

**CLEOPATRA DO NASCIMENTO SARAIVA**

**PRODUÇÃO DO CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp) SOB EFEITO DE  
ADUBAÇÃO VERDE E DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO.**

**RECIFE**

**2006**

**CLEOPATRA DO NASCIMENTO SARAIVA**

**PRODUÇÃO DO CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp) SOB EFEITO DE  
ADUBAÇÃO VERDE E DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Solo.

Orientador:

Prof. Mario de Andrade Lira Junior

Co-orientadores:

Prof<sup>a</sup> Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

Prof. Newton Pereira Stamford

**RECIFE**

**2006**

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

S243p Saraiva, Cleopatra do Nascimento  
Produção do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) sob  
efeito de adubação verde e diferentes fontes de nitrogênio /  
Cleopatra do Nascimento Saraiva. -- 2006.  
35 f. : il.

Orientador: Mário de Andrade Lira Júnior  
Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) -- Univer-  
sidade Federal Rural de Pernambuco.  
Inclui bibliografia

CDD 631.81

1. Caupi
  2. *Vigna unguiculata*
  3. Adubação verde
  4. Adubação nitrogenada
  5. Rizóbio
- I. Lira Júnior, Mário de Andrade
  - II. Título

**PRODUÇÃO DO CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp) SOB EFEITO DE  
ADUBAÇÃO VERDE E DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO.**

**CLEOPATRA DO NASCIMENTO SARAIVA**

Dissertação defendida e aprovada em 28 de setembro de 2006 pela  
Banca Examinadora:

**ORIENTADOR:**

---

**Ph.D Mario de Andrade Lira Junior**

**EXAMINADORES:**

---

**Dr<sup>a</sup> Lúcia de Fátima Carvalho Chaves**

---

**Dr<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Betânia Galvão dos Santos Freire**

---

**Dr<sup>a</sup> Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos**

**“Eu nunca fiz algo que valesse a pena por acidente, nem nenhuma das minhas invenções aconteceram por acidente; elas vieram pelo trabalho.”**

(Thomas Edison)

Aos meus pais, Fernando Leite Saraiva e Maria Socorro do Nascimento Saraiva. Ao meu esposo, Luiz Claudeivan Cruz Lima. Aos meus filhos, Laís e Luan. A minhas irmãs, Ana Cláudia e Fernanda. Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. Esta etapa da minha vida teve a importante colaboração de todos eles.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade de poder vivenciar mais essa experiência.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo, pela realização do curso.

À Escola Agrotécnica Federal de Crato, por investir neste convênio com a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

A meu orientador, Prof. Ph.D Mario de Andrade Lira Junior, pelo apoio e conhecimentos transmitidos em todas as etapas deste trabalho.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo, no primeiro ano de realização do curso, Prof. Dr. Fernando José Freire, por acreditar neste convênio entre a UFRPE e as Escolas Agrotécnicas de Crato - CE, Iguatu - CE e Sousa – PB.

Ao coordenador atual do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo, Prof. Ph.D Emídio Cantídio de Oliveira Filho, pelo apoio dado durante os anos do curso.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia - Ciências do Solo, pela transmissão dos conhecimentos.

Aos funcionários do Departamento de Solos, especialmente a Socorro Santana e Severino Cruz Ramos Bastos, pela disposição em atender.

A todos os meus colegas da turma do Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, pelo apoio técnico e intelectual.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

## RESUMO

Objetivando estudar como a adubação verde afeta a nodulação e produtividade de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) recebendo diferentes fontes de N, foi conduzido um experimento em campo, utilizando a cultivar Patativa, no Crato – CE. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, esquema parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de adubação verde, formando a parcela principal e fontes de nitrogênio como sub-parcela, e amostragens quinzenais como sub-sub-parcela. As adubações verdes foram: milheto – *Pennisetum americanum*, mucuna-preta – *Stizolobium aterrimum*, vegetação espontânea; enquanto as fontes de nitrogênio foram: população rizobiana Nativa, 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, inoculação com estirpes rizobianas (*Bradyrhizobium sp*) recomendadas pela RELARE – Brasil - BR 3301 + BR 3302, ou pela UFRPE – NFB 6156 + NFB 700. A partir de sete dias após a germinação e até a maturidade final da cultura foram realizadas amostras colhendo duas plantas por sub-parcela para determinação do número de nódulos, matéria seca de nódulos e matéria seca da parte aérea. Também foram feitas colheitas em todas as plantas de cada sub-parcela para determinação da produção grãos, iniciando-se 60 dias após a semeadura do caupi e seguindo-se uma vez a cada semana até o fim da produção. Apesar da população rizobiana não ter sido determinada, os resultados indicam consistentemente que o principal efeito benéfico da mucuna foi aumentar a população rizobiana nativa do solo, com conseqüente aumento da nodulação do caupi não inoculado subsequente. Nas condições do experimento, a inoculação com estirpes recomendadas, ou o aumento da população nativa, permitiu produção de biomassa e grãos semelhante à adubação com 50kg de N.



## ABSTRACT

A field experiment was conducted to evaluate the effect of green manure on cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) nodulation and yield under different nitrogen sources. Cowpea cultivar Patativa was grown at Crato – CE. The experiment was conducted on a split-split-plot randomized block design, with four replicates. Treatments were green manure for the main plot, nitrogen sources as the split-plot and bi-weekly samplings as the split-split-plot. Green manure was pearl millet–*Pennisetum americanum*, velvet bean – *Stizolobium aterrimum*, and spontaneous vegetation, while the nitrogen sources were nitrogen fertilizer (50 kg N.ha<sup>-1</sup> as urea), plants not inoculated or fertilized (Nativa), or inoculation with *Bradyrhizobium* sp. recommended by RELARE (strains BR 3301 + BR 3302) or rhizobial strains recommended by UFRPE – strains NFB 6156 + NFB 700. From the seventh day after germination up to physiological maturity, two-plants samples were conducted every two weeks for nodule number and dry mass and aerial part dry mass. After 60 days grain yield was determined weekly for all plants in each plot. Although rhizobial population was not determined, results consistently indicate that the main effect of velvet beans was an increase in native rhizobial population, which increased subsequent cowpea nodulation for the Native treatment. Under the conditions prevalent for the experiment, inoculation with superior strains or use of a green manure to increase native rhizobial population were as effective as nitrogen fertilization for cowpea grain yield.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Esquema de distribuição dos blocos, parcelas e sub-parcelas na área do experimento de cultivo de caupi, em sucessão a diferentes coberturas verdes e diferentes fontes de nitrogênio, no Crato – CE.....16
- FIGURA 2 – Visão geral das parcelas formadas pela adubação verde (a), linhas de semeadura do milho (b), e da mucuna-preta (c), antecedente à cultura do caupi, em experimento no Crato – CE.....17
- FIGURA 3 – Linhas de semeadura do caupi, em sucessão a diferentes tipos de cobertura verde, em experimento realizado no Crato – CE.....18
- FIGURA 4 – Precipitação pluviométrica, temperatura, umidade e evaporação na região do Cariri de acordo com dados da Embrapa Algodão, campo experimental de Barbalha – CE.....19
- FIGURA 5 – Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubações verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) sobre o desenvolvimento da nodulação (número de nódulos) do caupi (*Vigna unguiculata*).....22
- FIGURA 6 – Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) sobre matéria seca da parte aérea e número e matéria seca de nódulos na floração de caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato – CE.....25
- FIGURA 7 – Produção de matéria seca da parte aérea de caupi, em relação à idade da cultura.....26
- FIGURA 8 – Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubações verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) sobre produtividade de grãos (corrigida para 12% de umidade) do caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato-CE.....27

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Características de fertilidade do solo – Cambissolo húmico distroférico típico, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado, utilizado para condução de experimento de campo com caupi (*Vigna unguiculata*), em Crato-CE.....15
- Tabela 2 – Análise de variância para caupi (*Vigna unguiculata*) em experimento de campo, no esquema em parcela sub-sub-dividida, estudando o efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) no Crato-CE.....21
- Tabela 3 – Efeito da idade da planta sobre o desenvolvimento do número de nódulos de planta de caupi (*Vigna unguiculata*) sob o efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) no Crato-CE.....23
- Tabela 4 – Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) sobre matéria seca da parte aérea e número e matéria seca de nódulos na floração de caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato-CE.....23
- Tabela 5 – Efeito de diferentes fontes de nitrogênio sobre a matéria seca da parte aérea de plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) cultivado em campo, no Crato-CE.....25
- Tabela 6 – Efeito da idade da planta sobre o desenvolvimento da produtividade de grãos (em Kg/ha corrigidos para 12% de umidade) de caupi (*Vigna unguiculata*) sob o efeito de fontes de nitrogênio ((adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) no Crato-CE.....28
- Tabela 7 – Efeito de fontes de nitrogênio ((adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) sobre a produtividade de grãos (em Kg/ha corrigidos para 12% de umidade) de caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato-CE.....28

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4. CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

# 1 INTRODUÇÃO

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), conhecido vulgarmente como feijão macassar ou de corda, é uma leguminosa de ampla distribuição mundial, estando presente principalmente nas regiões tropicais do globo, pois estas têm características edafoclimáticas semelhantes ao seu provável berço de origem, a África (MOUSINHO, 2005).

É a cultura de grãos mais importante da região semi-árida brasileira, alcançando de 95% a 100% do total das áreas plantadas com feijão nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (SANTOS et al., 2000), sendo também a principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Ele fornece um alimento de alto valor nutritivo, sendo um dos principais componentes da dieta, gerando, também, emprego e renda, tanto na zona rural quanto na zona urbana. Além de sua utilização na alimentação humana, pode, também ser utilizado na alimentação animal, como forragem verde, feno, ensilagem e farinha, e ainda para adubação verde e cobertura do solo (MOUSINHO, 2005).

O Estado do Ceará é o maior produtor nacional de feijão-caupi, seguido pelo Piauí. Na safra 2002/2003 a área plantada no Ceará foi de 618.600 hectares, resultando em uma produção de 211.800 toneladas (FNP, 2004).

É uma leguminosa tolerante à umidade excessiva do solo e apresenta relativa resistência a secas prolongadas, principalmente as cultivares ramadoras (STAMFORD et al., 2004). Apresenta uma variedade de características agronômicas importantes (alto teor de proteínas nos grãos, tolerância à seca e à salinidade, capacidade de se associar com bactérias diazotróficas) que explicam sua ampla dispersão em áreas áridas e semi-áridas do Brasil, da Índia e da África, muitas vezes consideradas agronomicamente marginais, principalmente para as culturas de maior interesse econômico (XAVIER et al., 2001).

Por outro lado, o caupi tem freqüentemente sua produção limitada pela falta de nitrogênio, embora por ser uma leguminosa possa obter da simbiose com rizóbio grande parte do nitrogênio requerido para seu desenvolvimento.

O nitrogênio é um nutriente essencial e sua carência é observada em quase todos os solos (SILVEIRA et al., 2005). O reservatório de N presente na matéria orgânica do solo é limitado, podendo ser esgotado rapidamente por sucessivos

cultivos e, além disso, as condições de temperatura e umidade predominantes no território brasileiro aceleram os processos de decomposição da matéria orgânica e perdas de N, resultando em solos com teores baixos desse nutriente, geralmente entre 0,05 e 0,30  $\text{cg kg}^{-1}$  de N. Os fertilizantes nitrogenados representam a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, mas a um custo elevado, pois o processo industrial que transforma o  $\text{N}_2$  em amônia ( $\text{NH}_3$ ) requer hidrogênio derivado de gás de petróleo, catalisador de ferro, altas temperaturas (300 a 600°C) e altas pressões (200 a 800 atm), sendo o gasto de fontes energéticas não renováveis calculado em seis barris de petróleo por tonelada de  $\text{NH}_3$  sintetizada. Além disso, fertilizantes nitrogenados geralmente apresentam baixa eficiência de uso, tendo uma utilização pelas plantas raramente ultrapassando 50% (CARVALHO, 2003).

Deste modo, a fixação biológica de nitrogênio assume uma importância evidente, representando a alternativa mais viável para o fornecimento de nitrogênio à cultura (MERCANTE et al., 2004).

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) resulta da transformação do  $\text{N}_2$  em amônia ( $\text{NH}_3$ ), intermediado pela enzima dinitrogenase, presente em determinados grupos de bactérias (MERCANTE et al., 2004). As bactérias fixadoras de nitrogênio em associação com leguminosa pertencem aos gêneros *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Blastobacter*, *Bradyrhizobium*, *Devosia*, *Enfiser*, *Mesorhizobium*, *Methylobacterium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Burkholderia* e *Ralstonia* (SPRENT, 2002; WOLDEMESKEL et al., 2005). Esta diversidade de gêneros levou Moreira (2006) a repensar o termo rizóbio longamente utilizado como coletivo para todos os gêneros de fixadores de N em simbiose com leguminosas, já que vários dos gêneros não pertencem sequer ao mesmo filo da tradicional família Rhizobiaceae. Por razões de uso tradicional, apesar da validade da ressalva, neste projeto o termo continuará a ser utilizado.

Assim que a simbiose é estabelecida, a planta fornece fotoassimilados à bactéria, recebendo em troca produtos nitrogenados provenientes da fixação de  $\text{N}_2$  tais como: aminoácidos e ureídeos (SCHUBERT, 1986).

É importante a verificação da necessidade da inoculação do caupi com estirpes específicas, a fim de garantir maior eficiência na fixação do nitrogênio (STAMFORD et al., 1988). A inoculação do caupi com estirpes de rizóbio, previamente selecionadas para condições de acidez e temperatura elevada mostrou ser bastante eficiente e, em alguns solos, foi demonstrado que o N proveniente da

fixação biológica pode suprir todo o nitrogênio necessário para produção satisfatória (STAMFORD et al., 2002).

Stamford et al. (1995) selecionaram estirpes rizobianas para caupi em condições de temperatura elevada, observando produção de matéria seca equivalente ao tratamento com adição de nitrogênio mineral na dosagem de 100 kg ha<sup>-1</sup> na forma de uréia.

As causas de respostas negativas à inoculação em condições de campo também têm sido sugeridas, sendo relacionadas à baixa qualidade dos inoculantes, decorrente da queda na taxa de sobrevivência da bactéria ao veículo utilizado; uso de estirpes de baixa competitividade com estirpes de rizóbio nativas; e a baixa adaptação das estirpes introduzidas às condições do local de introdução (BROCKWELL, 1982).

Outra maneira de poder obter maior eficiência na fixação biológica do N é limitando o revolvimento do solo e mantendo a cobertura vegetal. Através da adoção de sistemas de plantio direto, pode-se aumentar a massa microbiana pelo fato desta prática proporcionar melhorias nas condições favoráveis para o desenvolvimento de microrganismos (temperatura, umidade, aeração, entre outros) e diminuição na taxa de decomposição de componentes orgânicos, além de favorecer algumas propriedades químicas do solo como pH, teores de Ca, Mg, P, K e CTC (SIDIRAS & PAVAN, 1985).

Maiores quantidades de N microbiano nos sistemas, incluindo plantio direto e plantas de cobertura (adubo verde), sugerem maior disponibilidade de N para os microrganismos do solo, fato que pode-se atribuir à fixação simbiótica associada às plantas de cobertura e à decomposição mais lenta dos restos culturais, dando maior possibilidade de assimilação de N pelos microrganismos do solo (MORAIS, 2003).

Com a prática da adubação verde, é possível recuperar a fertilidade do solo, proporcionando aumento no teor da matéria orgânica, da capacidade de troca de cátions e da disponibilidade de macro e micro nutrientes; formação e estabilização de agregados; melhoria da infiltração de água e aeração; diminuição diuturna da amplitude de variação térmica, controle dos nematóides e, no caso das leguminosas, incorporação ao solo do nutriente nitrogênio (N), efetuada através da fixação biológica (IGUE, 1984). Contudo, os efeitos produzidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e o corte do

adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

A adubação verde, porém, não supre o solo com relação às suas deficiências nutricionais totais. É também necessário ter cuidado com o desequilíbrio na fertilidade, principalmente em função da disponibilidade de N, em determinada fase da decomposição da matéria orgânica, pois o enterrio de restos vegetais pobres em N, nem sempre proporciona os resultados esperados, porque a flora microbiana não tem à sua disposição quantidade suficiente de N para seu desenvolvimento e a porção de N não utilizada pelas bactérias é que, transformada em nitrato, fica disponível para as plantas cultivadas ou para se perder por lixiviação (AMBROSANO et al., 2005). Ainda assim, resultados de diferentes regiões indicam que o plantio direto pode favorecer a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em leguminosas (ALVES et al., 2003).

Este trabalho teve como objetivo estudar a produtividade do caupi em função da adubação verde e de diferentes fontes de nitrogênio.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado em área da Escola Agrotécnica Federal de Crato – Ceará, anteriormente cultivada com milho. O solo foi classificado pela equipe de Pedologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como Cambissolo húmico distroférico típico, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado. O clima da região é tropical úmido, correspondendo à classificação de AW de Köppen, com regime pluviométrico de 700 a 1000 mm ano<sup>-1</sup> (VIANA & NEUMMAN, 1999). A Escola está geograficamente localizada na longitude 39°25' W e latitude 7°14' S sendo a altitude de 422 metros (ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE CRATO, 2005).

Em função da variação na declividade da área a mesma foi dividida em sub-área 1 (blocos 1 a 3) e sub-área 2 (bloco 4). De cada sub-área foram coletadas amostras simples, na profundidade de 0-20 cm, formando uma amostra composta que foi seca ao ar, destorroada e peneirada em malha de 2 mm para caracterização da fertilidade (Tabela 1).



**Tabela 1 - Características de fertilidade do solo - Cambissolo húmico distroférico típico, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado, utilizado para condução de experimento de campo com caupi (*Vigna unguiculata*), em Crato-CE**

PROFUNDIDADE	pH	P	Ca <sup>+</sup> <sub>2</sub>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3</sup> <sub>+</sub>	C.O.	M.O.
cm	água – 1:2,5	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----g kg <sup>-1</sup> -----			
0-20 - blocos 1 a	6,57	265,00	3,00	2,85	0,23	0,0	0,0	0,58	10,8	18,7
3						4	0		8	6
0-20 - bloco 4	6,50	254,00	4,05	2,85	0,18	0,1	0,1	0,83	16,0	27,7
						5	0		7	0

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições. Foi considerado o arranjo em parcela sub-sub-dividida, sendo a parcela principal formada por três adubações verdes, a sub-parcela formada por fontes de nitrogênio e a sub-sub-parcela formada pelas diferentes amostragens, que constaram de 5 coletas de plantas e 4 coletas de grãos.

Cada subparcela apresentou dimensões de 2,8 m de largura por 4,5 m de comprimento, distando entre si de 0,5 m dentro da parcela principal, 0,5 m entre as parcelas principais e cada bloco distando 1,0 m um do outro (Figura 1).

Os tratamentos consistiram de adubação verde, formando a parcela principal e fontes de nitrogênio como sub-parcela. As adubações verdes foram: milheto – *Pennisetum americanum*, mucuna-preta – *Stizolobium aterrimum*, vegetação espontânea (com predomínio de: *Pennisetum purpureum*, *Amaranthus viridis* e *Eulesine indica*), como mostra a Figura 2, enquanto as fontes de nitrogênio foram: população rizobiana Nativa, 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, estirpes rizobianas da Embrapa – BR3301 + BR3302, estirpes rizobianas da UFRPE – NFB6156 + NFB700.

O milheto foi semeado na densidade de aproximadamente 103 sementes por metro linear utilizando-se 0,15 m entre linhas (Figura 2). A mucuna-preta foi semeada no espaçamento de 0,90 m, utilizando-se 7 sementes por metro linear (Figura 2).

BLOCOS	PARCELAS		4,5m	0,5m	0,5m	0,5m
I	I - Milheto	2,8m	BR 3301 + BR 3302	NFB 6156 + NFB 700	Adubo	Nativa
	II Vegetação espontânea	0,5m	NFB 6156 + NFB 700	Adubo	Nativa	BR 3301 + BR 3302
	III - Mucuna	0,5m	BR 3301 + BR 3302	Adubo	Nativa	NFB 6156 + NFB 700
<b>Im</b>						
II	I Vegetação espontânea	0,5m	Nativa	Adubo	NFB 6156 + NFB 700	BR 3301 + BR 3302
	II - Mucuna	0,5m	NFB 6156 + NFB 700	Nativa	Adubo	BR 3301 + BR 3302
	III - Milheto	0,5m	Nativa	NFB 6156 + NFB 700	Adubo	BR 3301 + BR 3302
<b>Im</b>						
III	I - Mucuna	0,5m	BR 3301 + BR 3302	Adubo	Nativa	NFB 6156 + NFB 700
	II - Milheto	0,5m	Nativa	BR 3301 + BR 3302	NFB 6156 + NFB 700	Adubo
	III Vegetação espontânea	0,5m	Adubo	NFB 6156 + NFB 700	Nativa	BR 3301 + BR 3302
<b>Im</b>						
IV	I Mucuna	0,5m	NFB 6156 + NFB 700	Adubo	BR 3301 + BR 3302	Nativa
	II Milheto	0,5m	Nativa	BR 3301 + BR 3302	NFB 6156 + NFB 700	Adubo
	III Vegetação espontânea	0,5m	BR 3301 + BR 3302	Nativa	NFB 6156 + NFB 700	Adubo

**FIGURA 1** - Esquema de distribuição dos blocos, parcelas e sub-parcelas na área do experimento de cultivo de caupi, em sucessão a diferentes coberturas verde e diferentes fontes de nitrogênio, no Crato-CE



(a)



(b)



(c)

**FIGURA 2 - Visão geral das parcelas formadas pela adubação verde (a), linhas de semeadura do milho (b), e da mucuna-preta (c), antecedente à cultura do caupi, em experimento no Crato-CE.**

A cobertura viva foi mantida por um período de 60 dias, sendo em seguida roçada e deixada sobre a superfície do solo. Após 30 dias, foi aplicado o herbicida ROUNDUP, na dosagem de 4 litros ha<sup>-1</sup> e no dia seguinte foi realizada a semeadura do caupi, cultivar Patativa, utilizando-se duas sementes por cova com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,20 m entre plantas (Figura 3). Cada sub-parcela apresentou seis linhas de feijão, com 4,5 m de comprimento, tendo sido consideradas úteis as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,40 m de cada extremidade.

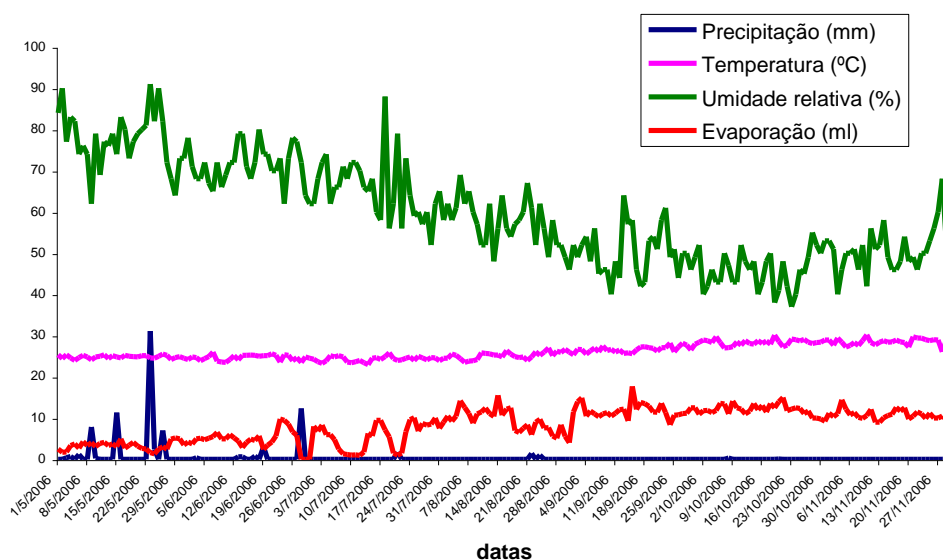


**FIGURA 3 - Linhas de semeadura do caupi, em sucessão a diferentes tipos de cobertura verde, em experimento realizado no Crato - CE.**

Todo o experimento foi conduzido com sistema de irrigação por aspersão convencional, com lâmina total de 369,4 mm, com regas periódicas que atendiam às necessidades das culturas e às condições climáticas da região (Figura 4).

As sementes dos tratamentos com estirpes de rizóbio foram inoculadas com inoculante produzido no Laboratório de Fixação Biológica de Nitrogênio dos Trópicos da UFRPE, de acordo com as recomendações de Somesegaran & Hoben (1994) e Urenha et al. (1994). Cada estirpe bacteriana empregada foi cultivada em meio 79 líquido sob agitação em temperatura ambiente, até atingir uma densidade populacional estimada em 10<sup>9</sup> células ml<sup>-1</sup>, sendo em seguida realizada mistura dos

inóculos, conforme o tratamento, em base volumétrica 1:1. Foi utilizada turfa esterilizada por autoclavagem, sendo realizada a mistura de 1:3 em base massa do inóculo líquido na turfa, gerando uma população final estimada em  $10^8$  células rizobianas  $g^{-1}$  do inoculante. O inoculante foi adicionado à razão de  $10 g kg^{-1}$  por semente de caupi, sendo utilizada solução açucarada (10% de açúcar) para efeito adesivo. Nos tratamentos em que foi utilizado fertilizante nitrogenado, este foi aplicado na forma de uréia, parcelado em  $20 kg ha^{-1}$  de N no plantio, colocado no sulco, e  $30 kg ha^{-1}$  de N em cobertura, aplicado numa faixa ao lado da linha de semeadura, aos 15 dias após a germinação (CAVALCANTI et al., 1998).



**FIGURA 4 - Precipitação pluviométrica, temperatura, umidade e evaporação na região do Cariri de acordo com dados da Embrapa Algodão, campo experimental de Barbalha - CE.**

A partir de sete dias, e até sessenta e nove dias, após a germinação foram realizadas amostragens a cada 14 dias, colhendo-se duas plantas por sub-parcela. O sistema radicular das plantas colhidas foi lavado cuidadosamente e depois foram determinados número de nódulos, matéria seca de nódulos e matéria seca da parte aérea, por secagem, em estufa a  $65^{\circ}C$  por 72 horas e em seguida pesado. Para determinação da massa dos grãos foram feitas colheitas em todas as plantas de cada sub-parcela, iniciando-se 60 dias após a semeadura do caupi e seguindo-se uma vez a cada semana até o fim da produção.

A análise estatística foi conduzida utilizando o “Guided Data Analysis Procedure” do SAS (SAS INSTITUTE, 1999) para verificação das premissas da análise de variância. Na presença de interações envolvendo idade, foi feito

desdobramento através da análise de regressão, considerando a idade como variável independente, com uma regressão para cada um dos outros fatores participantes da interação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao número de nódulos e à produção do caupi ocorreu interação significativa entre fontes de nitrogênio, adubações verdes e idade; já com relação à matéria seca de nódulos do caupi houve interação significativa entre adubações verdes e idade e entre fontes de nitrogênio e idade. Para matéria seca da parte aérea do caupi houve o efeito significativo das fontes de nitrogênio e da idade (Tabela 2). A produtividade de grãos apresentou interação entre os três fatores estudados, enquanto que a produtividade acumulada apresentou interação entre fonte de nitrogênio e adubação verde.

Ao se avaliar o número de nódulos no decorrer do tempo (Figura 5 e Tabela 3), os picos de produção do caupi nas diferentes coberturas ocorreram em torno dos 30 aos 40 dias. Este período coincide com o de floração e emissão de vagens onde a demanda de nitrogênio pelo caupi é maior, indo a planta suprir essa necessidade através da fixação biológica, o que possivelmente proporcionou o aumento da nodulação, e concorda com a literatura existente. Por exemplo, Arnon (1975) ressalta que as exigências de nitrogênio pelas plantas variam de acordo com os estágios de desenvolvimento, com máximo consumo verificado entre o início da floração e da formação dos grãos, e ainda, de acordo com Stamford & Neptune (1979), a partir dos 25 dias da germinação, a necessidade do caupi em nitrogênio é suprida pela fixação do nitrogênio atmosférico, estendendo-se até a floração.

A utilização da leguminosa mucuna-preta como adubo verde propiciou maior nodulação do caupi, ficando a menor nodulação do caupi em sucessão ao milho e em posição intermediária a nodulação em sucessão a vegetação espontânea, nas diferentes fontes de nitrogênio, com exceção dos tratamentos com a mistura de estirpes recomendadas pela UFRPE - NFB 6156 + NFB 700 (Figura 5). A leguminosa provavelmente promoveu aumento da atividade biológica do solo (HERNANI et al., 1995) e proporcionou aumento da população rizobiana na área, a qual é também nodulante com o caupi. Segundo Vlassak et al. (1996) o cultivo anterior de leguminosa hospedeira promove aumento substancial da população de rizóbios homólogos.

Para as adubações verdes, com exceção da vegetação espontânea, a produção do número de nódulos do caupi nos tratamentos com adubo foi inferior aos

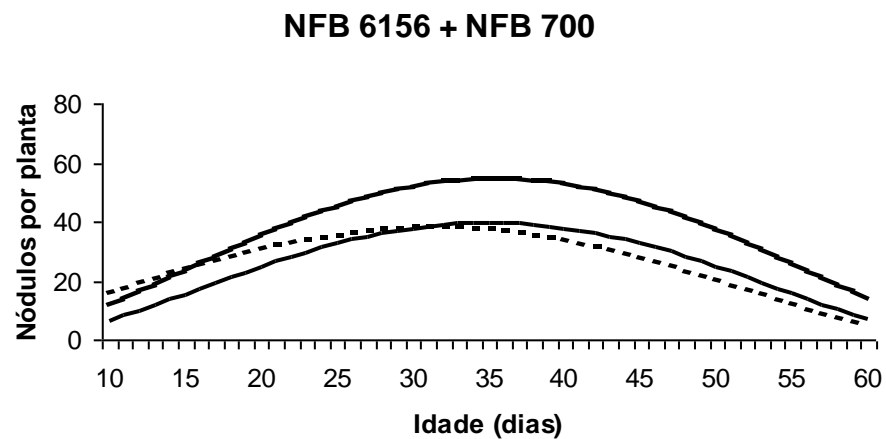
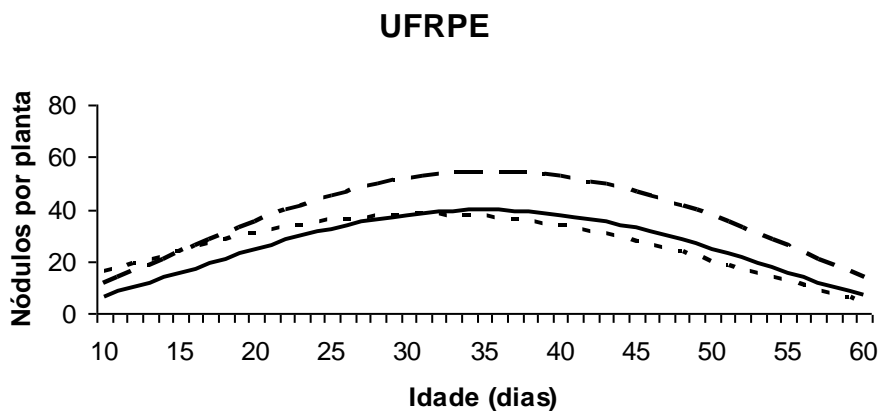
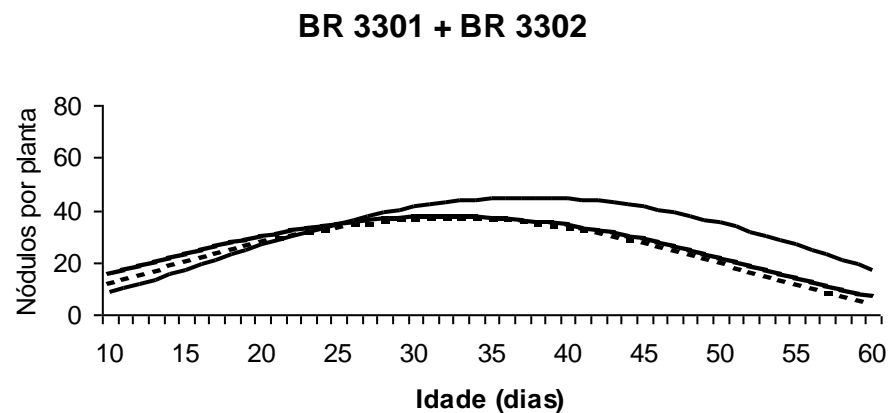
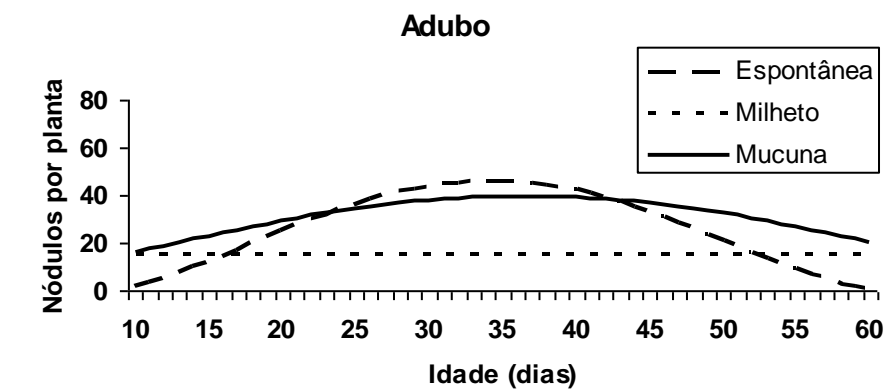
tratamentos com a mistura de estirpes da Embrapa - BR 3301 + BR 3302 e a mistura de estirpes da UFRPE - NFB 6156 + NFB 700 (Figura 5). Esses resultados concordam com os obtidos por Peres et al. (1994), que observaram que o número de nódulos por planta foi significativamente maior nos tratamentos com inoculação e testemunha do que nos tratamentos com nitrogênio. Provavelmente isto aconteceu porque a adubação nitrogenada inibiu a nodulação. Em trabalho de Silva (2006) a adubação nitrogenada na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> inibiu a nodulação do caupi por rizóbios nativos, enquanto nos trabalhos realizados por Lacerda et al. (2002) e Soares et al. (2004) a adição de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N não foi suficiente para inibir a nodulação.



**Tabela 2 - Análise de variância para caupi (*Vigna unguiculata*) em experimento de campo, no esquema em parcela sub-sub-dividida, estudando o efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verde (vegetação espontânea, milho e mucuna) no Crato-CE.**

F. Var. <sup>1</sup>	Prod Adubo Verde			Núm. Nódulos			Mat. S. de Nódulos			Mat. S. da Parte Aérea			Núm. Nódulos - Floração			Mat. S. Nódulos - Floração			Mat. S. da Parte Aérea - Floração			Produtividade - Desenvolvimento			Produtividade - Total			
	GL	QM	Sign	GL	QM	Sig	GL	QM	Sig	GL	QM	Sig	GL	QM	Pr > F	GL	QM	Sig	GL	QM	Sig	GL	QM	Sig	GL	QM	Sig	
																												4,96E4
A	2	8,97E-8	<0,001	2	23,07	0,026	2	1,32	0,087	2	0,19	0,614	2	0,47	0,247	2	22,02	0,035	2	0,06	0,652	2	3,11	0,967	2		0,966	
F		NA		3	3,69	0,669	3	0,32	0,181	3	0,39	0,005	3	0,58	<0,001	3	9,17	0,013	3	0,05	0,088	3	114,17	0,112	3	1,89E6	0,057	
I		NA		3	151,5	<0,001	3	74,27	<0,001	3	84,17	<0,001		NA			NA			NA		3	3046,4	<0,001		NA		
A x F		NA		6	9,26	0,283	6	0,26	0,230	6	0,1	0,250	6	0,04	0,764	6	3,39	0,220	6	0,03	0,221	6	195,98	0,008	6	2,51E6	0,008	
A x I		NA		6	6,07	0,006	6	0,21	0,016	6	0,02	0,837		NA			NA			NA		6	24,19	0,294		NA		
F x I		NA		9	2,94	0,149	9	0,24	0,002	9	0,07	0,080		NA			NA			NA		9	65,7	0,001		NA		
A x F x I		NA		18	3,54	0,025	18	0,1	0,203	18	0,05	0,273		NA			NA			NA		#	106,26	<0,001		NA		
CV (A)	8			34			36			25			23			25			9			16			24			
CV (F)				51			26			11			11			30			12			8			35			
CV (I)				27			17			8												6						
Transf.	1/x			$\sqrt{(x+1)}$			$\log_{10}(x+1)$			$\log_{10}$			$\sqrt{(x+1)}$			$\log_{10}(x+1)$			$\log_{10}$			$\sqrt{x}$					Não	

<sup>1</sup> Fontes de Variação – A – Adubo verde, F – Fonte de nitrogênio, I – Idade das Plantas, Transf. – Transformação empregada para correção de fugas da normalidade e heterocedase, NA – Não se aplica para esta análise, GL – Grau de liberdade, QM – Quadrado médio, Sig – Nível de significância encontrada para o teste F, Mat. – Matéria, S. – Seca, Num. - Número



**FIGURA 5 - Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubações verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) sobre o desenvolvimento da nodulação (número de nódulos) do caupi (*Vigna unguiculata*)**

**Tabela 3 - Efeito da idade da planta sobre o desenvolvimento do número de nódulos de 1 plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) sob o efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna), no Crato-CE**

Fonte de Nitrogênio	Adubo Verde	Número de Nódulos	R <sup>2</sup>
Adubo	Espontânea	$(-3,3642^{0,0141} + 0,5955^{<0,0001}I - 0,0087^{<0,0001}I^2)^2 - 1$	0,12
	Milho	$(4,0339^{0,0082} + 0,0764^{0,4485}I - 0,0016^{0,2850}I^2)^2 - 1$	0,60
	Mucuna	$(2,0504^{0,0533} + 0,2365^{0,0024}I - 0,0032^{0,0048}I^2)^2 - 1$	0,30
BR 3301 + BR 3302	Espontânea	$(1,6229^{0,1442} + 0,2843^{0,0008}I - 0,0044^{0,0005}I^2)^2 - 1$	0,35
	Milho	$(0,6601^{0,6727} + 0,3368^{0,0042}I - 0,0052^{0,0032}I^2)^2 - 1$	0,26
	Mucuna	$(-0,1847^{0,8956} + 0,3692^{0,0007}I - 0,0049^{0,0020}I^2)^2 - 1$	0,37
Nativa	Espontânea	$(-0,4186^{0,7288} + 0,4137^{<0,0001}I - 0,0061^{<0,0001}I^2)^2 - 1$	0,46
	Milho	$(-2,0411^{0,1895} + 0,4761^{0,0001}I - 0,0069^{0,0001}I^2)^2 - 1$	0,41
	Mucuna	$(-1,6300^{0,2777} + 0,5589^{<0,0001}I - 0,0079^{<0,0001}I^2)^2 - 1$	0,51
NFB 6156 + NFB 700	Espontânea	$(-0,1070^{0,9371} + 0,4257^{<0,0001}I - 0,0060^{0,0002}I^2)^2 - 1$	0,42
	Milho	$(1,5978^{0,3467} + 0,2951^{0,0173}I - 0,0047^{0,0003}I^2)^2 - 1$	0,21
	Mucuna	$(-0,7553^{0,5767} + 0,4058^{0,0002}I - 0,0058^{0,0003}I^2)^2 - 1$	0,40

Os tratamentos com a população Nativa tiveram uma produção de número de nódulos do caupi superior aos tratamentos com adubo e inoculados (Tabela 4). Este fato reforça a possibilidade de aumento da população rizobiana proporcionado pela leguminosa e melhor adaptação da estirpe nativa às condições da área. Segundo Rumjanek et al. (2005) áreas cultivadas com uma leguminosa geralmente contêm uma população de rizóbio estabelecida e bem adaptada às condições locais.

**Tabela 4 - Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) sobre matéria seca da parte aérea e número e matéria seca de nódulos na floração de caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato - CE.**

Fonte de Nitrogênio	Mat. S. Parte Aérea – mg Desenvolvimento	Núm. Nódulos - Floração	Mat. S. Nódulos - Floração
Adubo	604a	34b	157b
BR 3301 + BR 3302	470b	36ab	197b
Nativa	523ab	51a	299a
NFB 6156 + NFB 700	606a	46ab	273a

Valores em uma mesma coluna seguidos por letras idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey

A maior produção de matéria seca de nódulos do caupi foi obtida nos tratamentos com mucuna e a menor nos tratamentos com milho, ficando o tratamento com vegetação espontânea em posição intermediária (Figura 6). Este fato reforça o incremento da fixação biológica do nitrogênio no caupi, propiciado pela leguminosa utilizada como adubo verde, através da maior atividade rizobiana na área de cultivo, a qual, possivelmente, levou a maior número e matéria seca de nódulos.

Os maiores valores de matéria seca de nódulos do caupi foram obtidos nos tratamentos com população Nativa, seguidos dos tratamentos com a mistura de estirpes da UFRPE – NFB 6156 + NFB 700 e mistura de estirpes da Embrapa – BR 3301 + 3302, e os tratamentos que receberam adubo apresentaram o menor valor (Figura 6). Mercante et al. (2004) observaram que a matéria seca nodular das plantas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foi reduzida significativamente pela adubação nitrogenada, quando comparada com as plantas inoculadas com as estirpes.

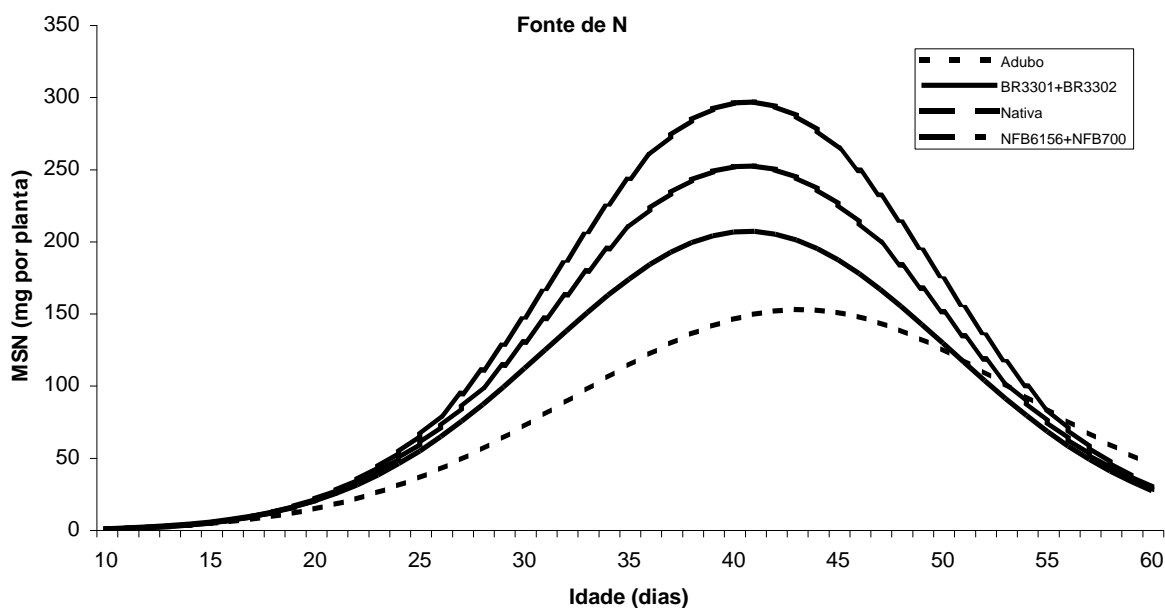
Esses resultados indicam que a população Nativa é tão eficiente na nodulação quanto à mistura de estirpes da UFRPE – NFB 6156 + NFB 700 e da Embrapa – BR 3301 + BR 3302. Outros trabalhos com estirpes nativas do Sertão indicam a eficiência das mesmas na fixação biológica. Silva (2006) trabalhando com inoculação de rizóbio em caupi no Sertão da Paraíba concluiu que a população

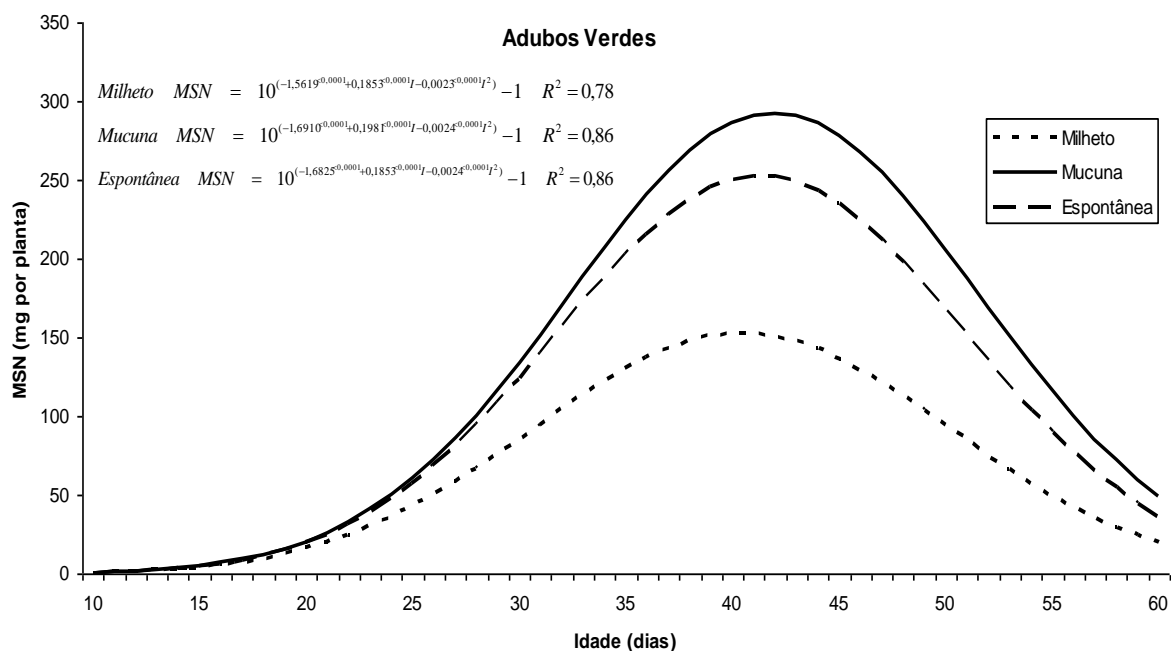
rizobiana existente na área é muito efetiva quanto à fixação biológica do nitrogênio e Fernandes et al. (2003) afirmou ser possível selecionar estirpes de rizóbios nativos dos tabuleiros costeiros de Sergipe, capazes de estabelecer uma simbiose efetiva com caupi, guandu e feijão-de-porco.

A mistura de estirpes da UFRPE – NFB 6156 + NFB 700 e o adubo proporcionaram produção de matéria seca da parte aérea do caupi significativamente superior à mistura de estirpes da Embrapa – BR 3301 + BR 3302, porém não diferiram da população Nativa (Tabela 5). Isto indica que a simbiose rizóbio-feijoeiro foi capaz de fixar nitrogênio atmosférico e suprir as necessidades das plantas, proporcionando desenvolvimento semelhante àquelas que receberam adubação nitrogenada (FERREIRA et al., 2000), já que o uso de 50 kg de N não proporcionou ganho significativo em relação à inoculação.

Ferreira et al. (2000) e Mercante et al. (2004) também não detectaram diferenças significativas para produção de matéria seca da parte aérea do feijoeiro, entre plantas inoculadas e plantas adubadas com N mineral.

Ao final do tempo do experimento a equação estimou uma produção máxima de matéria seca da parte aérea do caupi em torno de 300mg/planta (Figura 7).



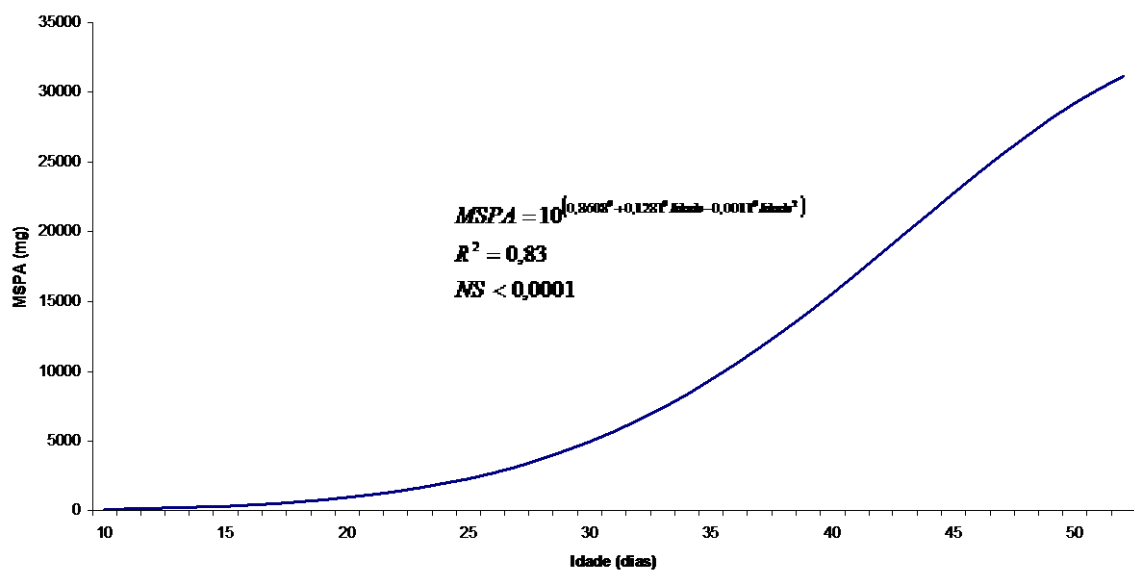


**FIGURA 6 - Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) sobre matéria seca da parte aérea e número e matéria seca de nódulos na floração de caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato - CE**

**Tabela 5 – Efeito de diferentes fontes de nitrogênio sobre a matéria seca da parte aérea de plantas de caupi cultivado em campo, no Crato – CE**

Fontes de nitrogênio	MSPA (mg/planta)
NFB 6156 + NFB 700	12128 <sup>a</sup>
Adubo	12088 <sup>a</sup>
BR 3301 + BR 3302	9406 <sup>b</sup>
Nativa	10464 <sup>ab</sup>

Valores em mesma coluna seguidos por letras idênticas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.



**FIGURA 7 - Produção de matéria seca da parte aérea de caupi, em relação à idade da cultura.**

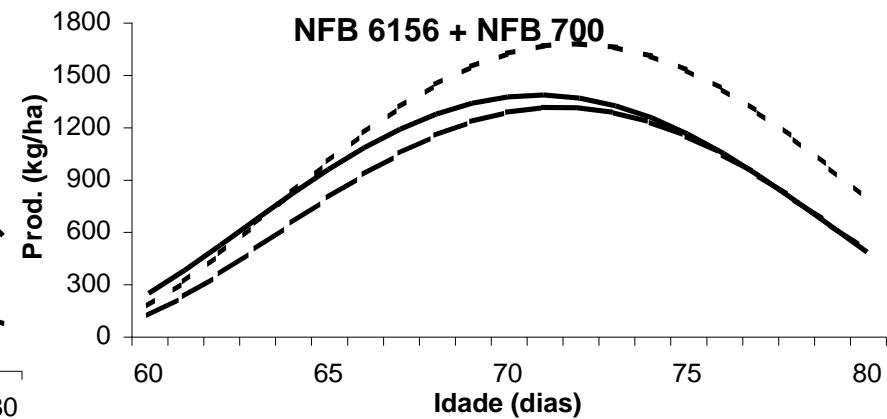
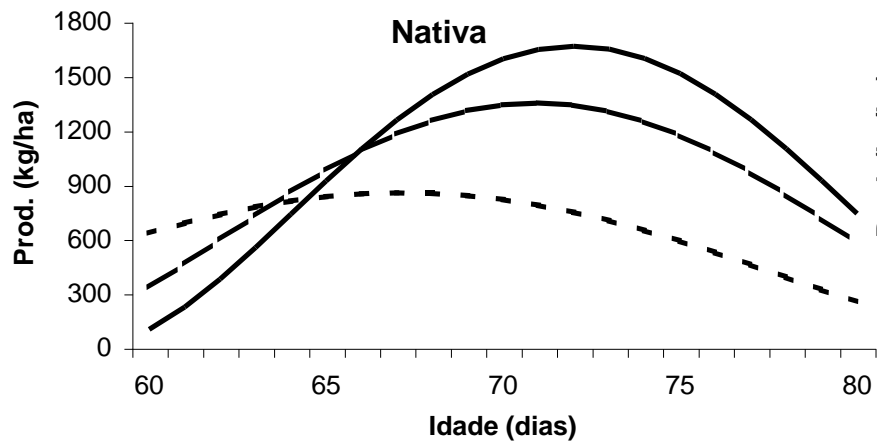
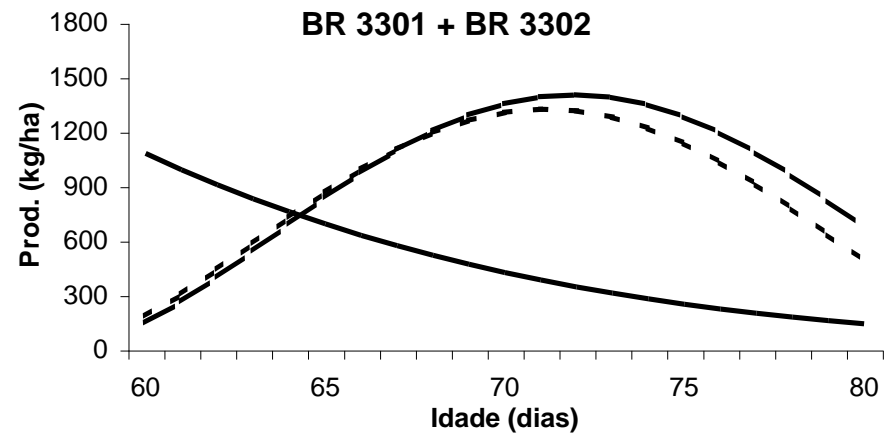
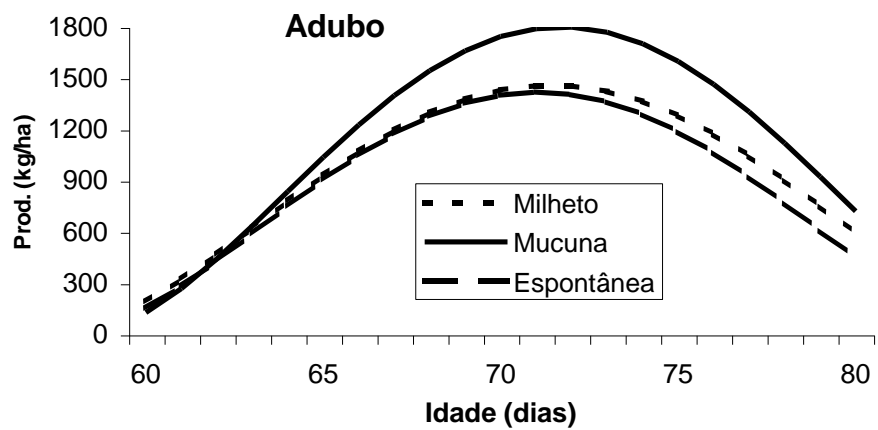
A maior produção de caupi foi obtida em sucessão à cobertura mucuna (Figura 8 e tabela 6), resultado atribuído provavelmente ao fato das leguminosas possuírem uma relação C/N estreita, possibilitando rápida decomposição dos resíduos vegetais e maior disponibilidade de N e de outros nutrientes mineralizados para a cultura e, também, pela conhecida fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico, condicionando melhorias na fertilidade do solo (BORDIN et al., 2003).

Bordin et al. (2003) também obtiveram maior produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) quando cultivado em sucessão às leguminosas; enquanto que Carvalho et al. (2004) avaliando o desempenho da soja em sucessão a adubos verdes (mucuna-preta, crotalária, guandu, milheto) nos sistemas de plantio direto e preparo convencional, observaram que a produtividade de grãos não foi influenciada pelos adubos verdes utilizados.

Nos tratamentos com adubo e com a população rizobiana nativa, o adubo verde mucuna proporcionou produtividade do caupi superior aos tratamentos com milheto e vegetação espontânea. Nos tratamentos com inoculação, para a mistura de estirpes da Embrapa – BR 3301 + BR 3302, a maior produção do caupi foi obtida em sucessão ao milheto, e para a mistura de estirpes da UFRPE – NFB 6156 + NFB 700, foi em sucessão a vegetação espontânea.







**FIGURA 8- Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubações verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna) sobre produtividade de grãos (corrigida para 12 % de umidade) do caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato - CE.**

**Tabela 6 - Efeito da idade da planta sobre o desenvolvimento da produtividade de grãos (em kg/ha corrigidos para 12 % de umidade) de caupi (*Vigna unguiculata*) sob o efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (vegetação espontânea, milho e mucuna), no Crato-CE**

Fonte de Nitrogênio	Adubo Verde	Produtividade de grãos	R <sup>2</sup>
Adubo	Espontânea	$(-1002^{0,0003} + 29^{0,0002} I - 0,2059^{0,0002} I^2)^2$	0,68
	Milho	$(-914^{0,0002} + 27^{0,0002} I - 0,1868^{0,0002} I^2)^2$	0,68
	Mucuna	$(-1124^{<0,0001} + 33^{<0,0001} I - 0,2267^{<0,0001} I^2)^2$	0,82
Brasil	Espontânea	$(-878^{0,0003} + 25^{0,0002} I - 0,1770^{0,0002} I^2)^2$	0,67
	Milho	$(-889^{<0,0001} + 26^{<0,0001} I - 0,1827^{<0,0001} I^2)^2$	0,76
	Mucuna	$(181^{0,4937} - 4^{0,6347} I + 0,0178^{0,7329} I^2)^2$	0,51
Nativa	Espontânea	$(-740^{0,0109} + 22^{0,0082} I - 0,1543^{0,0078} I^2)^2$	0,44
	Milho	$(-334^{0,1490} + 11^{0,1014} I - 0,0807^{0,0829} I^2)^2$	0,49
	Mucuna	$(-1063^{<0,0001} + 31^{<0,0001} I - 0,2128^{<0,0001} I^2)^2$	0,73
UFRPE	Espontânea	$(-951^{0,0003} + 28^{0,0002} I - 0,1934^{0,0002} I^2)^2$	0,66
	Milho	$(-975^{<0,0001} + 28^{<0,0001} I - 0,1966^{<0,0001} I^2)^2$	0,76
	Mucuna	$(-880^{0,0025} + 26^{0,0018} I - 0,1826^{0,0017} I^2)^2$	0,56

Não houve diferenças significativas na produtividade do caupi entre os tratamentos inoculados, os tratamentos com população nativa e os tratamentos com adubo, com exceção dos tratamentos com a mistura de estirpes da Embrapa – BR 3301 + BR 3302 que diferiram significativamente das demais fontes de nitrogênio, quando utilizado o adubo verde mucuna (Tabela 7). A inoculação de estirpes eficientes de rizóbio em cultivar nodulante de feijoeiro, ou o cultivo deste em solos com população nativa eficiente, pode possibilitar a não utilização de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro sem afetar a produtividade (FERREIRA et al., 2000).

**Tabela 7 - Efeito de fontes de nitrogênio (adubação nitrogenada, população rizobiana nativa e dois diferentes inoculantes) e adubos verdes (milheto, mucuna e vegetação espontânea) sobre a produtividade de grãos (em kg/ha, corrigida para 12 % de umidade) de caupi (*Vigna unguiculata*) no Crato - Ceará.**

Adubo Verde	Fonte de Nitrogênio			
	Adubo	Brasil	Nativa	UFRPE
Kg/ha				
Milheto	3593aA	3191Aa	2516aA	4116aA
Mucuna	4183aA	1563aB	3956aA	3457aA
Espontânea	3324aA	3516aA	3665aA	3111aA

Valores em uma mesma coluna seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey. Valores em uma mesma linha seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey

Trabalhando com soja, Campos & Gnatta (2006) observaram que a prática da inoculação não foi eficiente à cultura, manejada em plantio direto, com sistema de rotação de culturas, pelo fato do solo apresentar populações estabelecidas de rizóbio e as estirpes presentes nos inoculantes não serem mais eficientes do que as presentes no solo.

Observou-se o efeito da cobertura mucuna na estirpe Nativa, no número de nódulos, na matéria seca de nódulos e na produtividade do caupi, o que pode indicar que parte desse efeito pode ser em função do aumento na fixação de N pelo caupi.

## **4 CONCLUSÕES**

Apesar da população rizobiana não ter sido determinada, os resultados indicam consistentemente que o principal efeito benéfico da mucuna foi aumentar a população rizobiana nativa do solo, com conseqüente aumento da nodulação do caupi não inoculado subsequente.

Nas condições do experimento, a inoculação com estirpes recomendadas, ou o aumento da população nativa, permitiu produção de biomassa e grãos semelhante à adubação com 50kg de N.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A. de. et al. A adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.2, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p. 25-36, 2001.

ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in ,Brazil. **Plant an Soil**, The Hague, v.252, p.1-9, 2003.

AMBROSANO, E. J. et al. **Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto**. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 1-16 (Informações agronômicas, 112.)

ARNON, I. **Mineral nutrition maize**. Bern: Potash Institute, 1975. 452p.

BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de arroz-feijão com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p. 417-428, 2003.

BROCKWELL, J. Selection of *Rhizobium* for inoculants. In: VICENT, J. M. (Ed.). **Nitrogen fixation in legumes**. New York: Academic Press, 1982. p. 173-189.

CAMPOS, B. C.; GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p. 69-76, 2006.

CARVALHO, E. A. de. **Avaliação agronômica da disponibilidade de nitrogênio à cultura do feijão sob sistema de semeadura direta.** 2003. 63 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, M. A. C. et al. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.11, p. 1141-1148, 2004.

CAVALCANTI, F. J. A. et al. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco.** 2ª aproximação. Recife: IPA, 1998. 198 p.

ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE CRATO-CE. **Localização da EAFC,** 2005. Disponível em: <<http://www.eafcrato.com.br>>. Acesso em 10 jan. 2005.

FERNANDES, M. F.; FERNANDES R. P. M.; HUNGRIA, M. Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão-de-porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, p. 835-842, 2003.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.3, p 507-512, 2000.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2004:** anuário da agricultura brasileira. São Paulo. 2004. 546 p.

HERNANI, L. C. et al. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93 p.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. In: \_\_\_\_\_. **Adubação verde no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 232-267.

LACERDA, A. M. et al. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão caupi. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.51, n.293, p. 67-82, 2002.

MERCANTE, F. M. et al. **Isolamento e seleção inicial de rizóbios obtidos de solos de Mato Grosso do Sul para inoculação em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 24 p. (Documentos, 67).

MORAIS, M. Avaliação do carbono e do nitrogênio da biomassa sob diferentes sistemas de produção do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29º, 2003, Ribeirão Preto: **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

MOREIRA, F. M. S. **Nitrogen-fixing leguminosae-nodulating bacteria**. In: \_\_\_\_\_; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. Soil biodiversity in Amazonian and other brazilian ecosystems. Wallingford: CAB International Publishing, 2006. P. 237-270.

MOUSINHO, F. E. P. **Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no estado do Piauí**. 2005. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2005.

PERES, J. R. R. et al. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p. 415-420, 1994.

RUMJANEK, N. G. et al. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 8, p. 281-335.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P.; MENEZES, E.A. Comportamento produtivo do caupi em regime irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.11, p. 2229-2234, 2000.

SAS INSTITUTE. **The SAS System for Windows**. CD-ROM for Windows 32-bits. 1999.

SCHUBERT, K. R. Products of biological nitrogen fixation in higher plants: synthesis, transport and metabolism. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.37, p. 539-574, 1986.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p. 249-254, 1985.

SILVA, R. P. **Inoculação com rizóbio em caupi no sertão da Paraíba**. 2006. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

SILVEIRA, P. M. de. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.4, p. 377-381, 2005.

SOARES, A. L. et al. **Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* cultivar BR 14 Mulato por estirpes selecionadas de rizóbio no município de Perdões**. Lages: FERTIBIO, 2004. Resumo expandido. 1 CD-ROM.

SOMESEGARAN, P.; HOBEN, H. J. **Handbook for rhizobia**. New York: Springer Verlag, 1994.



SPRENT, J. K. Knots and nodules – the renaissance in legume symbiosis research. **New Phytologist**, Cambridge, v.153, p. 2-6, 2002.

STAMFORD, N. P.; NEPTUNE, A. M. L. Especificidade hospedeira e competição entre estirpes de Rhizobium em inoculação cruzada com quatro cultivares de *Vigna unguiculata* (L) Walp. **Cad. Ômega**, Recife, n.3, p. 25-34, 1979.

STAMFORD, N. P.; VASCONCELOS, I.; ALMEIDA, R. T. de. Fixação biológica de nitrogênio em caupi na região Nordeste brasileira. In: ARAÚJO, P. P. de.; WATT, E. E. (Org). **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1988. cap. 17, p. 475-504.

STAMFORD, N. P.; MEDEIROS, R.; MESQUITA, J. C. P. Avaliação de estirpes de Bradyrhizobium para jacatupé em regime de temperatura elevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p. 45-54, 1995

STAMFORD, N. P. et al. Effect of sulphur inoculated with Acidithiobacillus in a saline soil grown with leucena and mimosa tree legumes. **Bioserource Technology**, [s.n.], v. 81, p. 53-39, 2002.

STAMFORD, N. P. et al. Biofertilizantes de rocha fosfatada com acidithiobacillus como adubação alternativa de caupi em solo com baixo P disponível. **Revista Analytica**, São Paulo, n.9, p. 48-53. fev./mar. 2004.

URENHA, L. C. et al. Produção de biomassa celular de rizóbio. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 95-137.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L., **O membro Crato da formação Santana-CE**, 1999. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio005/sitio0005.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2005

VLASSAK, K.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO A. A. Competition and persistence of *Rhizobium tropici* and *Rhizobium etli* in tropical soil during successive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultures. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.21, n. 1-2, p. 61-68, 1996.

WOLDEMESKEL, E. et al. Genetic diversity and phylogeny of rhizobia isolated from agroforestry legume species in southern Ethiopia. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.55, p. 1439-1452, jul. 2005.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK N. G. Relação filogenética entre genótipos de caupi por RAD. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5., 2001, Teresina, **Anais...** Embrapa Meio Norte, 2001. p. 263-267.