



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

THEREZA RHAYANE BARBOSA CAVALCANTE

**INTERAÇÃO ENTRE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVARES DE FEIJÃO-
CAUPI AVALIADAS EM PENTECOSTE-CE**

FORTALEZA

2016

THEREZA RHAYANE BARBOSA CAVALCANTE

**INTERAÇÃO ENTRE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVARES DE FEIJÃO-
CAUPI AVALIADAS EM PENTECOSTE-CE**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro (a) Agrônomo (a).

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini.

Coorientador: MSc. Marcelo de Sousa Pinheiro.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C364i Cavalcante, Thereza Rhayane Barbosa.
Interação entre estirpes de rizóbios e cultivares de feijão-caupi conduzidas em Pentecoste-CE / Thereza Rhayane Barbosa Cavalcante. – 2016.
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini.
Coorientação: Prof. Me. Marcelo de Sousa Pinheiro.

1. Melhoramento Vegetal. 2. Bactérias diazotróficas. 3. Vigna unguiculata. I. Título.

CDD 630

THEREZA RHAYANE BARBOSA CAVALCANTE

**INTERAÇÃO ENTRE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVARES DE FEIJÃO-
CAUPI AVALIADAS EM PENTECOSTE-CE**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro (a) Agrônomo (a).

Aprovada em: 07/07/2016

BANCA EXAMINADORA

Profª. DSc. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. DSc. Claudia Miranda Martins
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Marcelo de Sousa Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Lenildo e Rosângela e ao meu irmão Frederico por todo o apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser fonte de amor e força em todos os momentos.

A minha família, pelo suporte incondicional, alegria e compreensão em nome da minha formação.

Obrigada aos meus avós maternos, Tereza e Fortaleza, *in memoriam*, por todo o apoio nos meus estudos, pelos cuidados e pelas boas lembranças.

A minha amiga de infância Letícia e sua mãe Carmem, pelo companheirismo e auxílio ao longo da minha jornada de estudos.

Aos amigos de curso Moisés, Ítalo, Juliana, Marina, Albertina, Erich e Alfredo que foram indispensáveis para que esta etapa fosse mais leve e gratificante de ser vivida.

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal pela ajuda nas coletas do experimento.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Curu pelo acolhimento pessoal, atenção e apoio durante a fase de campo deste trabalho.

A Universidade Federal do Ceará por proporcionar a oportunidade da realização deste curso.

Ao Marcelo, pela orientação, paciência e disposição no acompanhamento das atividades deste estudo.

Às professoras Claudia Miranda Martins e Rosilene Mesquita pelas valiosas contribuições;

A Prof^ª. DSc. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini pela confiança, disponibilidade, incentivo e todo o conhecimento passado para a consolidação deste trabalho.

RESUMO

A cultura do feijão-caupi no Brasil, especialmente para a população rural das regiões norte e nordeste, representa uma das principais alternativas de alimentação e geração de emprego e renda. Todavia, ainda apresenta baixas produtividades e uma das causas é a escassez na adoção de tecnologias no sistema de produção. Uma tecnologia viável, de baixo custo ao agricultor e que não apresenta riscos ao ambiente é a inoculação com estirpes de rizóbios eficientes no processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Portanto, a fim de se obter melhores produtividades com este processo, é necessário selecionar estirpes e cultivares que sejam eficientes e bem adaptadas às regiões produtoras. Este trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste - Ceará, e teve por objetivo testar a eficiência de estirpes de rizóbios em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado, assim como verificar a existência de interação entre ambas. Foram testadas duas cultivares e três estirpes de rizóbios obtidas do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi (BAGCaupi) e da Coleção de Culturas do Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMAB) da Universidade Federal do Ceará (UFC), respectivamente. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em um arranjo fatorial 2x6, sendo duas cultivares: 'Sempre Verde' e 'Setentão' com seis fontes de nitrogênio, correspondendo a três estirpes selecionadas: LAMAB 40, LAMAB 48 e LAMAB 65, uma estirpe padrão (BR3267), a testemunha adubada e a testemunha absoluta (isento de inoculação e adubação nitrogenada). A coleta de dados foi realizada aos 35 dias após a semeadura e na ocasião da colheita de grãos secos. Os resultados das combinações entre as cultivares e as fontes de N foram semelhantes entre si. A produtividade das duas cultivares foi estatisticamente igual, mas o 'Setentão' se sobressaiu em outras variáveis. As estirpes LAMAB 40 e BR3267 se destacaram por gerarem ganhos de produtividade semelhantes ao da cultura adubada.

Palavras-chave: Melhoramento Vegetal. Bactérias diazotróficas. *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

The cowpea in the Brazil, especially to rural population of the regions North and Northeast, represent one of the main alternatives of feeding and employment generation and income. However, still represent low productivities and one of the causes is the scarcity in the adoption of technologies in the system of production. A viable technology, of low cost to the farmer and doesn't presents risks to environment is the inoculation with strains of efficient rhizobium in the process of Nitrogen Biological Fixation. Therefore, with the intention of obtain better productivities with this process, is necessary choose strains and varieties that be efficient and well adapted to producing regions. This work was done in the Fazenda Experimental Vale do Curu, in Pentecoste – Ceará, and had as objective to test the efficiency of strains of rhizobium in varieties of cowpea recommended to the state as well as to verify the existence of interaction between both. It was tested two varieties and three strains of rhizobium obtained of Active Germplasm Bank of cowpea and of Collection of Culture of Diazotrophic Bacterium of the Laboratory of Environment Microbiology of Universidade Federal do Ceará (UFC), respectively. It was used the experimental design randomized blocks, with four replications, in a 2x6 factorial scheme, being two varieties: “Sempre-Verde” and “Setentão” with six sources of nitrogen, corresponding three selected strains: LAMAB 40, LAMAB 48 and LAMAB 65, a standard strain (BR3267), the fertilized control and the absolute control (free of inoculation and nitrogen fertilization). The data collection was realized 35 days after sowing and in the harvest of dry grains. The results of combination between the varieties, and sources of nitrogen, were similar between them. The productivity of the two varieties was statistic the same, but the ‘Setentão’ was better than other varieties. The strains LAMAB 40 and BR3267 stood out for generate earnings of productivity similar of manured culture.

Keywords: Plant Breeding. Diazotrophic bacterium. *Vigna unguiculata*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sementes imersas no inoculante líquido.....	22
Figura 2 – Dimensionamento da área experimental do cultivo de feijão-caupi, em Pentecoste-CE.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos durante o ciclo da cultura, em Pentecoste- CE.....	23
Tabela 2 – Análise química do solo (0 - 20 cm) da área experimental.....	24
Tabela 3 – Resumo do quadro da ANOVA.....	27
Tabela 4 – Médias das variáveis do fator cultivar de feijão-caupi.....	30
Tabela 5 – Médias das variáveis do fator fontes de nitrogênio.....	32
Tabela 6 – Valores médios do comprimento de vagem dos tratamentos.....	33
Tabela 7 – Valores médios do nitrogênio total de parte aérea dos tratamentos.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1	Feijão-caupi: Origem e características.....	13
3.2	Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	14
3.3	O macronutriente nitrogênio.....	16
3.4	Fixação biológica do nitrogênio	17
3.5	Melhoramento genético visando o aumento da FBN.....	19
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Cultivares de feijão-caupi.....	21
4.2	Fontes de nitrogênio.....	21
4.3	Descrição da área experimental.....	22
4.4	Condução do experimento.....	23
4.5	Variáveis analisadas e coleta de dados.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6	CONCLUSÕES.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de ampla distribuição mundial, cultivada principalmente nas regiões tropicais, pela similaridade com as condições edafoclimáticas do seu provável centro de origem, na África. (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2009). Esta espécie é considerada versátil, porque além de se adaptar bem a diversos ambientes, pode ser destinada a várias finalidades, como a alimentação (humana e animal) e recuperação de áreas degradadas. No Brasil é cultivada principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, para o consumo humano (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005; JARAMILLO, 2010).

Além da sua riqueza nutricional, o feijão-caupi tem considerável importância social e econômica, sendo fonte de emprego e renda nas regiões em que é cultivado (DUTRA et al., 2012). O cultivo no Brasil ocorre principalmente nas regiões Norte e Nordeste, mas tem se expandido para outras regiões, em decorrência de vários fatores, dentre eles o seu baixo custo de produção e do trabalho de melhoramento realizado nas duas últimas décadas (FREIRE FILHO et al., 2011a; ROCHA et al., 2009).

Apesar da sua rusticidade e ampla adaptabilidade ao meio, o feijão-caupi ainda apresenta baixos patamares de produtividade em relação à perspectiva para a espécie, e tem como algumas causas: as adversidades climáticas e a ausência ou subdosagens de insumos e outras tecnologias no sistema produtivo (YAMADA; ABDALLA; VITTI, 2007; XAVIER et al., 2008). Diante disso, vê-se a necessidade da pesquisa e da aplicação de tecnologias que explorem o potencial produtivo desta cultura nos diversos sistemas de produção e que concomitante a isso, sejam de fácil acesso e baixo custo para o produtor rural.

Assim como outras leguminosas, o feijão-caupi é capaz de estabelecer uma simbiose com os rizóbios, com estes fixando o N atmosférico na planta em troca de fotossintatos num processo conhecido como fixação biológica do nitrogênio – FBN. A inoculação com estirpes eficientes na FBN é uma tecnologia que pode dispensar outras fontes de N e gerar ganhos significativos na produtividade da cultura, atenuando os custos de produção e os riscos ambientais gerados pelos adubos industriais (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Entretanto, a eficiência da FBN é influenciada pelo genótipo dos simbioses, pela troca de sinais entre estes e pelo efeito de fatores inerentes ao solo e ao ambiente (FREIRE

FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005; MERCANTE; FRANCO, 2000). Portanto, é importante que os programas de melhoramento que visam um melhor aproveitamento deste processo contemplem estes componentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar a melhor combinação entre estirpes de rizóbios e cultivares de feijão-caupi, que proporcione aumentos expressivos na produção.

2.2 Objetivos específicos

Identificar se há interação entre as cultivares recomendadas e as estirpes;

Identificar se há diferença de produtividade entre as duas cultivares testadas;

Identificar pelo menos uma estirpe que gere ganhos ao feijão-caupi semelhantes à cultura adubada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Feijão-caupi: origem e características

O feijão-caupi é classificado cientificamente como uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção Catyang, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (MARÉCHAL; MASCHERPA; STAINIER, 1978; PADULOSI; NG, 1997; VERDCOURT, 1970;).

Sobre o centro de origem da espécie, há um consenso que seja o continente africano e um fato que contribui para isso é que as formas selvagens da espécie não foram encontradas fora da África. Em relação à domesticação do feijão-caupi, praticamente não há dúvidas que também ocorreu neste continente, mais provavelmente na região oeste, se dispersando para outras regiões através das migrações e para outros continentes por meio das rotas comerciais (FREIRE FILHO, 1988).

Acredita-se que o feijão-caupi foi introduzido no Brasil pelos colonizadores portugueses por volta do século XVI e que a partir da Bahia, acompanhando a colonização, disseminou-se por todas as regiões do país (FREIRE FILHO, 1988).

A espécie *Vigna unguiculata* é herbácea, autógama e anual (MACHADO et al, 2007), de germinação epígea e sistema radicular do tipo axial (FRIGO, 2013). A inflorescência do feijão-caupi é formada a partir de um eixo central, formado por um racemo modificado, com seis a oito pares de gemas florais. As flores são perfeitas, zigomorfas e estão distribuídas na extremidade do pedúnculo. O cálice e a corola são ambos pentâmeros, gamossépalo e dialipétala. A maior pétala, chamada de estandarte e as pétalas laterais, que cobrem as pétalas inferiores, podem ter variações de cor, de totalmente branco a roxa, podendo ainda apresentar nuances intermediárias entres estas cores com extremidades roxas (EMBRAPA, 2007).

Mesmo apresentando os aparelhos reprodutivos protegidos pelas pétalas e a ocorrência da protoginia e a cleistogamia que favorecem a autogamia, *Vigna unguiculata* ainda mostra uma baixa taxa de cruzamento natural que varia com o ambiente e com o genótipo da planta (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

Esta cultura possui três seguimentos de mercado já estabelecidos: grãos secos, feijão verde e sementes e é conhecido por diversos nomes populares que variam em função da região em que está inserida. Na região nordeste do Brasil é comumente chamado de feijão-macassar ou feijão-de-corda, na região norte: feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada e no sul é conhecido como feijão-miúdo (FREIRE FILHO et al., 2011a).

Para o consumo humano, além das formas em grãos verde e seco, o uso do feijão-caupi na culinária se estende também em massa para comidas baianas como acarajé e abará, salada, pizza, doce, bife e na tradicional feijoada (NEVES et al., 2011).

Em relação ao seu cultivo, os locais onde a cotas pluviométricas ficam entre 250 e 500 mm ano⁻¹ são aptas para o estabelecimento da cultura (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002) e a ocorrência de estresse hídrico se torna mais crítica nas fases de floração e enchimento do grãos (BEZERRA et al., 2003; GOMES FILHO; TAHIN, 2002).

A faixa térmica ideal para o ciclo da cultura é de 20 a 30 °C, onde baixas temperaturas, menor que 19 °C, influenciam a produtividade da planta, ocasionando um florescimento retardado, enquanto que altas temperaturas dão margem ao aborto espontâneo de flores e produzem um menor número de grãos por vagem (CAMPOS; SILVA, 2010).

O cultivo do feijão-caupi pode ser realizado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos, porém outros solos como Latossolos e Neossolos Quartzarênicos com baixa fertilidade podem ser utilizados, mediante aplicações de fertilizantes químicos e/ou orgânicos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002). Além disso, a espécie possui a capacidade de interagir com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas, que contribuem com a entrada de nitrogênio no sistema solo-planta, via fixação biológica de nitrogênio da atmosfera (COSTA et al., 2013).

3.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi é considerado um dos principais componentes da dieta alimentar, na zona rural e urbana, desempenhando papel importante e estratégico como fonte de proteína nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

A produção mundial, em 2011, foi de cinco milhões de toneladas, com a Nigéria se destacando como maior produtora (WANDER, 2013). A nível nacional, levando em

consideração os anos de 2005 a 2009, o plantio de feijão-caupi ocupou 1.391.386 ha com produção de 513.619 toneladas (FREIRE FILHO et al., 2011b).

Pelo seu alto valor nutritivo - constituído de proteínas (23%-25% em média), carboidratos (62%, em média), vitaminas, minerais, todos os aminoácidos essenciais, grande quantidade de fibras dietéticas, pouca gordura (médio de 2% de óleo) e ausência de colesterol - o feijão-caupi é cultivado principalmente na produção de grãos, secos ou verdes, para consumo humano (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002; XAVIER et al., 2008).

No Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, o cultivo desta leguminosa é uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar e geração de emprego, 0,8 emprego ha⁻¹ ano⁻¹, e renda especialmente para as populações rurais. Em 2009, com o valor mínimo da saca de 60 kg estimado a R\$ 80,00 foi gerado uma produção anual de R\$ 684.825.333,00. O consumo per capita da cultura a nível nacional é estimado em 18,21 kg pessoa⁻¹ ano⁻¹ (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

O cultivo do feijão-caupi nas regiões Norte e Nordeste é feita por empresários e agricultores familiares que ainda fazem uso do manejo tradicional, mas a cultura também vem ganhando espaço na região Centro-Oeste, caracterizando-se pela produção por médios e grandes produtores com um sistema produtivo mais tecnificado, com o uso de irrigação, colheita mecanizada e controle fitossanitário (ROCHA et al., 2009).

Apesar de ser considerada uma cultura tropical com ampla adaptação aos mais diversos ambientes, o feijão-caupi ainda apresenta baixos valores de produtividade, em torno de 300 kg ha⁻¹ (LEITE et al., 2009) e isso é uma consequência de vários fatores, como o uso de variedades tradicionais, distribuição irregular das precipitações pluviométricas, ineficiente controle de plantas invasoras e manejo sanitário, adoção de espaçamento e densidade de plantas incorretos, disponibilidade de nutrientes abaixo do adequado, principalmente N (RODRIGUES et al., 2013; XAVIER et al., 2008), bem como a não adoção de tecnologias avançadas (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

Diante disso, se vê a necessidade da exploração e aplicação de tecnologias que sejam eficientes, de baixo custo e fácil acesso também para a agricultura familiar, visando maiores produtividades para o feijão-caupi, visto que sua capacidade produtiva é estimada em 6 toneladas (FREIRE FILHO et al., 1999).

3.3 O macronutriente nitrogênio

Os elementos minerais essenciais são geralmente classificados como macro ou micronutrientes, de acordo com suas concentrações relativas no tecido vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013). Na atual legislação brasileira sobre fertilizantes, corretivos e inoculantes, o nitrogênio, expresso na forma elementar, N, é classificado como macronutriente primário (YAMADA; ABDALLA; VITTI, 2007).

Alguns pesquisadores têm argumentado que a classificação em macro e micronutrientes é difícil de ser justificada do ponto de vista fisiológico (TAIZ; ZEIGER, 2013). Mengel e Kirkby (2001) propuseram que os elementos essenciais sejam classificados de acordo com seu papel bioquímico e função fisiológica. Nesta classificação, o nitrogênio, está incluído no primeiro grupo de elementos essenciais, por fazer parte de compostos de carbono, como constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos e coenzimas, por exemplo.

A deficiência deste nutriente inibe o crescimento vegetal, e se persistente, resulta em clorose na maioria das espécies, que podem ser vistas inicialmente nas folhas mais velhas - devido o N ser um elemento móvel na planta. Em algumas espécies, como tomate e algumas variedades de milho, a carência deste nutriente é vista pela coloração arroxeadada das folhas, pecíolos e caules da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O N pode ingressar no sistema solo-planta por deposições atmosféricas, fixação biológica, adubações mineral ou orgânica (COSTA et al., 2009). O ciclo deste nutriente é controlado por fatores físicos, químicos e biológicos e afetado por condições climáticas difíceis de prever e controlar. Na agricultura moderna, o N é empregado em grandes quantidades na forma de fertilizantes industriais.

Os principais adubos nitrogenados tem como matéria-prima a amônia anidra (NH_3), que é um gás obtido pela reação do gás de síntese, uma mistura na relação 1:3 de nitrogênio (N) proveniente do ar com o hidrogênio (H) de fontes diversas – do gás natural, da nafta ou de outros derivados de petróleo (DIAS; FERNANDES, 2006).

Segundo Mendes Júnior e Bueno (2015), a produção de fertilizantes no mundo utiliza 1,2% de todo o consumo mundial de energia, sendo que, destes, 92,5% são usados para a produção dos fertilizantes nitrogenados. Os fertilizantes mais usados na agricultura brasileira são: uréia e o sulfato de amônio (BARBOSA FILHO; FAGERIA; SILVA, 2005).

Com relação à eficiência de aproveitamento do N-fertilizante pela cultura em campo, Yamada e Abdalla (2000) afirmaram que para o milho (*Zea Mays* L.) esse aproveitamento é raramente maior que 50% e que as perdas que ocorrem se dão através da erosão (N-orgânico), volatilização, imobilização biológica e lixiviação.

Os fertilizantes industriais além de demandarem uma grande quantidade de energia fóssil na sua fabricação, resultam no aumento do custo energético e ambiental, o que evidencia problemas de ordem ecológico, socioeconômico, ameaçando, a sustentabilidade (MENDES JUNIOR; BUENO, 2015).

Como característica benéfica da cultura para os agricultores, a interação do feijão-caupi com bactérias fixadoras de N₂, denominadas genericamente como rizóbios pode, por meio de inoculantes, permitir o aumento de rendimento da cultura (SOARES et al, 2006).

Em relação aos custos para disponibilizar nitrogênio ao feijão-caupi, o valor que o agricultor investe com adubação mineral nitrogenada, uréia, é em média R\$ 155,00 para o plantio de 1 hectare, enquanto que fazendo uso da tecnologia de inoculação de rizóbios este valor é reduzido a R\$ 15,00, sabendo-se que são necessárias 3 doses de R\$ 5,00 cada (JARAMILLO, 2010).

Este processo pode permitir a substituição, total ou parcial, dos fertilizantes minerais, desde que atenda as necessidades de N pela cultura. Além disso, pode economizar os combustíveis fósseis, reduzindo os custos de produção (SOARES et al, 2006).

3.4 Fixação biológica do nitrogênio

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) representa a forma mais importante de fixar o N da atmosfera em amônio (TAIZ; ZEIGER, 2013). Na FBN há uma simbiose entre o procarioto e a espécie vegetal, onde o procarioto disponibiliza o N fixado em troca de fotossintatos (FRANCHE; LINDSTROM; ELMERICH, 2008).

Os procariotos que mediam a FBN, chamados de fixadores de N₂, possuem a enzima nitrogenase, que tem a capacidade de reduzir o N₂ na forma inorgânica combinada NH₃ - forma assimilável para as plantas e outros organismos. Embora seja um processo de redução, nas leguminosas, os microssimbiontes precisam de O₂ para outros processos metabólicos e esta condição é satisfeita pela leghemoglobina, que não permite excessos de oxigênio para não inibir a nitrogenase (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A simbiose entre leguminosas e bactérias denominadas genericamente de rizóbio, representa a relação entre plantas e micro-organismos de maior expressão na economia (FRANCO et al., 2002). Entretanto, esta relação de simbiose - que permite a FBN - não é obrigatória, visto que a planta consegue se desenvolver e completar o seu ciclo de vida por si só, assim como os microssimbiontes podem permanecer em vida livre no solo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os microssimbiontes das leguminosas induzem a formação de estruturas especializadas nas raízes, denominadas de nódulos, que em outros grupos de plantas, como nas poaceas, não ocorrem (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, nestas plantas, as bactérias podem colonizar também a parte aérea, como é o caso da *Saccharum officinarum* (REIS, PAULA; DOBEREINER, 1999).

O feijão-caupi, o feijoeiro comum, a soja e o amendoim são exemplos de leguminosas que se beneficiam da FBN, com consequentes incrementos de rendimentos quando inoculadas com estirpes de rizóbios (MATOSO; KUSDRA 2014; SANTOS et al., 2014; SIZENANDO et al. 2014).

O estabelecimento simbiótico é influenciado por genes da planta e dos rizóbios, havendo uma intensiva troca de sinais moleculares entre ambos (MERCANTE; FRANCO, 2000). Nesta relação de simbiose ainda há a influência dos fatores edafoclimáticos, como a temperatura, salinidade, umidade, pH, nutrientes no solo e antibióticos (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

As espécies de leguminosas e bactérias fixadoras de nitrogênio podem variar o nível de especificidade, que pode ser de baixo a alto, levando em consideração a quantidade possível de parceiros no estabelecimento da simbiose (MOREIRA; SIQUEIRA 2006).

Nesse sentido, a espécie *Vigna unguiculata* é considerada altamente promíscua ou de baixa especificidade, por ter a capacidade de nodular com uma ampla diversidade de estirpes de rizóbios. Estas nodulações ocorrem com diferentes níveis de eficiência entre os simbiontes (JARAMILLO, 2013).

Esta característica tem como ponto positivo para a ciência a permissibilidade da espécie ser utilizada como planta-isca em estudos de diversidade de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (CHAGAS JÚNIOR, et al., 2009; COSTA, et al., 2013; ZILLI, 2009).

Em relação aos fatores edafoclimáticos, tanto o excesso como a redução na disponibilidade de água no ambiente influenciam a sobrevivência e a atividade fisiológica dos micro-organismos, além de também afetarem o crescimento e desenvolvimento da cultura (HARRIS, 1981).

Xavier et al. (2007), por exemplo, avaliando a tolerância de diversas estirpes ao estresse hídrico e salino *in vitro*, conseguiram identificar estirpes tolerantes a temperatura de 42 °C e submetidas a 3% de NaCl. Apesar destes testes não apresentarem forte correlação com o comportamento das estirpes no campo, podem ser úteis para eventuais melhorias de inoculantes que contem estirpes sensíveis (HUNG et al., 2005).

E sobre o pH, a relação da leguminosa com os rizóbios é afetada negativamente em condições de acidez (BARBERI et al., 2004), pois reduz a exsudação das raízes das plantas (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005) e a concentração de nutrientes importantes para melhorar a produtividade da cultura o sucesso da FBN como o P e o Mo (MATOSO; KUSDRA 2014).

3.5 O melhoramento genético visando o aumento da FBN

Um exemplo de FBN de elevada expressão econômica na agricultura ocorre com a soja, onde a tecnologia de inoculação usada dispensa a aplicação da adubação mineral nitrogenada, resultando em expressivos rendimentos, podendo chegar a 120 kg de N/ha no ciclo da cultura (TSAI et al, 2006), com alta produtividade, gerando redução dos gastos e um melhor lucro ao produtor rural (BELTRAME; 2009).

Para o feijão-caupi, já existem inoculantes eficientes que foram selecionados e recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que são: INPA3-11B, UFLA3-84, BR 3267 e BR 3262 (MELO; ZILLI, 2009). A adoção desta tecnologia permite um incremento significativo no sistema de produção da cultura.

Sousa e Moreira (2011) obtiveram ganhos de 259 kg ha⁻¹ fazendo uso da inoculação e 286 kg ha⁻¹ com fertilizante industrial em relação à ausência de ambos no município de Confresa - MT. Com esses incrementos, no ano do estudo (2006), com o valor médio de mercado a R\$ 3,00 kg grão⁻¹, o aumento na renda líquida do produtor foi de R\$ 757,09 e R\$ 461,70 com a inoculação e com fertilizante, respectivamente.

O uso do fertilizante nitrogenado no cultivo do feijão-caupi é mais caro para o bolso do produtor, logo a tecnologia da inoculação se mostra mais vantajosa economicamente. O valor obtido com os incrementos da inoculação representou no ano do estudo 1,5 salário mínimo, sendo uma importante fonte adicional de renda, principalmente para os agricultores de baixo poder aquisitivo (SOUSA, MOREIRA, 2011).

Estes valores podem variar, considerando-se as oscilações de mercado e a influência dos fatores climáticos no sistema de produção. No Estado do Ceará em 2011, por exemplo, a maior cotação dos grãos do feijão-caupi foi observada no mês de junho, atingindo R\$ 9,65 kg⁻¹ (SOUSA et al., 2015), o que permite um maior retorno financeiro ao produtor. Com isso, pode-se reafirmar a importância da obtenção do sucesso desta tecnologia de baixo custo para a agricultura e da difusão desta entre os pequenos agricultores.

Um dos entraves nos estudos da FBN é a apresentação de resultados variáveis, que podem estar associado à estirpe, à especificidade da cultivar (SOARES, 2007), como também a adaptação às condições regionais (RUMJANEK et al., 2006).

O feijão-caupi pela sua alta promiscuidade e pelo fato das estirpes nativas serem altamente competitivas e de baixa eficiência na FBN (SILVA et al., 2008), é uma cultura que necessita de mais de estudos voltados para a seleção de estirpes que consigam se estabelecer e fixar o nitrogênio atmosférico de forma satisfatória para que sejam potenciais inoculantes.

Portanto, ter em mãos o conhecimento das respostas dos genótipos de feijão-caupi à diversidade de estirpes de rizóbios fornece auxílio aos programas de inoculação e melhoramento de plantas para a obtenção de inoculantes que contribuam para a obtenção de maiores produtividades, com conseqüente aumento de renda no sistema de produção da cultura. Além disso, faz-se necessário que sejam embutidos esforços para a divulgação dos benefícios desta tecnologia entre os agricultores e que seja facilitado o processo de comercialização de inoculantes adaptados às condições locais das regiões produtoras (YAMADA; ABDALLA; VITTI, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Cultivares de feijão-caupi

Foram selecionadas duas cultivares para serem testadas neste estudo: ‘Setentão’ e ‘Sempre Verde’. A escolha destas foi baseada na recomendação do Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o estado do Ceará. As sementes utilizadas nos ensaios foram obtidas do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi (BAGCaupi) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

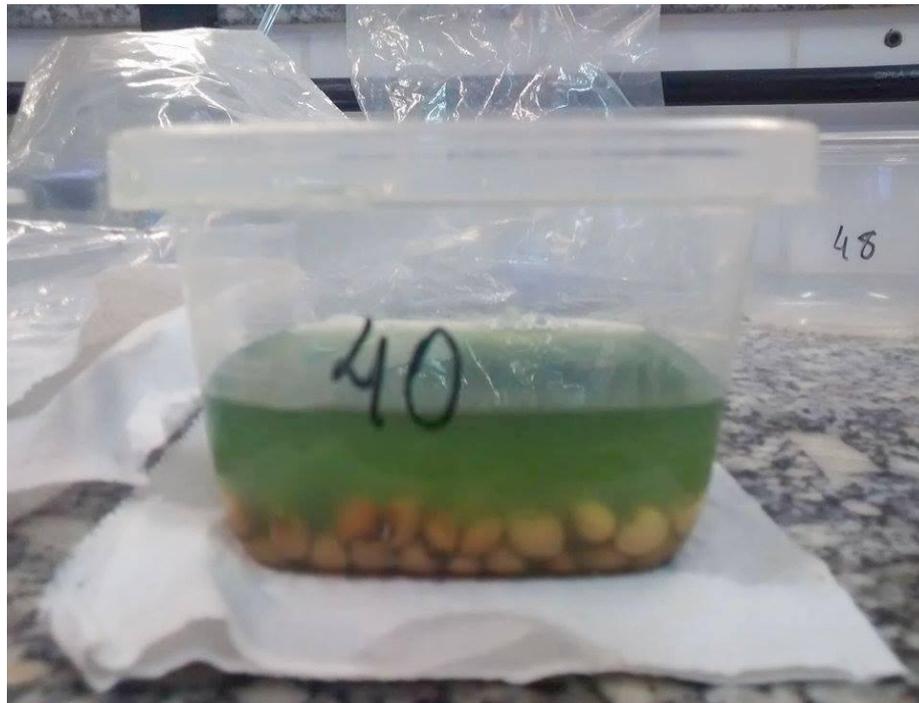
4.2 Fontes de nitrogênio

As estirpes LAMAB 40, LAMAB 48 e LAMAB 65, nativas do semiárido nordestino, foram escolhidas para o presente trabalho por terem apresentado resultados semelhantes à adubação nitrogenada e estirpes padrões em experimentos de casa de vegetação (PINHEIRO, 2014). As estirpes foram obtidas da Coleção de Culturas do Laboratório de Microbiologia Ambiental. (LAMAB) mesma universidade. Além destas, foi adotada a estirpe comercial BR 3267 como inoculante padrão para efeito da comparação dos resultados.

Para a obtenção dos inoculantes, inicialmente transferiu-se uma colônia de cada estirpe para o caldo extrato de levedura - manitol (YM), seguindo com agitação orbital a 150 RPM (VINCENT, 1970) durante sete dias. A curva de crescimento indicou que após 96 horas teria no caldo uma concentração mínima na ordem de 10^7 UFC mL⁻¹. Como o tempo disponibilizado para crescimento das bactérias foi superior a 96 horas, a concentração obtida foi maior.

Previamente ao plantio, foi feito o umedecimento das sementes em solução açucarada a 10%, com a finalidade de promover a aderência do inoculante na sua superfície, e em seguida as sementes foram mergulhadas nos seus respectivos inoculantes (Figura 1). As sementes destinadas para os tratamentos denominados de testemunha adubada e testemunha absoluta não foram inoculadas.

Figura 1 – Sementes imersas no inoculante líquido.



Fonte: Thereza R. B. Cavalcante (2015)

A adubação mineral nitrogenada foi feita com uréia, exclusivamente, nas parcelas denominadas de testemunha adubada. A aplicação foi feita conforme a recomendação de Andrade Júnior (2002), com 20 kg de N/ha em cobertura, aos 15 dias após a emergência das plantas.

4.3 Descrição da área experimental

O presente trabalho foi conduzido em campo, em regime de sequeiro, nas condições edafoclimáticas da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), no município de Pentecoste-CE.

O tipo climático do município é BSw'h, de acordo com a classificação de Köppen (1918), ou seja, é de clima semiárido, com pequena temporada úmida e temperatura média anual superior ou igual a 18°C (EMBRAPA, 2004). O experimento foi instalado dia 28 de abril de 2015, dentro do período chuvoso local. A umidade relativa (%) e a pluviosidade acumulada (mm) durante o ciclo da cultura no campo encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros meteorológicos durante o ciclo da cultura, em Pentecoste-CE.

Mês	UR (%)		P (mm)
	Manhã	Tarde	
Abril	86,33 (\pm 2,51)*	74,00 (\pm 3,46)	71,6
Mai	73,35 (\pm 6,89)	60,22 (\pm 8,18)	4,9
Junho	65,70 (\pm 8,40)	51,60 (\pm 9,27)	40
Julho	67,41 (\pm 13,81)	56,54 (\pm 13,43)	56,2
Total			172,7

Legenda: UR – Umidade relativa; P – Pluviosidade acumulada; * – Desvio padrão. Fonte: Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental Vale do Curu.

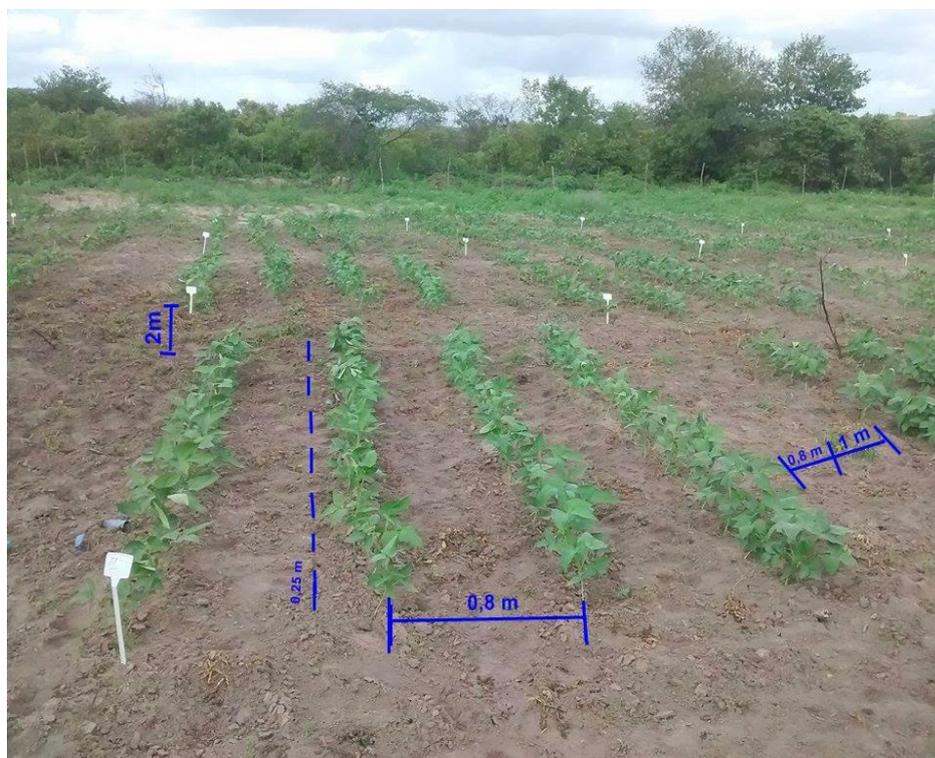
4.4 Condução do experimento

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em um arranjo fatorial 2 x 6, representando as duas cultivares supracitadas e seis fontes de nitrogênio, correspondendo a três estirpes selecionadas (LAMAB 40, LAMAB 48 e LAMAB 65), uma estirpe padrão (BR3267), a testemunha adubada e a testemunha absoluta (sem inoculação e adubação nitrogenada).

O preparo da área, inicialmente ocupada pela vegetação nativa, foi feito de forma mecanizada, com aração e gradagem e posterior plantio manual, com a semeadura de três sementes por cova. O desbaste foi realizado 15 dias após a semeadura, permanecendo uma planta por cova.

Cada parcela foi constituída de quatro fileiras de 4 m, com espaçamento de 0,8 m entre si e 0,25 m entre covas, num total de 12,8 m². As laterais da parcela foram consideradas como bordadura, ficando a área útil composta por 28 plantas ocupando 5,6 m² (Figura 2). Adotou-se o espaçamento entre parcelas e blocos de 1 e 2 m, respectivamente.

Figura 2 – Dimensionamento da área experimental do cultivo de feijão-caupi, em Pentecoste-CE.



Fonte: Thereza R. B. Cavalcante (2015)

Foi feita a análise química do solo da área experimental (Tabela 2) e por ocasião do plantio, todas as parcelas receberam adubação fosfatada e potássica com superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, de acordo com a recomendação para a cultura.

Tabela 2 – Análise química do solo (0 - 20 cm) da área experimental.

Análise de solo							
Na	P	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	pH
(mg dm ⁻³)				cmol _c dm ⁻³			
39	5	174	3,9	2	1,9	0,1	5,7
Baixo		Alto	Médio				

Fonte: Laboratório de Solos/Água. UFC/FUNCEME

Ao longo do desenvolvimento da cultura, foram feitas capinas na área para eliminar as espécies invasoras. Além disso, foi realizado o controle de pragas da cultura com a

aplicação de defensivo a base de Tiametoxan, 250 g kg⁻¹, de acordo com as recomendações do fabricante, usando um pulverizador costal. As colheitas foram feitas manualmente, logo que se observou a secagem das vagens, aos 65 DAS.

4.5 Variáveis analisadas e coleta de dados

Os caracteres analisados foram: produtividade (PD), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), número de vagens (NV), número de sementes por vagem (NSV), comprimento de vagem (CPV), rendimento médio de sementes (RMS), massa de vagens (MV), massa de cem sementes (M100S) e nitrogênio total de parte aérea (NTPA).

Para a obtenção dos dados da variável produtividade, as vagens colhidas da área útil das parcelas foram debulhadas manualmente e suas sementes pesadas em balança analítica. Posteriormente, foi necessário fazer a correção da produção pelo estande de plantas, pois nos experimentos de campo uma das dificuldades para uma determinação mais precisa da produção é a falha na uniformidade da quantidade de plantas em todas as parcelas. Para a correção da produção do feijão-caupi, foi utilizada a expressão de Zuber (1942, apud FERNANDES; RAMALHO; LIMA, 1989):

$$Y_c = \frac{Y(N - KF)}{N - F}$$

Onde:

Y_c: valor da parcela corrigido para o estande ideal de plantas;

Y: Valor original da parcela;

N: número ideal de plantas na parcela;

F : número de plantas em falta na parcela;

K : fator de correção médio encontrado por Fernandes (1989).

O fator de correção K usado foi 0,7 por ser representativo da maioria das cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. (FERNANDES; RAMALHO; LIMA, 1989). Os

resultados obtidos para as outras variáveis supracitadas foram determinadas pela coleta aleatória de quatro plantas da área útil de cada parcela aos 35 dias após a semeadura.

O comprimento da parte aérea foi medido, com o auxílio de uma régua, do colo da planta até o ponto de inserção da maior folha, em cm. O comprimento de vagem, em cm, foi medido fazendo uso de barbante e régua. O rendimento de sementes, massa de cem sementes e massa de vagens, em g, foram obtidas pela pesagem em balança analítica. Os resultados das variáveis: número de vagens, número de sementes por vagem e número de nódulos foram obtidos por meio de contagem e os materiais vegetais: parte aérea, nódulos e raízes foram submetidos à secagem em estufa à 80°C durante 24 h para a determinação de suas massas secas quando pesados.

A análise do nitrogênio total de parte aérea, mg N g^{-1} de MS, foi determinada pelo método de Kjeldahl (BAETHGEN; ALLEY 1989), que consiste, basicamente, da digestão das amostras por H_2SO_4 e posterior leitura das amostras preparadas em espectrofotômetro à 650 nm.

Nas análises estatísticas, as variáveis foram testadas quanto à normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e submetidas à análise de variância com teste de Tukey (5%) pelo software estatístico Assistat 7.7 Beta. Para aquelas que não apresentaram normalidade dos dados, foram aplicadas transformações, procedendo-se a uma nova análise de variância e quando necessário foi aplicado o teste de Friedman.

As variáveis PD, CPA, NSV e M100S respeitaram os pressupostos de normalidade, já os valores observados nas variáveis MSPA, MSR, NN, MSN, NV e MV precisaram ser transformados fazendo uso de \sqrt{X} e X^{-1} , para o RMS. Para avaliar o efeito dos tratamentos para as variáveis NTPA e CPV foi aplicado o teste de Friedman, pois não atenderam a condição de normalidade mesmo após as transformações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As combinações entre as cultivares e as fontes de N apresentaram resultados semelhantes entre si, ou seja, a interação entre os fatores não ocorreu (Tabela 3), o que pode ser atribuído à alta promiscuidade da cultura (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A produtividade teve uma amplitude de 366,75 a 597,93 kg ha⁻¹, o que representa acréscimos quando comparada a média da região Nordeste, que é de 328 kg ha⁻¹ (SANTOS et al., 2011). Avaliando os fatores cultivar e fontes de N de modo isolado, estes se apresentaram estatisticamente iguais.

Tabela 3 - Resumo do quadro da ANOVA

Variável	QM			MG	CV (%)
	Cultivar (C)	Fonte de N (FN)	Interação (C x N)		
PD (kg ha ⁻¹)	9.668,7 ns	9.051,30 ns	2.6797,48 ns	498.50	27.87
NV (uni pl ⁻¹)	15,75 *	2,733 ns	1,998 ns	4,16	23
NSV (uni vag ⁻¹)	38,97 **	3,38 ns	4,54 ns	13,76	10,66
MV (g pl ⁻¹)	0,899 ns	4,266 ns	3,768 ns	4,55	22,1
RMS (g pl ⁻¹)	1,996 ns	9,96 ns	9,34 ns	9,66	37,91
NN (um pl ⁻¹)	326,4 *	32,16 ns	59,22 ns	19,82	17,12
MSN (g pl ⁻¹)	0,0003 ns	0,00072 *	0,00056 ns	0,03299	27,31
MSPA (g pl ⁻¹)	18,23 **	6,67*	3,62 ns	4,62	12,34
MSR (g pl ⁻¹)	0,42 **	0,042 ns	0,034 ns	0,766	9,48
CPA (cm pl ⁻¹)	141,41 **	9,22 ns	2,47 ns	28,85	9,62
M100S (g)	58,96 **	2,56 ns	0,99 ns	20,36	6,53

Legenda: QM – Quadrado médio; MG- Média Geral; CV- Coeficiente de variação; NS- Não significativo; ** - Significativo a 1% de probabilidade; * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O fato dos tratamentos adubados com uréia não terem se sobrepostos aos demais no presente estudo, tem como prováveis causas: a dinamicidade do N no sistema solo-planta, onde não há o aproveitamento deste nutriente em sua totalidade pelas plantas, devido a perdas

e pela capacidade das estirpes - inoculadas e nativas - em fixar o nitrogênio atmosférico de forma eficiente pela cultura do feijão-caupi (YAMADA; ABDALLA; 2000; JARAMILLO et al., 2013).

Dutra et al. (2012), assim como neste estudo, não obtiveram diferença significativa de produtividade quando compararam diferentes níveis de nitrogênio, 15 e 30 kg ha⁻¹, com a ausência de adubação em Fortaleza-CE, o que mostra a dinamicidade deste nutriente. Entretanto, os autores obtiveram praticamente o dobro da produtividade encontrada neste trabalho, 1.215,5 kg ha⁻¹ em média, e isso pode ser atribuído a maior disponibilidade de água à cultura, visto que o plantio foi feito no período não chuvoso, inferindo-se que o cultivo foi irrigado.

No presente ensaio, a pluviosidade acumulada foi de 172,7 mm, gerando uma produtividade máxima de quase 600 kg ha⁻¹, o que fica evidente que se houvesse uma maior contribuição da água das chuvas, se obteriam maiores produtividades, visto que para a cultura produzir a contento, a lâmina ideal é de no mínimo 300 mm (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

Em relação ao N, é fato que este nutriente quando absorvido de forma eficiente pela cultura, gera melhores rendimentos. Zilli et al. (2009) obtiveram maiores rendimentos tanto com a adubação nitrogenada, como com a inoculação das sementes com as estirpes BR3262, BR3267, INPA 03-11B e UFLA 3-84 quando testadas com a testemunha (isento de adubo e inoculação), no cerrado e em áreas anteriormente já cultivadas com culturas anuais, em Roraima, com precipitação pluviométrica em torno de 830 mm.

Xavier et al. (2008) em experimento com feijão-caupi 'BRS Guariba' inoculado com a estirpe BR 2001, conduzido em Parnaíba-PI, de clima tropical chuvoso, também obtiveram ganhos significativos na produtividade da cultura.

Tagliaferri et al. (2013) avaliando diferentes níveis de N e lâminas de irrigação, fazendo uso de sementes inoculadas com estirpe recomendada para a cultura (não especificada) obtiveram resultados satisfatórios mesmo na ausência de adubação nitrogenada, com 1.904 kg ha⁻¹ em média. Estes trabalhos corroboram que tanto a inoculação com estirpes eficientes na FBN como com a adubação nitrogenada promovem incrementos significativos na produção do feijão-caupi.

Na condição deste estudo, como a produtividade entre as fontes de N não diferiu estatisticamente, a adubação não é viável financeiramente para o agricultor, pelo maior valor agregado aos custos de transporte, compra e aplicação do adubo. Entretanto, os inoculantes

geraram resultados maiores que a testemunha absoluta, com destaque para os inoculantes BR3267 e LAMAB 40, gerando incrementos de 73,18 e 61,88 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo estes superiores ao obtido pela adubação.

O agricultor ao utilizar o inoculante LAMAB 40, por exemplo, vendendo o seu produto por R\$ 7,49 kg grão⁻¹, preço médio comercial de Fortaleza-CE, pode obter um incremento na sua renda de até R\$ 443,68 ha⁻¹, já contabilizado os custos de compra e transporte do inoculante, o que representa 50,41% do salário mínimo, sendo um retorno financeiro significativo na realidade de muitos agricultores (SOUSA; MOREIRA, 2011).

Por tudo isso, a recomendação mais promissora, nesta condição, é que se faça uso da inoculação, por ser uma tecnologia mais barata que o fertilizante industrial, e por aumentar a produtividade e conseqüentemente o lucro do homem do campo.

Para as outras variáveis, avaliando o fator cultivar isoladamente, as cultivares testadas diferiram entre si nas variáveis M100S, NN, CPA, MSPA, MSR, NV e NSV, com o ‘Setentão’ apresentando os maiores resultados, exceto nas duas últimas (Tabela 4). A MSR das plantas teve uma amplitude de 0,49 a 1,2 g planta⁻¹ e o CPA variou de 23,9 a 36,55 g planta⁻¹.

Apesar do NV e NSV ter diferido entre as cultivares, o RMS foi estatisticamente igual entre ambas, o que justifica similaridade na produtividade. Os valores obtidos neste estudo foram de 3,6 a 24,8 g planta⁻¹, em média.

Tabela 4 – Médias das variáveis do fator cultivar de feijão-caupi.

Variáveis	Cultivar	
	Sempre Verde	Setentão
PD (kg ha ⁻¹)	484,30 a	512,69 a
NV (un pl ⁻¹)	4,73 a	3,59 b
NSV (un vag ⁻¹)	14,66 a	12,86 b
MV (g pl ⁻¹)	4,41 a	4,69 a
RMS (g pl ⁻¹)	10,07 a	9,66 a
NN (un pl ⁻¹)	17,21 b	22,43 a
MSN (g pl ⁻¹)	0,030 a	0,035 a
MSPA (g pl ⁻¹)	5,01 b	6,24 a
MSR (g pl ⁻¹)	0,67 b	0,85 a
CPA (cm pl ⁻¹)	27,14 b	30,57 a
M100S (g)	19,25 b	21,47 a

Legenda: PD – Produtividade; NV- Número de vagens; NSV – Número de sementes por vagem; MV- Massa de vagem; RMS – Rendimento médio de sementes; NN- Número de nódulos; MSN- Massa seca de nódulos; MSPA- Massa seca de parte aérea; MSR- Massa seca de raiz; CPA- Comprimento de parte aérea; M100S – Massa de 100 sementes. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A M100S teve uma diferença de até 37,8% entre as cultivares, com as sementes do ‘setentão’ sendo mais pesadas. Os valores observados em ambas as cultivares se encontram na faixa de 15,36 a 24,68 g.

O NN é um dos componentes avaliados na nodulação das plantas e deve ser avaliado juntamente com outros parâmetros. Xavier et al. (2006) assim como neste estudo, obtiveram diferença no NN avaliando variados genótipos em campo. Pinheiro (2014), também encontrou uma relação positiva entre o NN e CPA e entre NN e MSPA avaliando diferentes genótipos em casa de vegetação, o que mostra que os maiores resultados para o ‘Setentão’ nestas variáveis podem ser atribuídos ao maior NN obtidos nesta cultivar e não a características intrínsecas da planta, visto que as cultivares possuem o mesmo porte (PAIVA et al., 2014). A amplitude do NN neste trabalho variou de 9 a 38 unidade planta⁻¹.

Xavier et al. (2008) e Gualter et al. (2011) avaliando a nodulação de feijão-caupi, em campo, observaram um máximo de 29 e 23 nódulos, respectivamente. Em experimentos conduzidos em casa de vegetação foram observados maiores NN, como 118 (PINHEIRO, 2014) e 250 unid planta^{-1} (MELO; ZILLI; 2009). Isso provavelmente ocorre em função destes ensaios estarem em condições controladas.

Neste trabalho, para as cultivares, apesar de ter havido diferença do NN, não houve para a MSN. Já entre as fontes de nitrogênio, a MSN foi responsiva, gerando 0,050 g para LAMAB 40, sendo 54,88% superior e diferente da testemunha adubada (Tabela 5). As outras fontes testadas expressaram semelhança entre ambas. Os valores médios de MSN neste trabalho variaram de 0,005 a 0,090 g planta^{-1} .

O maior ganho de MSPA, dentre as fontes de N, foi com LAMAB 65, gerando valores de até 11,03 g planta^{-1} , e esta foi superior à testemunha absoluta. As outras fontes de N apresentaram semelhanças entre ambas, ou seja, LAMAB 65 foi a estirpe que promoveu um incremento semelhante ao da adubação nitrogenada e se mostrou mais promissora em relação às estirpes nativas da área experimental. A MSPA teve uma amplitude de 2,87 a 11,03 g planta^{-1} .

Silva et al. (2012) também encontraram maior acúmulo de MSPA em plantas de feijão-caupi inoculadas, fazendo uso do inoculante comercial, em relação ao controle (isento de N e inoculação), em casa de vegetação. Entretanto, no presente trabalho, mesmo havendo diferença de MSPA não houve variação significativa na produtividade da cultura, o que é corroborado por Silva Júnior et al. (2014), que afirmaram que um maior incremento de massa de parte aérea não indica necessariamente um aumento de produtividade.

Tabela 5 – Médias das variáveis do fator fontes de nitrogênio.

Variável	Fonte de N					
	T-0	T-N	LAMAB 40	LAMAB 48	LAMAB 65	BR 3267
PD (kg ha ⁻¹)	461,33 a	518,14 a	523,21 a	453,99 a	499,80 a	534,51 a
NV (un pl ⁻¹)	5,28 a	3,81 a	3,90 a	3,90 a	3,75 a	4,34 a
NSV (un vag ⁻¹)	12,68 a	14,03 a	14,09 a	13,25 a	14,18 a	14,34 a
MV (g pl ⁻¹)	3,53 a	4,19 a	4,50 a	4,34 a	5,10 a	5,62 a
RMS (g pl ⁻¹)	8,35 a	9,32 a	10,56 a	9,04 a	11,16 a	10,76 a
NN (un pl ⁻¹)	20,31 a	17,90 a	23,00 a	19,75 a	17,45 a	20,53 a
MSN (g pl ⁻¹)	0,031 ab	0,022 b	0,050 a	0,033 ab	0,026 ab	0,032 ab
MSPA (g pl ⁻¹)	4,32 b	5,71 ab	5,24 ab	5,39 ab	7,08 a	6,00 ab
MSR (g pl ⁻¹)	0,66 a	0,74 a	0,73 a	0,77 a	0,87 a	0,80 a
CPA (cm pl ⁻¹)	26,89 a	29,23 a	30,04 a	28,66 a	29,41 a	28,90 a
M100S (g)	20,56 a	20,36 a	19,41 a	20,08 a	20,71 a	21,04 a

Legenda: PD – Produtividade; NV- Número de vagens; NSV – Número de sementes por vagem; MV - Massa de vagem; RMS – Rendimento médio de sementes; NN- Número de nódulos; MSN- Massa seca de nódulos; MSPA- Massa seca de parte aérea; MSR- Massa seca de raiz; CPA- Comprimento de parte aérea; M100S – Massa de 100 sementes. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de CPV tiveram uma amplitude de 17,6 a 20,92 cm vagem⁻¹ para o Sempre Verde e de 12,71 à 20,4 cm vagem⁻¹ para o Setentão, não havendo diferença entre os tratamentos (Tabela 6). Esta relação de tamanho obtida se assemelha a encontrada por Paiva et al. (2014), que obtiveram para o ‘Setentão’ o CPV médio de 17,70 cm vagem⁻¹ e para o ‘Sempre Verde’ os valores médios de 16,56 à 21,60 cm vagem.

Foi obtido um máximo de 9,7 vagem planta⁻¹, com o NSV variando de 8,7 à 17,2 unidade vagem⁻¹. Estes valores se aproximam dos encontrados por Locatelli et al. (2014), que obtiveram de 9 a 12 vagem planta⁻¹ e 7 a 13 unidade vagem⁻¹, avaliando diferentes cultivares em campo.

Tabela 6 – Valores médios do comprimento de vagem dos tratamentos.

Cultivar	Fonte de N	CPV (cm)
Sempre Verde	T-0	19,04 a
	T-N	19,01 a
	LAMAB 40	19,54 a
	LAMAB 48	18,15 a
	LAMAB 65	19,48 a
	BR3267	19,77 a
Setentão	T-0	17,11 a
	T-N	18,93 a
	LAMAB 40	18,1 a
	LAMAB 48	17,6 a
	LAMAB 65	16,82 a
	BR3267	17,11 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Friedman ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao NTPA, as estirpes LAMAB 48 e LAMAB 65 foram as que contribuíram com um maior aporte nas duas cultivares - assim como a adubação nitrogenada - e os outros tratamentos apresentaram similaridades com estes (Tabela 7). Os resultados semelhantes de NTPA podem estar associados à capacidade do suprimento biológico em fixar o N de forma eficiente, equiparado à adubação.

Tabela 7 – Valores médios do nitrogênio total de parte aérea dos tratamentos.

Cultivar	Fonte de N	NTPA (mg N g MS ⁻¹)
Sempre Verde	T-0	15,52 bc
	T-N	40,69 abc
	LAMAB 40	40,07 abc
	LAMAB 48	43,62 a
	LAMAB 65	42,20 abc
	BR3267	14,52 c
	T-0	36,54 abc
Setentão	T-N	42,79 ab
	LAMAB 40	18,85 bc
	LAMAB 48	24,39 abc
	LAMAB 65	39,48 abc
	BR3267	39,02 abc

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Friedman ao nível de 5% de probabilidade.

Portanto, é visto que as estirpes pré-selecionadas para este trabalho expressaram incrementos equivalentes ao da adubação nitrogenada em algumas variáveis, como a MSPA e o NTPA, e até superiores, no caso da MSN e PD, mesmo esta última não tendo diferido estatisticamente. As cultivares testadas apresentaram diferenças entre si em algumas variáveis analisadas, mas a PD foi semelhante.

6 CONCLUSÕES

As combinações entre as cultivares e as fontes de N testadas apresentaram resultados semelhantes entre si.

Não houve diferença de produtividade entre as cultivares, mas o ‘Setentão’ se sobressaiu em algumas variáveis.

As estirpes LAMAB 40 e BR3267 se destacaram por gerarem ganhos de produtividade equivalentes ao da cultura adubada.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108 p.
- BAETHGEN, W. E.; ALLEY, M. M. A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in soil and plant Kjeldahl digest. **Community Soil Science and Plant Analysis**, v. 20, n. 9/10, p. 961-969, 1989.
- BARBERI, A. et al. Crescimento de *Bradyrhizobium elkanii* estirpe Br 29 em meios de cultivo com diferentes valores de pH inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras , v. 28, n. 2, p. 397-405, abr. 2004.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N K.; SILVA, O. F. fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras , v. 29, n. 1, p. 69-76, fev. 2005 .
- BELTRAME, L. C. **Eficiência do uso de fertilizantes, fungicidas e inoculante no tratamento de sementes de soja**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.
- BEZERRA, F. M. et al. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 05-10. 2003.
- BRITO, M.M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 895-905, ago. 2009.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M.T.; SILVA, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 396-404, abr. 2010.
- CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. Efetividade de rizóbios e caracterização fenotípica dos isolados que nodulam feijão-caupi em solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 489-494, set. 2009.
- COSTA, A. R. et al. **Uso do nitrogênio na agricultura e suas implicações na emissão do gás de efeito estufa óxido nitroso (N₂O)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 47 p.
- COSTA, E. M. et al . Promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1275-1284, set. 2013.
- DIAS, V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: Uma visão global sintética**. 24. ed. Rio de Janeiro: BNDES Editorial, 2006.

DUTRA, A. S. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**. V. 43, n 4. out./dez, 2012.

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae – Papilonoidea for the flora of tropical East Africa. IV. **Kew Bulletin**, Londres, v. 24, p. 597-569, 1970.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC, 2004. 6 p.

EMBRAPA. **Feijão-caupi: Biologia Floral**. Teresina, 2007. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/61893>> Acesso em 08 mar. 2015.

FERNANDES, M.P. S.; RAMALHO, M.A. P.; LIMA, P. C. Comparação de métodos de correção de estande em feijão. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 8, p.997-1002, ago. 1989. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18402/12266>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

FRANCHE, C., LINDSTROM, K., ELMERICH, C. Nitrogen-fixin bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. **Plant soil**, Netherlands, p. 35-59, 2008.

FRANCO, M. C. et al . Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, ago. 2002.

FREIRE FILHO et al. **Feijão-Caupi no Brasil: Produção, Melhoramento Genético, Avanços e Desafios**. 1. ed. Teresina. Embrapa Meio-Norte, 2011a.

FREIRE FILHO et al. Produção, Melhoramento Genético e Potencialidades do Feijão-Caupi no Brasil. In REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO. 4, 2011b, Teresina. **Palestras...** Teresina. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/897440/1/Producaomelhoramento.pdf>> Acesso em 02 jan. 2016.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região Nordeste**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2005. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAUJO, J.P.P. DE ; WATT, E.E. (Org.). O caupi no Brasil. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF; Ibadan: IITA, 1988. Cap. 1, p. 26-46.

FRIGO, G. R. **Feijão-caupi submetido à inoculação com rizóbio e cultivado em latossolo do cerrado matogrossense**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis, 2013.

GOMES FILHO, R. R.; TAHIN, J. F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*, L.) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.10, n. 1-4, p. 56-60, jan./dez, 2002.

HARRIS, R. F. Effect of water potential on microbial growth and activity. In: PARR, J. F.; GARDNER, W. R.; ELLIOT, L. F., (Ed.) **Water potential relations in soil microbiology**. Madison: Soil Science Society of America, 1981. p. 23-95.

HUNG, M. et al. Indigenous rhizobia associated with native shrubby legumes in Taiwan. **Pedobiologia**, Mossoró, v. 49, p. 577-584, 2005.

JARAMILLO, P. M. D. **Diversidade genética e simbiótica de bactérias fixadoras de nitrogênio isoladas de solos sob agrofloresta na Amazônia Ocidental usando o caupi como planta isca**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2639>>. Acesso em: 31 mar 2016.

JARAMILLO, P. M. D. et al . Symbiotic nitrogen-fixing bacterial populations trapped from soils under agroforestry systems in the Western Amazon. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 6, p. 397-404, dez. 2013.

LEITE, L. F. C. et al. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p.492-497, out. 2009.

LOCATELLI et al. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.574–580, 2014.

MACHADO, C. F. et al. Herança da inflorescência composta da cultivar de feijão-caupi cacheado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1347-1350, out. 2007.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Genebra, n. 28, p. 1-273, 1978.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J.F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 567-573, jun. 2014.

MELO, S. B. **Desempenho da Fixação Biológica de Nitrogênio em Cultivares de Feijão-caupi Recomendadas para Roraima**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2009.

MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, set. 2009.

- MENDES JUNIOR, A. A.; BUENO, O. C. Participação da energia fóssil na produção dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na ureia. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 4, p.442-447, out. 2015. Disponível em: <revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/600>. Acesso em: 11 abr. 2016.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**, 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 673 p.
- MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A. Expressão dos genes nod de *Rhizobium tropici*, *R. etli* e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e estabelecimento da nodulação do feijoeiro na presença de exsudatos de sementes de *Mimosa flocculosa* e *Leucaena leucocephala*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 301-310, jun. 2000.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- NEVES, A. C. et al. **Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar**. 51. ed. Teresina: Embrapa Meio-norte, 2011. 15 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/905184>>. Acesso em: 02 mar. 2016.
- PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba: IITA: JIRCAS, 1997. p. 1-12.
- PAIVA, J. B. et al. **Feijão-Caupi: Melhoramento Genético no Centro de Ciências Agrárias**. Fortaleza: Edições UFC, 2014. 261 p.
- PINHEIRO, M. S.. **Interação entre genótipo e estirpes de rizóbios em feijão-caupi**. 2014. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- REIS, V. M.; PAULA, M. A.; DOBEREINER, J. Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1933-1941, out. 1999.
- ROCHA, M. M. et al. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 270-275, mar. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 05 dez. 2016.
- RODRIGUES, et al. Produtividade de cultivares de feijão-caupi em solos de baixa fertilidade, em municípios do estado do Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3; 2013, Recife. Anais... Recife: Conac, 2013. p. 01-08.
- RUMJANEK, N. G. et al. **Feijão-caupi tem uma nova estirpe de rizóbio, BR3267, recomendada como inoculante**. 15. ed. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 16 p.

SANTOS, C. C. et al. Crescimento inicial de plantas de amendoim inoculadas com rizóbio isolado de feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiania, v. 10, n. 18, p.1097-1105, jul. 2014.

SILVA JÚNIOR, E. B. et al. Nodulação e produção de feijão-caupi em resposta à inoculação com diferentes densidades rizobianas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 10, p. 804-812, dez. 2014.

SILVA, M. F. et al. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1418-1425, nov. 2012.

SILVA, R. P. et al. Efetividade de estirpes selecionadas para feijão-caupi em solo da região semi-árida do sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 2, p.105-110, abr. 2008.

SIZENANDO, C. I. T. et al. Estimativa de produção de genótipos de amendoim inoculados com isolados de *Bradyrhizobium*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 6; 2014, Fortaleza. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014. p 201.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em perdões (MG): I - caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 795-802, out. 2006.

SOARES, C. S. **Eficiência de estirpes de rizóbio no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

SOUSA, A. M. et al. Comportamento dos preços de milho e feijão-caupi no mercado do estado do Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 5, p. 01-08, dez. 2015.

SOUSA, P. M.; MOREIRA, F. M. Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso. **Em extensão**, Uberlândia, v.10, n. 2, p. 37-54, 2011.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada no milho?** 91. ed. Piracicaba: Potafos, 2000. 5 p. Disponível em: <www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/.../Page1-5-91.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2016.

TAGLIAFERRE, C. et al. Características agrônômicas do feijão-caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 242-248, abr. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TSAI, S. M. et al. Inoculantes promovem economia na produção de soja. **Visão Agrícola**, Sampa, v. 3, n. 5, p.31-34, jun. 2006.

VINCENTE, J.M. **A Manual for the practical study of root nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Scientific, 1970. 164p.

WANDER, A. E. Produção e participação brasileira no mercado internacional de feijão-caupi. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Recife: Conac, 2013. p. 1 - 4.

XAVIER, G. R. et al. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n.1, p.25-33, jan./mar. 2006.

XAVIER, G. R. et al. Tolerância de rizóbio de feijão-caupi a salinidade em condição in vitro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p.01-09, out. 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/01/212/>> Acesso em 01 jun. 2016.

XAVIER, T. F. et al. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2037-2041, out. 2008.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. 722 p.

ZILLI, J. E. et al. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 749-757, 2009.