84	1,77	2,58	0,99	1,08	49	0,42	0,272	13,14
	58	0,53	0,18	21,6	0,73	2,71	1,78	2,35	1,01	1,17	43	0,50	0,417	19,30
	59	0,55	0,10	19,5	0,67	2,91	1,95	2,76	0,88	1,25	50	0,39	1,029	52,77
	60	0,56	0,19	16,0	0,77	2,4	2,22	2,41	0,96	1,14	45	0,35	1,083	67,69
	61	0,70	0,20	15,0	0,92	2,65	1,72	2,44	1,10	1,78	24	0,62	0,518	34,53
	62	0,62	0,16	24,0	0,90	2,81	1,98	2,64	1,14	1,64	25	0,96	1,497	62,37
	63	0,53	0,15	21,6	0,70	2,74	2,12	2,60	1,07	1,65	34	0,63	0,505	23,28
	64	0,44	0,10	6,1	0,45	2,77	2,31	2,68	1,18	1,60	9	0,68	0,134	21,97
1,25 mM	65	0,41	0,10	19,0	0,53	2,84	1,74	2,62	1,11	1,72	52	0,36	1,645	86,58
	66	0,58	0,15	21,4	0,75	3,12	1,87	2,86	1,12	1,80	49	0,44	1,456	68,04
	67	0,45	0,12	26,0	0,60	3,01	1,94	2,78	1,07	1,64	62	0,42	0,863	33,19
	68	0,38	0,10	21,1	0,50	2,74	2,41	2,67	1,05	1,79	54	0,39	3,507	166,21
	69	0,46	0,15	11,4	0,63	2,45	2,01	2,34	1,09	1,81	21	0,54	0,319	27,98
	70	0,62	0,20	23,1	0,84	2,67	1,98	2,50	1,13	1,85	64	0,36	2,158	93,42
	71	0,49	0,17	20,9	0,68	2,90	2,11	2,70	1,15	1,51	39	0,54	0,640	30,62
	72	0,45	0,14	16,8	0,61	2,97	2,17	2,78	1,06	1,57	49	0,34	0,684	40,71

(*) (μ mol etileno / g de nódulo)

TABELA 8 - Efeito de doses crescentes de P na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 45 dias de crescimento vegetativo

Matéria Seca										% N		% P		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N planta
Tratam. (mM P/l. de solução	Número do vaso	Varie- dade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Número p/ planta	Peso médio	Total (μ mol)	Especi- fica (*)	
2,0 mM Esteril	1	Vene-	13,0	0,42	0	1,72	1,73	1,86	1,76	-	-	-	-	-	-	-	-	30,30
	2	zuela	0,63	0,42	0	1,05	2,23	1,76	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	21,43
	3	350	1,36	0,86	0	2,22	1,85	1,83	1,84	-	-	-	-	-	-	-	-	40,90
	4		1,48	0,76	0	2,24	2,04	1,70	1,92	-	-	-	-	-	-	-	-	43,11
	5		0,54	0,25	0	0,79	2,73	2,30	2,59	-	-	-	-	-	-	-	-	20,49
	6	Cario	0,74	0,41	0	1,15	2,48	2,12	2,35	-	-	-	-	-	-	-	-	27,04
	7	ca	1,17	0,65	0	1,82	2,66	2,14	2,47	-	-	-	-	-	-	-	-	45,03
	8		0,79	0,34	0	1,13	2,61	2,00	2,43	-	-	-	-	-	-	-	-	27,42
	9		1,16	0,62	0	1,78	2,23	1,70	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	36,41
	10	Rico	0,77	0,41	0	1,18	2,47	1,56	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	25,42
	11	23	1,38	0,68	0	2,06	2,44	1,56	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	44,28
	12		0,72	0,35	0	1,07	2,37	1,87	2,11	-	-	-	-	-	-	-	-	23,60
	13	Vene-	0,76	0,35	73,2	1,18	3,14	1,85	2,73	0,63	2,17	0,63	2,17	92	0,79	0,938	12,82	30,33
	14	zuela	0,87	0,31	58,9	1,24	2,87	1,58	2,51	0,66	1,71	0,66	1,71	74	0,79	0,991	16,82	29,67
	15		1,12	0,35	95,3	1,56	2,91	1,91	2,47	0,58	2,17	0,58	2,17	116	0,82	0,240	25,15	36,32
	16		1,21	0,30	81,2	1,59	30,0	1,65	2,73	0,50	1,57	0,50	1,57	114	0,71	0,162	20,01	41,25
2,0 mM Inoculado	17		0,97	0,34	63,2	1,37	2,79	1,77	2,52	0,74	1,02	0,74	1,02	150	0,42	0,042	0,67	33,08
	18	Cario	1,34	0,65	74,7	2,06	1,98	1,57	1,84	0,71	1,32	0,71	1,32	116	0,64	0,186	2,49	36,73
	19	ca	1,04	0,25	84,8	1,37	2,77	1,90	2,60	0,58	1,27	0,58	1,27	151	0,56	0,552	6,52	33,56
	20		1,24	0,31	135,0	1,69	3,12	1,88	2,87	0,75	0,89	0,75	0,89	273	0,49	0,127	9,42	44,52
	21		0,84	0,34	38,6	1,22	2,94	1,86	2,63	0,68	1,80	0,68	1,80	50	0,77	0,114	2,96	31,06
	22	Rico	1,18	0,26	78,5	1,52	2,95	1,95	2,77	0,60	1,68	0,60	1,68	91	0,86	0,592	7,54	39,88
	23	23	0,99	0,39	40,8	1,37	2,82	1,83	2,54	0,70	1,56	0,70	1,56	145	0,28	0,696	17,07	35,06
	24		1,14	0,47	88,8	1,70	2,70	1,95	2,48	0,75	1,72	0,75	1,72	139	0,64	0,232	2,61	39,94

continua ...

TABELA 8 - Continuação

Tratam. (mM P/l. de solução)	Número de vaso	Matéria Seca				Z N		Z P		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Número p/ planta	Peso médio	Total (μ mol)	Especí- fica (*)	
0,01 mM	25	1,16	0,59	17,5	1,77	2,82	2,18	0,10	0,15	23	0,76	0	0	45,57
	26	1,22	0,64	23,7	1,88	2,80	1,83	0,17	0,13	24	0,99	0	0	45,87
	27	0,89	0,48	40,0	1,41	2,83	2,02	0,19	0,14	40	1,00	0,343	8,58	34,89
	28	1,26	0,61	41,8	1,91	2,64	2,00	0,21	0,13	43	0,97	0,330	7,90	45,46
	29	0,77	0,28	25,5	1,08	3,01	2,49	0,18	0,16	36	0,71	0,114	4,49	30,15
	30	0,97	0,36	41,8	1,37	3,50	2,34	0,19	0,15	58	0,72	0,245	5,87	42,37
	31	0,82	0,28	28,0	1,13	3,20	2,55	0,21	0,17	58	0,48	0,082	2,92	33,38
	32	0,96	0,49	30,9	1,48	3,33	2,49	0,22	0,18	45	0,69	0,245	7,94	44,17
0,05 mM	33	0,79	0,37	45,0	1,20	2,94	2,43	0,18	0,16	45	1,00	0,415	9,23	32,22
	34	0,68	0,33	24,7	1,03	3,00	2,29	0,20	0,14	22	1,12	0,042	1,72	27,96
	35	0,91	0,40	47,5	1,36	2,66	2,44	0,19	0,15	69	0,69	0,690	14,52	33,97
	36	1,25	0,94	53,4	2,24	2,45	2,18	0,16	0,15	56	0,95	0,867	16,23	51,11
	37	1,18	0,52	61,8	1,76	1,93	2,24	0,35	0,78	33	1,87	0,153	24,89	34,42
	38	1,34	0,58	56,2	1,98	1,83	2,21	0,38	0,79	37	1,52	0,317	5,64	37,34
	39	0,80	0,29	45,6	1,14	1,78	2,55	0,39	0,77	22	2,07	0,827	18,14	21,63
	40	1,13	0,50	60,0	1,69	1,65	2,24	0,37	0,75	50	1,20	0,029	10,49	29,84
0,05 mM	41	1,12	0,61	82,7	1,81	2,07	2,87	0,38	0,76	71	1,16	0,356	4,31	40,69
	42	1,25	0,32	115,2	1,68	3,33	2,94	0,48	0,57	100	1,15	0,310	26,94	51,03
	43	1,40	0,33	130,4	1,86	3,14	3,00	0,40	0,55	102	1,28	0,295	22,59	53,86
	44	1,13	0,39	99,0	1,62	2,37	2,90	0,37	0,54	98	1,01	0,840	8,49	38,09
	45	1,18	0,75	121,9	2,05	2,71	2,13	0,39	0,80	139	0,88	0,840	6,89	47,95
	46	1,02	0,62	93,2	1,73	2,37	1,95	0,38	0,77	106	0,88	1,023	10,98	36,26
	47	0,93	0,38	98,3	1,41	2,55	2,03	0,37	0,76	17	5,78	0,526	5,35	31,42
	48	0,86	0,47	90,6	1,42	2,88	2,28	0,36	0,75	87	1,04	1,599	17,65	33,43

continua ...

TABELA 8 - Continuação

Tratam. (mM P/l. de solução	Número do vaso	Matéria Seca				Z N		Z P		Nódulos		Atividade N ₂ -ase		mg/N Planta
		Parte aérea (g)	Raiz	Nódulos	Total	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Total	Peso medio	Total (μ mol)	Espe- fica (*)
0,25 mM	49	1,25	0,64	93,3	1,98	21,5	2,18	2,16	0,45	1,68	0,67	0,101	1,09	40,82
	50	1,04	0,36	88,1	1,49	2,41	2,15	2,34	0,47	1,39	0,82	1,429	16,22	32,80
	51	1,52	0,65	121,4	2,29	2,45	2,14	2,36	0,43	1,71	2,38	1,730	14,25	51,15
	52	1,50	0,74	110,0	2,36	2,40	2,15	2,32	0,48	1,62	1,04	0,795	7,22	51,91
	53	1,26	0,36	78,5	1,70	2,80	2,20	2,67	0,49	1,55	0,91	0,500	6,37	43,20
	54	1,07	0,36	82,3	1,51	2,41	2,17	2,35	0,47	1,71	0,98	0,212	2,58	33,60
	55	1,17	0,36	88,6	1,62	2,41	2,41	2,41	0,48	1,66	0,69	1,664	18,78	36,88
	56	0,93	0,33	80,7	1,34	2,86	2,40	2,74	0,50	1,48	0,90	1,795	22,24	34,52
	57	0,91	0,43	76,3	1,42	2,42	2,00	2,28	0,47	1,55	0,58	2,972	38,96	30,62
	58	0,83	0,25	103,4	1,18	2,70	1,98	2,53	0,45	1,36	1,16	1,507	14,58	27,36
1,25 mM	59	1,09	0,37	31,2	1,49	2,20	1,99	2,15	0,46	1,39	0,60	1,507	48,32	31,34
	60	1,01	0,62	110,7	1,74	2,91	2,02	2,57	0,51	1,57	0,48	2,109	19,05	41,91
	61	1,05	0,45	81,2	1,58	2,35	1,98	2,24	0,52	2,32	1,31	0,036	0,44	33,58
	62	1,29	0,54	52,0	1,88	1,95	1,99	1,96	0,46	2,32	1,86	0,167	3,21	35,90
	63	1,42	0,64	100,6	2,16	2,32	1,95	2,20	0,52	1,92	1,14	0,827	8,22	45,42
	64	0,70	0,34	56,6	1,10	2,68	1,98	2,45	0,51	2,57	0,96	1,952	34,49	25,49
	65	1,36	0,52	84,5	1,96	2,23	2,44	2,29	0,52	2,68	1,17	0,226	2,67	43,02
	66	1,20	0,34	85,4	1,63	2,42	2,38	2,41	0,51	2,49	0,87	0,723	8,46	37,13
	67	1,00	0,35	77,1	1,43	2,60	2,69	2,62	0,53	2,76	1,57	1,324	17,17	35,41
	68	1,41	0,36	116,0	1,89	2,51	2,58	2,52	0,50	2,69	1,07	1,756	15,14	44,68
	69	0,87	0,37	95,4	1,34	2,63	2,29	2,53	0,51	2,82	0,87	1,207	12,65	31,35
	70	1,07	0,39	90,0	1,55	2,72	1,92	2,51	0,75	2,57	0,84	0,566	6,28	36,59
	71	1,14	0,67	127,5	1,94	2,35	1,87	2,17	0,68	2,58	1,04	1,782	13,98	39,32
	72	1,14	0,67	146,5	1,96	2,51	1,98	2,31	0,62	2,80	2,15	0,958	6,54	41,88

(*) (μ mol etílico / g de nódulo)

TABELA 9 - Efeito de doses crescentes de alumínio e manganês, e ausência de ferro e molibdênio, na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de variedades de feijoeiro, aos 25 dias de crescimento vegetativo

		Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase		
Tratamento	Número do vaso	Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específica (*)
5 ppm Al	1	Venezuela 350	0,54	0,39	27,1	0,90	42	0,64	0,291	10,76
	2		0,48	0,27	14,9	0,76	30	0,50	0,138	9,24
	3		0,51	0,25	18,7	0,78	34	0,55	0,159	8,49
	4		0,53	0,30	7,7	0,83	12	0,64	0,152	19,74
	5	Carioca	0,57	0,22	35,0	0,62	80	0,44	0,496	14,18
	6		0,67	0,31	16,4	1,00	25	0,66	0,244	14,86
	7		0,60	0,26	14,7	0,87	28	0,52	0,280	19,05
	8		0,59	0,30	32,2	1,02	70	0,46	0,504	15,65
10 ppm Al	9	Rico 23	0,62	0,28	22,9	0,90	49	0,47	0,335	14,65
	10		0,48	0,30	29,0	0,81	53	0,55	0,710	24,49
	11		0,47	0,29	27,9	0,79	85	0,33	0,307	11,00
	12		0,58	0,34	18,5	0,94	40	0,46	0,267	14,42
	13	Venezuela 350	0,83	0,42	6,1	1,26	9	0,68	0,048	7,84
	14		0,72	0,22	13,8	0,95	25	0,51	0,145	11,35
	15		0,43	0,20	8,0	0,64	23	0,35	0,126	15,77
	16		0,45	0,21	13,4	0,67	17	0,79	0,080	5,99
10 ppm Al	17	Carioca	0,53	0,17	8,4	0,71	11	0,76	0,145	17,30
	18		0,39	0,13	6,8	0,52	7	0,97	0,043	6,33
	19		0,43	0,13	2,7	0,56	5	0,54	0,120	44,61
	20		0,48	0,16	7,0	0,65	17	0,41	0,225	32,09
	21	Rico 23	0,46	0,24	3,6	0,70	10	0,36	0,005	1,33
	22		0,34	0,16	11,9	0,51	32	0,37	0,142	11,97
	23		0,48	0,24	15,4	0,73	18	0,85	0,054	3,54
	24		0,42	0,22	6,2	0,65	20	0,31	0,056	9,10

continua ...

TABELA 9 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				Nódulo		Atividade N ₂ -ase	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específica (*)
10 ppm Mn	25	Venezuela 350	0,27	0,11	0	0,38	-	-	0	0
	26		0,30	0,14	0	0,44	-	-	0	0
	27		0,27	0,15	0	0,42	-	-	0	0
	28		0,26	0,14	0	0,40	-	-	0	0
	29	Carioca	0,28	0,12	0	0,40	-	-	0	0
	30		0,25	0,12	0	0,37	-	-	0	0
	31		0,38	0,15	0	0,53	-	-	0	0
	32		0,22	0,11	0	0,33	-	-	0	0
	33	Rico 23	0,24	0,11	0	0,35	-	-	0	0
	34		0,28	0,12	0	0,40	-	-	0	0
	35		0,28	0,12	0	0,40	-	-	0	0
	36		0,29	0,12	0	0,41	-	-	0	0
20 ppm Mn	37	Venezuela 350	0,28	0,10	0	0,38	-	-	0	0
	38		0,17	0,06	0	0,23	-	-	0	0
	39		0,19	0,07	0	0,26	-	-	0	0
	40		0,17	0,06	0	0,23	-	-	0	0
	41	Carioca	0,17	0,07	0	0,24	-	-	0	0
	42		0,19	0,06	0	0,25	-	-	0	0
	43		0,26	0,10	0	0,36	-	-	0	0
	44		0,18	0,07	0	0,25	-	-	0	0
	45	Rico 23	0,21	0,11	0	0,32	-	-	0	0
	46		0,18	0,09	0	0,27	-	-	0	0
	47		0,19	0,11	0	0,30	-	-	0	0
	48		0,20	0,11	0	0,31	-	-	0	0

Continua ...

TABELA 9 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específica (*)
- Fe	49	Venezuela 350	0,49	0,23	17,6	0,74	26	0,68	0,130	7,39
	50		0,71	0,34	39,2	1,09	63	0,62	1,054	26,90
	51		0,83	0,35	32,1	1,21	67	0,48	0,611	19,03
	52		0,59	0,29	37,6	0,92	49	0,77	0,886	23,57
	53	Carioca	0,62	0,23	59,8	0,91	120	0,50	1,406	23,52
	54		0,63	0,34	41,7	1,03	67	0,62	1,299	31,15
	55		0,61	0,19	46,5	0,85	62	0,75	1,085	23,33
	56		0,46	0,20	45,1	0,70	68	0,66	1,184	26,26
	57	Rico 23	0,70	0,37	54,1	1,12	97	0,56	0,611	11,29
	58		0,64	0,36	39,2	1,04	98	0,40	0,817	20,85
59	0,64		0,30	40,0	0,98	83	0,40	0,764	19,10	
60	0,59		0,38	28,8	1,00	74	0,39	0,580	20,15	
- Mo	61	Venezuela 350	0,72	0,38	15,6	1,11	24	0,65	0,146	9,38
	62		0,66	0,27	41,2	0,97	45	0,91	1,085	26,34
	63		0,78	0,44	24,2	1,24	35	0,69	0,351	14,50
	64		0,53	0,25	17,4	0,80	25	0,70	0,458	26,32
	65	Carioca	0,68	0,31	25,8	1,00	55	0,47	1,085	42,06
	66		0,88	0,35	39,2	1,27	47	0,83	0,687	17,53
	67		0,73	0,28	43,4	1,05	68	0,64	1,682	38,75
	68		0,54	0,12	29,1	0,69	48	0,61	1,651	56,74
	69	Rico 23	0,77	0,36	32,9	1,16	69	0,48	0,794	24,15
	70		0,69	0,36	35,6	1,08	83	0,43	0,496	13,94
	71		0,59	0,26	22,8	0,87	59	0,39	0,249	10,36
	72		0,85	0,40	29,2	1,28	50	0,58	0,986	33,75

continua ...

TABELA 9 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase	
		Variedade	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol) Específica (*)
	73	Venezuela 350	0,82	0,30	27,5	1,15	35	0,78	0,638 23,19
	74		0,61	0,33	16,9	0,96	27	0,62	0,171 10,12
	75		0,87	0,37	25,2	1,26	32	0,79	1,245 49,43
	76		0,76	0,32	23,3	1,10	36	0,65	0,687 29,50
Completo	77	Carioca	0,61	0,25	42,1	0,90	50	0,84	1,469 34,86
	78		0,93	0,33	53,3	1,31	90	0,59	1,742 32,70
	79		0,59	0,25	38,8	0,88	72	0,54	1,069 27,57
	80		0,56	0,22	38,1	0,82	69	0,55	0,742 19,45
	81	Rico 23	0,76	0,38	10,4	1,15	35	0,30	0,121 11,67
	82		0,56	0,28	31,2	0,87	70	0,44	0,328 10,51
	83		0,86	0,44	54,8	1,35	78	0,70	1,559 28,45
	84		0,44	0,19	20,0	0,65	50	0,40	0,435 21,75

(*) (μ mol etileno / g nódulo)

TABELA 10 - Efeito de doses crescentes de alumínio e manganês, e ausência de ferro e molibdênio na nodulacao, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca, de variedades de feijoeiro, aos 45 dias de crescimento vegetativo

Tratamento	Número de vaso	Variedade	Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específica (*)
5 ppm Al	1	Venezuela 350	0,83	0,57	28,3	1,43	32	0,88	0	0
	2		0,51	0,25	35,9	0,80	37	0,97	0	0
	3		0,92	0,60	21,0	1,54	24	0,87	0	0
	4		0,64	0,28	18,1	0,94	36	0,50	0	0
	5	Carioca	0,61	0,36	71,9	1,04	68	1,06	0	0
	6		0,53	0,29	45,2	0,86	80	0,57	0	0
	7		0,75	0,50	60,4	1,32	68	0,89	0	0
	8		0,53	0,32	64,4	0,91	57	1,13	0	0
10 ppm Al	9	Rico 23	0,47	0,36	36,2	0,87	0	0,90	0	0
	10		0,66	0,42	65,7	1,14	60	1,04	0	0
	11		0,47	0,37	46,1	0,89	64	0,72	0	0
	12		0,69	0,53	69,8	1,29	78	0,89	0	0
	13	Venezuela 350	0,49	0,26	33,8	1,78	41	0,82	0	0
	14		0,38	0,19	4,9	0,57	10	0,49	0	0
	15		0,48	0,32	12,8	0,81	20	0,64	0	0
	16		0,52	0,25	14,0	0,78	23	0,61	0	0
10 ppm Al	17	Carioca	0,64	0,24	58,3	0,99	70	0,83	0	0
	18		0,58	0,20	40,4	0,82	20	2,02	0	0
	19		0,71	0,30	25,2	1,03	10	2,52	0	0
	20		0,53	0,21	9,5	0,75	10	0,95	0	0
	21	Rico 23	0,46	0,30	8,4	0,77	6	1,40	0	0
	22		0,43	0,28	0,6	0,71	2	0,30	0	0
	23		0,45	0,30	13,7	0,76	10	1,37	0	0
	24		0,46	0,29	14,1	0,76	19	0,74	0	0

continua ...

TABELA 10 - Continuação

Tratamento	Número de vaso	Variedade	Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específica (*)
10 ppm Mn	25	Venezuela 350	0,36	0,15	0	0,51	0	0	0	0
	26		0,44	0,16	0	0,60	0	0	0	0
	27		0,31	0,11	0	0,42	0	0	0	0
	28		0,27	0,12	0	0,39	0	0	0	0
	29	Carioca	0,35	0,12	0	0,47	0	0	0	0
	30		0,20	0,10	0	0,30	0	0	0	0
	31		0,36	0,10	0	0,46	0	0	0	0
	32		0,24	0,11	0	0,35	0	0	0	0
20 ppm Mn	33	Rico 23	0,71	0,24	0	0,95	0	0	0	0
	34		0,94	0,27	0	1,21	0	0	0	0
	35		0,45	0,15	0	0,60	0	0	0	0
	36		0,41	0,20	0	0,61	0	0	0	0
	37	Venezuela 350	0,15	0,05	0	0,20	0	0	0	0
	38		0,21	0,09	0	0,30	0	0	0	0
	39		0,14	0,07	0	0,21	0	0	0	0
	40		0,14	0,06	0	0,20	0	0	0	0
20 ppm Mn	41	Carioca	0,17	0,05	0	0,22	0	0	0	0
	42		0,18	0,07	0	0,25	0	0	0	0
	43		0,17	0,06	0	0,23	0	0	0	0
	44		0,19	0,08	0	0,27	0	0	0	0
	45	Rico 13	0,14	0,09	0	0,23	0	0	0	0
	46		0,22	0,08	0	0,30	0	0	0	0
	47		0,21	0,11	0	0,32	0	0	0	0
	48		0,24	0,08	0	0,32	0	0	0	0

continua ...

TABELA 10 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específica (*)
- Fe	49	Venezuela 350	1,20	0,55	83,2	1,83	65	1,28	0	0
	50		0,82	0,51	77,9	1,41	41	1,90	0	0
	51		0,86	0,45	68,5	1,38	35	1,96	0	0
	52		0,79	0,35	55,3	1,19	24	2,30	0	0
	53	Carioca	1,01	0,32	92,2	1,42	89	1,04	0	0
	54		0,97	0,41	96,4	1,48	79	1,22	0	0
	55		0,72	0,28	37,9	1,04	24	1,58	0	0
	56		0,91	0,50	80,9	1,49	26	1,76	0	0
	57	Rico 23	0,93	0,49	80,4	1,50	93	0,86	0	0
	58		0,80	0,46	89,0	1,35	88	1,01	0	0
	59		0,89	0,47	67,9	1,43	93	0,73	0	0
	60		0,89	0,50	99,0	1,49	98	1,01	0	0
	61	Venezuela 350	0,57	0,33	60,4	0,96	17	3,55	1,666	27,58
	62		0,51	0,38	62,7	0,95	38	1,65	1,342	21,40
	63		0,87	0,45	76,6	1,40	38	2,01	0,816	10,65
	64		0,92	0,43	105,1	1,45	64	1,64	1,265	12,05
- Mo	65	Carioca	0,54	0,40	63,8	1,00	59	1,08	1,027	16,10
	66		0,49	0,43	76,2	1,01	59	1,29	0,429	5,63
	67		0,34	0,23	87,6	0,66	129	0,68	0,828	9,45
	68		0,36	0,32	16,9	0,77	21	0,80	0,421	24,91
	69	Rico 23	0,63	0,54	44,7	1,21	54	0,83	0,666	14,90
	70		0,58	0,45	69,9	1,73	55	1,27	0,721	10,31
	71		0,90	0,69	88,7	1,68	68	1,30	0,416	4,69
	72		0,85	0,77	63,8	1,00	60	1,06	0,518	8,12

continua ...

TABELA 10 - Continuação

Tratamento	Número do vaso	Variedade	Matéria Seca				Nódulos		Atividade N ₂ -ase	
			Parte aérea (g)	Raiz (g)	Nódulos (mg)	Total (g)	Número p/planta	Peso médio (mg)	Total (μ mol)	Específico (*)
Completo	73	Venezuela 350	1,24	0,70	120,1	2,06	130	0,92	1,850	15,40
	74		1,04	0,50	106,2	1,65	57	0,86	0,536	5,05
	75		1,16	0,66	167,1	1,99	130	1,28	1,591	9,53
	76		1,39	0,68	116,9	2,19	78	1,50	0,925	7,91
	77	Carioca	0,92	0,31	108,6	1,34	92	1,18	0,879	8,09
	78		0,77	0,43	101,8	1,30	61	1,67	0,398	3,91
	79		0,77	0,35	89,0	1,21	65	1,37	0,573	6,44
	80		0,67	0,50	76,0	1,25	58	1,31	0,906	11,92
	81	Rico 13	0,93	0,53	66,3	1,53	82	0,81	0,429	6,48
	82		0,92	0,68	69,5	1,67	74	0,94	0,802	11,54
	83		0,87	0,59	110,7	1,57	142	0,78	0,570	5,15
	84		0,90	0,54	119,2	1,56	130	0,92	0,450	3,77

(*) (μ mol etileno / g nódulo)