



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

PEDRO RAMON HOLANDA DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI
INOCULADAS COM RIZÓBIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2020

PEDRO RAMON HOLANDA DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI
INOCULADAS COM RIZÓBIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Prof. Dr. Aurélio Paes Barros Júnior

Coorientadora: Profa. Dra. Lindomar Maria da Silveira

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

O48d Oliveira, Pedro Ramon Holanda de.
 Desempenho agrônomo de cultivares de feijão-
 caupi inoculadas com rizóbio no semiárido
 brasileiro / Pedro Ramon Holanda de Oliveira. -
 2020.
 47 f. : il.

 Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior.
 Coorientadora: Lindomar Maria da Silveira.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
 Fitotecnia, 2020.

 1. Vigna unguiculata L. (Walp).. 2. Fixação
 biológica de nitrogênio. 3. Inoculante. I. Barros
 Júnior, Aurélio Paes, orient. II. Silveira,
 Lindomar Maria da, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO RAMON HOLANDA DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI
INOCULADAS COM RIZÓBIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

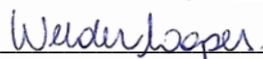
Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Defendida em: 28/02/2020.

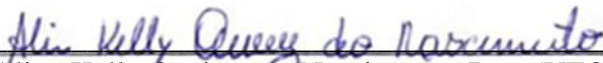
BANCA EXAMINADORA



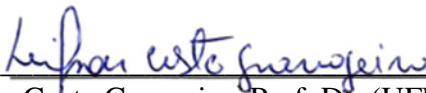
Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Welder de Araújo Rangel Lopes, Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Aline Kelly Queiroz do Nascimento, Dra. (UFC)
Membro Examinador



Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Ao meu pai, João Batista de Oliveira (in memoriam), homem humilde, de grande coração, que me ensinou todos os valores da vida.

À minha família, pelo apoio incondicional em todas as circunstâncias, e que hoje é minha principal motivação para seguir em frente.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de aproveitar esse espaço e agradecer a pessoas que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, e sem as quais de maneira alguma teria chegado até aqui:

Agradeço a Deus acima de tudo, pelo dom da vida.

À UFERSA, por toda a estrutura física que permitiu a realização deste trabalho. Agradeço em especial ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado num programa de altíssimo nível.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus orientadores, professor Aurélio Paes Barros Júnior e professora Lindomar Maria da Silveira, pelos ensinamentos e troca de experiências, pela boa convivência e principalmente pela disponibilidade em me ajudar.

Aos colegas do Grupo de Estudo e Pesquisa em Produção Agrícola e Recursos Genéticos (GEPPARG): Adênio Alves, Alex Monteiro, Fernanda Lima, Flávio Pereira, Gisele dos Santos, Manoel Galdino, Michele Barboza, Ricardo Albuquerque, Silvana Fraga e Welder Lopes, pela amizade construída ao longo de toda essa trajetória e cuja ajuda nas atividades foi de fundamental importância para a realização deste trabalho. Agradeço em especial a Flávio e Welder, por me auxiliarem diretamente em todas as etapas de realização deste trabalho.

Aos colaboradores da fazenda experimental Rafael Fernandes e da horta didática do Centro de Ciências Agrárias, pelo auxílio na realização das atividades em campo.

Aos meus pais, João Batista de Oliveira (*in memoriam*) e Maria Eurides Holanda Silva, pelo carinho, apoio incondicional e por serem sempre entusiastas do meu progresso pessoal e profissional. Agradeço em especial a meu pai, pois perdê-lo durante essa jornada de maneira tão repentina não foi nada fácil, mas com certeza só cheguei até aqui graças a ele.

Aos meus irmãos, Daniele Holanda Pinheiro e Antônio Pinheiro Júnior, pelo carinho e por todos os ensinamentos ao longo da vida. A Daniele especialmente por ser meu maior exemplo de pessoa, em quem faço questão de me espelhar.

À Bárbara Albuquerque, pelo apoio em todas as minhas decisões, pelo companheirismo, compreensão, carinho e, principalmente, pela paciência. Sem ela, certamente esse trabalho não seria realizado.

A Alcimar Galdino, Alricélia Lima, Fernanda Dantas, Isaac Alves, Juan Guerra e Jéssica Santos, pela incrível amizade construída e por me apoiarem nos momentos mais difíceis.

Agradeço também àqueles que, apesar de não citados aqui, estiveram sempre presentes e contribuíram de maneira indireta para que esse trabalho fosse viabilizado.

Muito obrigado!!!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A região Nordeste é a maior produtora de feijão-caupi do Brasil, porém a produtividade da região é muito aquém das demais regiões produtoras do país. A escolha de cultivares com maior potencial produtivo e a utilização de estirpes de rizóbio com alta eficiência na fixação biológica de nitrogênio constituem os principais avanços para a produção de feijão-caupi no Brasil, todavia, estudos avaliando essas tecnologias na região semiárida ainda são escassos. Assim, com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica de cultivares de feijão-caupi inoculadas com estirpes de rizóbio recomendadas para a cultura em ambiente semiárido, foram realizados experimentos de campo em duas safras agrícolas em Mossoró-RN, sendo a primeira safra de janeiro a abril de 2019, e a segunda de junho a agosto do mesmo ano. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 4 x 4, sendo os tratamentos compostos por quatro cultivares melhoradas de feijão-caupi: BRS Imponente, BRS Itaim, BRS Novaera e BRS Tumucumaque; e quatro fontes de N, sendo duas estirpes de *Bradyrhizobium* spp. registradas para a cultura (BR 3262 e BR 3267), aplicação de N mineral (50 Kg ha⁻¹) e uma testemunha absoluta, sem inoculação e sem aplicação de N mineral. Aos 40 DAP, foram avaliados o número e matéria seca dos nódulos; matéria seca da parte aérea e eficiência relativa da nodulação. Dentre as características de produção de feijão verde, foram avaliados o comprimento das vagens verdes, número de grãos por vagem verde, peso de 100 grãos verdes, produtividade de grãos verdes e índice de grãos verdes. Na produção de feijão seco, avaliou-se o comprimento de vagens secas, número de grãos por vagem seca, peso de 100 grãos secos, produtividade de grãos secos e índice de grãos secos. As estirpes de rizóbio promoveram incremento na nodulação das cultivares de feijão-caupi. A cultivar BRS Tumucumaque apresentou maior potencial produtivo de grãos verdes e secos. A inoculação de sementes de feijão-caupi com as estirpes BR 3262 e BR 3267 de *Bradyrhizobium* spp. foi capaz de proporcionar rendimento de grãos verdes e secos semelhante ao obtido com aplicação de N mineral.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L. (Walp). Fixação biológica de nitrogênio. Inoculante.

ABSTRACT

The Northeast region is the main producer and consumer of cowpea in Brazil. However, due to the low technological level employed by the region's producers, the productivity achieved is far below that of other producing regions in the country. The choice of adapted cultivars, with greater productive potential, associated with the use of low-cost technologies, such as the use of high efficiency diazotrophic bacteria strains in the biological fixation of nitrogen are the main advances for the production of cowpea beans in the region. However, there are still few studies evaluating the performance of improved cultivars associated with rhizobial inoculation strains in the Brazilian semiarid region. Thus, in order to evaluate the agronomic efficiency of cultivars beans inoculated with rhizobials recommended for culture in a semi-arid environment, field experiments were conducted in two agricultural crops in Mossoró-RN, the first crop from January to April 2019, and the second from June to August 2019. The experimental design adopted was that of randomized blocks, arranged in a 4 x 4 factorial scheme, and the treatments were composed of four improved cultivars of cowpea-beans: BRS Imponente, BRS Itaim, BRS Novaera and BRS Tumucumaque; and four sources of N, being two strains of *Bradyrhizobium* spp. registered for the culture (BR 3262 and BR 3267), mineral N application (50 kg ha⁻¹) and one absolute control, without inoculation and without mineral N application. The plots were made up of four planting rows 4 m long. The spacing adopted was 0.50 m between rows and 0.20 m between pits in the same row, with two plants per pit, resulting in a population density of 200,000 ha⁻¹ plants. At 40 DAP, eight plants were collected from the useful area of each plot and were evaluated the number and dry matter of nodules; dry matter of the aerial part and relative efficiency of nodulation. From one of the lines of the useful area of each plot the length of green pods, number of grains per green pod, weight of 100 green grains, productivity of green grains and index of green grains were evaluated. From the other line of the useful area the length of dry pods, number of grains per dry pod, weight of 100 dry grains, dry grain productivity and dry grain index were evaluated. The rhizobium strains promoted an increase in the nodulation of the cowpea cultivars. The BRS Tumucumaque cultivar presented greater productive potential of green and dry grains. The inoculation of cowpea-bean seeds with BR 3262 and BR 3267 of *Bradyrhizobium* spp. was able to provide a yield of green grains similar to that obtained with mineral fertilization application of N.

Keywords: *Vigna unguiculata* L. (Walp). Biological nitrogen fixation. Inoculant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caracterização climática da área experimental em ambas as safras agrícolas. Mossoró-RN, 2019	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos químicos do solo da área experimental em ambas as safras agrícolas. Mossoró-RN. 2019.	23
Tabela 2: Resumo da análise de variância conjunta para número de nódulos (NN), matéria seca dos nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA) e eficiência relativa (ER) de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	26
Tabela 3: Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), produtividade de grãos verdes (PGV), peso de 100 grãos verdes (P100GV) e índice de grãos verdes (IGV) de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.....	27
Tabela 4: Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagens secas (CVS), número de grãos por vagem seca (NGVS), produtividade de grãos secos (PGS), peso de 100 grãos secos (P100GS) e índice de grãos secos (IGS) de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	27
Tabela 5: Valores médios de número de nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculados com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	28
Tabela 6: Número de nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	29
Tabela 7: Número de nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	30
Tabela 8: Matéria seca dos nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.....	31
Tabela 9: Matéria seca da parte aérea de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.....	32
Tabela 10: Matéria seca da parte aérea e eficiência relativa de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	33
Tabela 11: Eficiência relativa de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	33
Tabela 12: Comprimento de vagens verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	34
Tabela 13: Número de grãos por vagens verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	35

Tabela 14: Peso de 100 grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	35
Tabela 15: Peso de 100 grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	36
Tabela 16: Produtividade de grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	37
Tabela 17: Produtividade de grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	38
Tabela 18: Índice de grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	38
Tabela 19: Comprimento de vagens secas de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	39
Tabela 20: Número de grãos por vagem seca de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	39
Tabela 21: Peso de 100 grãos secos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	40
Tabela 22: Produtividade de grãos secos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	41
Tabela 23: Índice de grãos secos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI.....	15
2.1.1 Importância socioeconômica.....	15
2.1.2 Cultivares.....	16
2.1.2.1 BRS Imponente	17
2.1.2.2 BRS Itaim	17
2.1.2.3 BRS Novaera	17
2.1.2.4 BRS Tumucumaque.....	18
2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	18
2.2.1 Fixação Biológica de Nitrogênio na cultura do feijão-caupi	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) possui grande importância na região Nordeste do Brasil devido à sua rusticidade, na medida em que se adapta às diferentes condições de cultivo e tem boa tolerância ao déficit hídrico quando comparada a outras culturas. Além disso, produz grãos com elevada qualidade nutricional, sendo a principal fonte de proteína de origem vegetal para as populações de baixa renda dessa região, além de gerar emprego e renda e contribuir para fixação do homem ao campo (FREIRE FILHO et al., 2005; SILVA et al., 2016).

No entanto, apesar de ser a maior produtora e consumidora de feijão-caupi do país, a região nordeste apresenta rendimento médio abaixo de 400 kg ha⁻¹, índice aquém das regiões Norte e Centro-Oeste, demais produtoras da cultura no país (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2019). Tal cenário é atribuído ao sistema de produção, onde a cultura é produzida principalmente no âmbito da agricultura de subsistência, utilizando-se cultivares tradicionais com baixo potencial produtivo, associado ao baixo nível tecnológico empregado e a pouca disponibilidade de nutrientes nos solos da região, especialmente em relação ao nitrogênio (CAVALCANTE et al., 2017).

Desse modo, a escolha de cultivares mais produtivas, com características desejáveis, de acordo as exigências de mercado, é um fator determinante para o sucesso da cultura (COSTA et al., 2014). Como o comportamento dos materiais varia em função das condições do ambiente, é necessário avaliar diferentes cultivares, em cada região de cultivo, para que se possa escolher aquela mais promissora para as respectivas condições edafoclimáticas.

Além da escolha de cultivares, algumas técnicas podem ser utilizadas para aumentar a produtividade. Dentre elas, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) destaca-se como uma tecnologia promissora, pois a inoculação com rizóbio nas leguminosas promove grandes benefícios econômicos e ambientais, uma vez que promove incrementos na produtividade (GUALTER et al., 2011), além de aumentar o teor de matéria orgânica no solo (HUNGRIA et al., 2007).

Atualmente existem quatro estirpes do gênero *Bradyrhizobium* autorizadas para uso em inoculantes na cultura do feijão-caupi: UFLA 3-84 (SEMIA 6461); BR 3267 (SEMIA 6462); INPA 03-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464), as quais fazem parte da composição de inoculantes que normalmente são comercializados em veículo turfoso ou líquido (BRASIL, 2011; SILVA JÚNIOR et al., 2014).

Segundo Brito et al. (2011), a FBN possui capacidade de substituir totalmente a adubação nitrogenada na cultura do feijão-caupi. No entanto, a interação da cultura com rizóbios é de baixa especificidade, existindo grande quantidade de bactérias nativas capazes de nodular a cultura (SILVA et al., 2012). Os rizóbios nativos, além de apresentarem eficiência variável quanto a FBN (FIGUEIREDO et al., 2002), competem com as estirpes selecionadas durante a nodulação (COSTA et al., 2014), gerando dados inconsistentes sobre a eficiência da inoculação com rizóbio na cultura.

A combinação eficiente entre cultivares e estirpes de rizóbio é importante para aumentar a produtividade do feijão-caupi (VIEIRA et al., 2010), contudo estirpes selecionadas não foram testadas com a maioria das cultivares sob as condições edafoclimáticas da região semiárida do Nordeste do Brasil.

Neste sentido, torna-se imprescindível avaliar a eficiência agrônômica das estirpes recomendadas para o feijão-caupi em diferentes cultivares e regiões de plantio. Portanto, esse estudo tem como objetivo avaliar a eficiência agrônômica de quatro cultivares de feijão-caupi inoculadas com estirpes de rizóbio recomendadas para a cultura em ambiente semiárido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

2.1.1 Importância socioeconômica

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial de feijão-caupi em 2018 foi de 7.233.408 toneladas, com produtividade de 578 kg ha⁻¹. O continente africano respondeu por 96,4% do total produzido no mundo, sendo os cinco maiores produtores mundiais pertencentes a esse continente: Nigéria (2.606.912 t), Níger (2.376.727 t), Burkina Faso (630.965 t), Gana (215.350 t) e Tanzânia (202.865 t) (FAO, 2019).

No entanto, os dados levantados pela FAO podem estar subestimados, uma vez que países com produção expressiva desta cultura, tais como Brasil e Índia, não realizam estatísticas separadas para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. (Walp.)), não sendo, portanto, contabilizados nesse levantamento (SILVA et al., 2016).

Todavia, a Embrapa Arroz e Feijão realiza estimativas e publica dados não oficiais da produção de feijão-caupi no Brasil. De acordo com essas estimativas, no ano de 2018 o país produziu 738.048 t em uma área de 1.486.023 ha, resultando numa produtividade de 497 Kg ha⁻¹, o que colocaria o Brasil em destaque como terceiro maior produtor de feijão-caupi no mundo (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2019).

O caupi se constitui como a cultura grânifera de maior importância no semiárido brasileiro, especialmente para pequenos agricultores que possuem limitações financeiras (NASCIMENTO et al., 2010), pois devido à sua rusticidade é uma das culturas mais adaptadas ao sistema de cultivo de sequeiro da região.

Além disso, o caupi possui elevada qualidade nutricional, sendo importante fonte de proteína, contendo inclusive todos os aminoácidos essenciais, minerais e fibras. É cultivado principalmente para produção de grãos verdes e secos visando ao consumo humano *in natura* e se caracteriza como componente alimentar básico para as populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2005; SILVA et al., 2016).

A região Nordeste destaca-se como principal produtora e consumidora de feijão-caupi no Brasil. A produção dessa cultura na região se dá principalmente por empresários e agricultores familiares que adotam técnicas tradicionais de cultivo, entretanto, devido à pouca tecnologia empregada na produção, às irregularidades pluviométricas e à baixa disponibilidade de nutrientes no solo da região, sobretudo nitrogênio, são alcançados baixos

rendimentos (SILVA et al., 2010; FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA et al., 2016; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2019).

Apesar da maior parte da produção nacional de feijão-caupi ser destinada ao mercado interno, especialmente para a região Nordeste, nos últimos anos têm sido registradas exportações crescentes dos grãos produzidos no país (SILVA et al., 2016).

Devido à presença de mercado internacional para a cultura, nos últimos anos o cultivo de feijão-caupi se estendeu também para a região do Cerrado, onde passou a ser cultivado na forma de safrinha após as culturas da soja, milho e algodão e também como cultura principal. Naquela região, o cultivo é realizado por médios e grandes empresários que utilizam elevadas tecnologias de produção e, como consequência, a região Centro-Oeste se destaca com a maior produtividade nacional, que em 2018 foi de 1.098 Kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA et al., 2016; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2019).

Com a crescente importância econômica da cultura no cerrado, principalmente no âmbito do agronegócio, novas tecnologias de produção foram desenvolvidas para o feijão-caupi, com destaque para a seleção de estirpes de rizóbio mais eficientes na fixação biológica de nitrogênio, bem como a seleção de cultivares mais produtivas e com arquitetura de plantas mais ereta, permitindo a mecanização de todas as etapas de cultivo.

Assim, espera-se que os avanços obtidos na região do Cerrado sejam recorrentes em todas as regiões produtoras, de modo a reduzir os custos de produção e elevar a produtividade nacional (FREIRE FILHO et al. 2011), tornando-se essencial, para isso, testar a viabilidade agroeconômica dessas tecnologias nas diferentes regiões produtoras.

2.1.2 Cultivares

Nos últimos anos, o cenário do cultivo do feijão-caupi vem sofrendo mudanças, principalmente após sua expansão para a região do Cerrado (FREIRE FILHO et al., 2011). Como consequência, Sousa (2017) destaca a demanda por parte dos produtores por cultivares com arquitetura de plantas moderna (ramos laterais curtos, porte ereto, inserção das vagens acima do nível da folhagem), ciclo precoce e uniformidade na maturação das vagens, permitindo a mecanização da cultura, bem como seu cultivo em safrinha.

Oliveira et al. (2014) destacam, dentre outros fatores, a pouca utilização de cultivares melhoradas em comparação às cultivares tradicionais como fator responsável pela baixa produtividade da cultura no Brasil.

Neste sentido, os esforços para identificar e selecionar genótipos com características agronômicas superiores caracterizam os principais objetivos dos programas de melhoramento

do feijão-caupi (OLIVEIRA et al., 2014). Dessa forma, cultivares melhoradas de feijão-caupi foram lançadas pela Embrapa, tais como BRS Imponente, BRS Itaim, BRS Novaera e BRS Tumucumaque.

2.1.2.1 BRS Imponente

Cultivar lançada em 2016 pela Embrapa Meio Norte, de porte semiereto, ciclo de maturação precoce e inserção das vagens acima do nível das folhas, a BRS Imponente possui grãos brancos, com tegumento levemente rugoso. Além disso, destaca-se como a primeira cultivar lançada no mercado nacional cujos grãos são extragrandes, de grande apelo pelo mercado consumidor. Os grãos são ricos em ferro e zinco, e de cozimento rápido. Essa cultivar é adaptada aos biomas Amazônia e Cerrado, sendo recomendada para as regiões Norte e Centro-Oeste, em Mato Grosso (EMBRAPA, 2016).

2.1.2.2 BRS Itaim

Lançada em 2009 pela Embrapa Meio Norte, a cultivar BRS Itaim tem hábito de crescimento determinado e porte ereto, sendo bastante resistente ao acamamento. Seus grãos são do tipo fradinho, caracterizados pela coloração branca e um halo preto bem delineado ao redor do hilo, formato reniforme e com tegumento levemente rugoso, características desejáveis por vários importadores, como os Estados Unidos e União Europeia. Tem teores médios de proteína, ferro e zinco e cozimento rápido. É recomendada para diversos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (VILARINHO et al., 2010).

2.1.2.3 BRS Novaera

A BRS Novaera é uma cultivar lançada em 2007 pela Embrapa Amazônia Oriental. Possui porte semiereto, alta resistência ao acamamento, boa desfolha natural e inserção das vagens acima do nível da folhagem, o que lhe confere boas características para colheita mecânica direta, além de facilitar a colheita manual. As vagens são amarelo claras, podendo apresentar pigmentação roxa na lateral. Os grãos são de coloração branca, grandes, formato reniforme, com tegumento levemente enrugado e anel do hilo marrom. Seu cultivo é recomendado em diversos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país (GONÇALVES, 2012).

2.1.2.4 BRS Tumucumaque

Cultivar lançada em 2009 pela Embrapa Meio Norte, de hábito de crescimento indeterminado, no entanto possui porte semiereto, o que facilita a colheita tanto manual quanto mecanizada. Suas vagens são de coloração roxa e os grãos são brancos, com formato levemente reniforme. Tais características dos grãos lhes conferem grande aceitação comercial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, além de se enquadrar no padrão exigido para exportação. Os grãos possuem bom teor de proteína, são ricos em ferro e zinco, têm tempo de cozimento rápido e excelente aspecto visual após o cozimento. Devido às suas características, essa cultivar é indicada para cultivo tanto na agricultura familiar quanto empresarial, em regime de sequeiro ou irrigado, e por se adaptar muito bem a diferentes condições de cultivo, é recomendada para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (OLIVEIRA et al., 2014).

2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

O Nitrogênio (N) é o quarto elemento mais abundante na matéria viva. Nas plantas, este é o elemento mineral requerido em maiores quantidades, uma vez que faz parte da composição de diversos componentes celulares, tais como ácidos nucleicos, aminoácidos e a molécula de clorofila (TAIZ et al., 2017).

Em solos tropicais, o N é um dos fatores limitantes à produção agrícola, uma vez que as condições de temperatura e umidade desses solos aceleram a decomposição da matéria orgânica e de perdas de N, resultando em solos pobres desse nutriente (HUNGRIA et al., 2007). Além disso, o N é um dos elementos cuja mineralização é mais lenta, sendo mineralizados anualmente apenas 2% a 3% do N total de cada solo (REIS et al., 2006).

Apesar de ser limitante à produção agrícola, o N é o elemento mais abundante na atmosfera terrestre, respondendo por cerca de 78% de sua composição. No entanto, o N atmosférico encontra-se em sua forma molecular (N_2) fortemente ligado entre si por meio de uma tripla ligação covalente e não se encontra na forma assimilável pelas plantas (TAIZ et al., 2017).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o processo no qual microrganismos pertencentes ao grupo denominado rizóbio, caracterizados pela presença da enzima nitrogenase, captam o nitrogênio atmosférico e o convertem em amônia, forma disponível para as plantas. Esse processo é a principal forma natural de incorporação do nitrogênio atmosférico ao solo, respondendo por 90% de todo o nitrogênio fixado naturalmente na Terra anualmente (TAIZ et al., 2017).

O uso da FBN na agricultura possui diversas vantagens comparada ao uso de fertilizantes minerais nitrogenados. Além de promover incrementos na produtividade, a FBN promove a redução no custo de produção e promove benefícios ambientais devido a diminuição do uso de fertilizantes nitrogenados, aumento da fertilidade natural e da matéria orgânica do solo (GUALTER et al., 2011).

A reposição do N no solo por meio de fertilizantes nitrogenados (fixação industrial) promove bons resultados em produtividade, entretanto essa tecnologia, além de ter custos elevados, não é acessível a grande parte dos produtores menos tecnificados. Arelados ao uso de fertilizantes nitrogenados há também alguns problemas ambientais referentes à emissão de gases promotores do efeito estufa, devido à utilização de combustíveis fósseis para sua produção, bem como a contaminação dos corpos hídricos subterrâneos em virtude da lixiviação deste nutriente.

Além disso, o incremento de N, por meio da aplicação de fertilizantes minerais nitrogenados, desfavorece a relação simbiótica entre a planta e o rizóbio, resultando em menor eficiência da fixação biológica de nitrogênio (BRITO et al., 2011).

2.2.1 Fixação Biológica de Nitrogênio na cultura do feijão-caupi

A interação do feijão-caupi com bactérias fixadoras de nitrogênio é de baixa especificidade, sendo a cultura capaz de estabelecer interação simbiótica com diversas bactérias do grupo rizóbio, incluindo os gêneros *Azorhizobium*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, dentre outros (MOREIRA, 2008).

A especificidade simbiótica de uma estirpe de rizóbio refere-se à sua capacidade em induzir a formação de nódulos e fixar N₂, quando associada a cultivares ou espécies do hospedeiro específico (COSTA et al., 2011).

Mesmo sendo uma vantagem ecológica da cultura para adaptação a diferentes ambientes, a baixa especificidade da relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio é um fator limitante ao uso da FBN na cultura do feijão-caupi (XAVIER et al., 2006), devido à comunidade de rizóbios nativos apresentar eficiência variável quanto a FBN (FIGUEIREDO et al., 2002).

No entanto, dentre as tecnologias de baixo custo usadas para promover ganhos em produtividade da cultura, a seleção e avaliação de estirpes de rizóbio eficientes quanto a FBN merece destaque (FERREIRA et al., 2011).

Existem na literatura diversos estudos que foram realizados visando a avaliar a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio com objetivo de encontrar as mais eficientes na fixação biológica de nitrogênio e aumentar a produtividade do feijão-caupi (NASCIMENTO et al., 2010; VIEIRA et al., 2010; COSTA et al., 2011; FERREIRA et al., 2011; GUALTER et al., 2011; SILVA et al., 2011; BORGES et al., 2012). No entanto, não há resultados conclusivos em todas as regiões de cultivo, uma vez que a eficiência de uma estirpe na fixação biológica de nitrogênio depende tanto das cultivares testadas, bem como da região de cultivo (BORGES et al., 2012).

Os resultados encontrados na literatura evidenciam a complexidade da relação entre as estirpes de rizóbio e as cultivares de feijão-caupi. Para Brito et al. (2011), estudando a cultivar CNC x 284-4E inoculada com a estirpe de *Bradyrhizobium* spp. BR 2001 em Piracicaba-SP, a inoculação foi capaz de substituir totalmente a adubação nitrogenada. Além disso, os autores observaram que a aplicação de fertilizantes nitrogenados desfavorece a relação simbiótica entre a planta e o rizóbio, resultando em menor eficiência da FBN. Por outro lado, Borges et al. (2012), estudando a cv. Vinagre em Gurupi-TO, observaram que a inoculação com estirpes de rizóbio não promoveu incrementos de rendimento em relação à testemunha.

A competição das estirpes selecionadas com as nativas pelos sítios de infecção na raiz pode gerar redução na eficiência da FBN para a planta, uma vez que os nódulos formados serão constituídos de estirpes com eficiência variável (COSTA et al., 2011), devendo as estirpes de rizóbio selecionadas ter a capacidade de sobreviver e competir pelos sítios de infecção nas leguminosas-alvo (FIGUEIREDO et al., 2002).

Além disso, o feijão-caupi possui grande variabilidade genética entre as cultivares, de tal modo que a eficiência de estirpes de rizóbio na fixação biológica de nitrogênio varia de acordo com a cultivar estudada, sendo necessário levar em consideração a interação rizóbio-leguminosa em programas visando à otimização da FBN (VIEIRA et al., 2010). Somado a esses fatores, é necessário também considerar a influência do ambiente na eficiência da relação simbiótica entre as bactérias fixadoras de nitrogênio e as cultivares.

Mesmo com a grande capacidade do feijão-caupi em obter nitrogênio por meio da interação simbiótica com as estirpes de rizóbio por meio da FBN (BRITO et al., 2011), a inoculação não resulta necessariamente em incrementos na produtividade de grãos. Isto ocorre porque a eficiência da FBN é dependente de fatores genéticos inerentes tanto ao macrossimbionte (cultivar) quanto ao microssimbionte (estirpe) (BORGES et al., 2012).

Assim, a seleção de melhores combinações entre variedade de caupi e estirpe de rizóbio é de grande valia para tentar aumentar a produtividade da cultura no semiárido, haja

vista que a disponibilidade de N nos solos da região é baixa e normalmente não se faz adubação nitrogenada na cultura. Dessa forma, o maior aporte de N da cultura é proveniente da FBN (VIEIRA et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em campo, em duas safras agrícolas, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Alagoinha, zona rural de Mossoró-RN. A primeira safra foi conduzida de janeiro a abril de 2019, e a segunda, de junho a agosto do mesmo ano. A área experimental está situada a 5°03'37" S; 37°23'50" O, com altitude de aproximadamente 72m.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSh, isto é, quente e muito seco, com duas estações climáticas: uma chuvosa que geralmente vai de fevereiro a maio, e uma seca, de junho a janeiro (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos da área experimental são mostrados na figura 1.

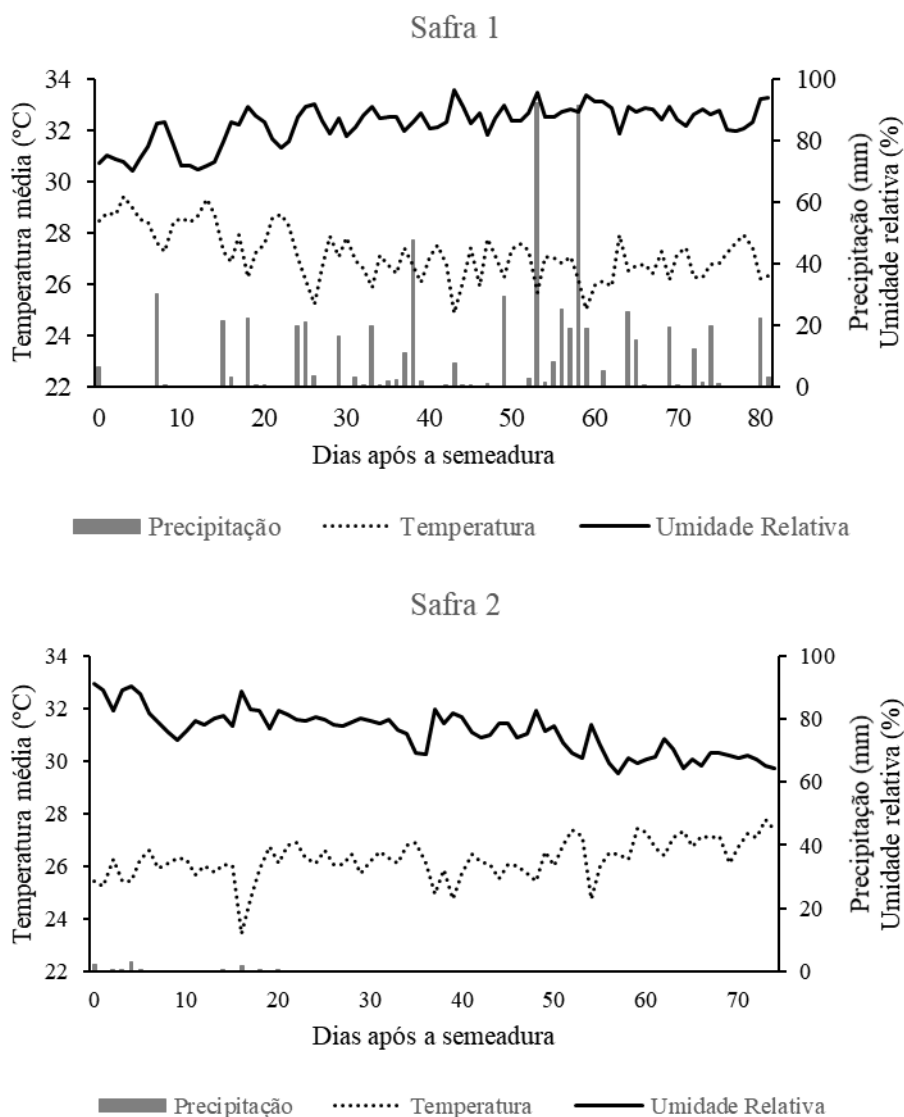


Figura 1: Caracterização climática da área experimental em ambas as safras agrícolas. Mossoró-RN. 2019

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), dispostos em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro cultivares de feijão-caupi (BRS Imponente, BRS Itaim, BRS Novaera e BRS Tumucumaque) e quatro fontes de N, sendo duas estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*: BR 3267 (SEMIA 6462) e BR 3262 (SEMIA 6464), ambas autorizadas para uso em inoculantes na cultura do feijão-caupi (BRASIL, 2011), além de duas testemunhas, uma com fornecimento de N mineral na dose de 50 Kg de N ha⁻¹, referente à dose recomendada para a cultura (CAVALCANTI et al., 2008), e outra sem aplicação de N.

As parcelas foram constituídas por quatro linhas de plantio com 4 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m entre si. O espaçamento adotado entre covas foi de 0,20 m, com duas plantas por cova, resultando numa densidade populacional de 200.000 plantas ha⁻¹. A área útil considerada de cada parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, descartando-se duas plantas de cada extremidade, correspondendo a 72 plantas em uma área de 3,6 m².

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Argissólico franco-arenoso (SANTOS et al., 2013), cujos atributos químicos da camada de 0-0,20 m se encontram na tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos do solo da área experimental em ambas as safras agrícolas. Mossoró-RN. 2019.

Safra	pH (H ₂ O)	P ¹ -----mg/dm ³ -----	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ -----cmol _c /dm ³ -----	Mg ²⁺	Al ³⁺
1 ^a	6,4	7,5	36,9	17	0,8	0,3	0,0
2 ^a	6,9	14,1	39,1	7,3	1,1	0,4	0,0

¹ Extrator Melich 1

O preparo de solo consistiu de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira realizada logo após a aração e a segunda um dia antes da semeadura. O manejo da adubação foi realizado com base nos resultados de análises de amostras de solo coletadas da área experimental previamente à instalação de cada experimento e atendendo a recomendação de Cavalcanti et al. (2008) para a cultura do feijão-caupi irrigado, de modo que todas as parcelas receberam adubação fosfatada (40 kg ha⁻¹ e 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na primeira e na segunda safra, respectivamente) e potássica (40 kg ha⁻¹ de K₂O em ambas as safras), cujas fontes foram superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A aplicação de N nas parcelas foi feita de acordo com os respectivos tratamentos, sendo a ureia usada como fonte de N mineral.

Os inoculantes contendo as estirpes de rizóbio foram obtidos junto à Embrapa Agrobiologia em veículo turfoso com concentração mínima de 10⁹ células bacterianas g⁻¹ de

inoculante. O processo de inoculação foi realizada utilizando uma proporção de 50 g de inoculante para 10 kg de sementes umedecidas com solução de açúcar a 10% (5 mL kg⁻¹ de semente), seguindo a recomendação de Auras et al. (2018) para inoculação da cultura do feijão-caupi com rizóbio em veículo sólido turfoso.

O plantio ocorreu por meio de semeadura manual, a uma profundidade de aproximadamente 0,05 m, colocando-se quatro sementes por cova. Aos dez dias após a emergência (DAE), realizou-se o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por cova.

O sistema de irrigação empregado foi o de gotejamento, com emissores de vazão de 2 L h⁻¹ espaçados em 0,20 m. As irrigações ocorreram diariamente, de acordo com a evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2016).

O manejo de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais, de modo que as plantas foram mantidas no limpo durante a maior quantidade de tempo possível, visando a minimizar a interferência da comunidade infestante sobre a cultura.

Aos 40 dias após a semeadura (DAS), foram coletadas oito plantas aleatórias da área útil de cada parcela, mantendo-se a integridade das raízes, e levadas para laboratório para avaliação das características referentes à nodulação: número de nódulos (NN); matéria seca dos nódulos (MSN); matéria seca da parte aérea (MSPA) e eficiência relativa (ER).

Para avaliação do NN, os nódulos das plantas foram destacados das raízes e posteriormente contados. Em seguida, os nódulos foram lavados e postos para secar em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65° C, até obtenção de massa constante, e pesados em balança analítica de precisão, para determinação da MSN.

Para as avaliações da parte aérea, as plantas coletadas foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65° C até obtenção de massa constante, para determinação MSPA. A ER foi determinada por meio da fórmula proposta por Bergensen et al. (1971):

$$ER = \frac{\text{MSPA inoculado}}{\text{MSPA N mineral}} \times 100$$

Onde: ER: Eficiência relativa (%); MSPA inoculado: Matéria seca da parte aérea do material inoculado (g); MSPA N mineral: Matéria seca da parte aérea do material com aplicação de N mineral (g).

Uma das linhas de plantio da área útil foi utilizada para avaliação de características referentes à produção de feijão verde. A colheita das vagens verdes aconteceu a partir dos 55 DAS em ambas as safras, quando os grãos se encontravam com umidade de 60-70%, das

quais foram avaliados: comprimento das vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), produtividade de grãos verdes (PGV), peso de 100 grãos verdes (P100GV) e índice de grãos verdes (IGV).

O CVV foi determinado por meio da medição de dez vagens aleatória, com auxílio de régua graduada. Após a medição, as vagens foram debulhadas e os grãos foram contados para quantificação do NGVV.

Para determinação da PGV, as vagens foram debulhadas e todos os grãos pesados e os resultados foram expressos em kg ha^{-1} . O P100GV foi determinado pela pesagem de uma amostra aleatória de 100 grãos por parcela. O IGV foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos e peso das vagens e os valores expressos em percentagem.

Da outra linha da área útil, foram colhidas as vagens secas e avaliados: comprimento das vagens secas (CVS), número de grãos por vagem seca (NGVS), peso de 100 grãos secos (P100GS), produtividade de grãos secos (PGS) e índice de grãos secos (IGS).

O CVS e o NGVS foram mensurados por meio da coleta aleatória de dez vagens, as quais foram medidas, com auxílio de régua graduada, e em seguida foram debulhadas para realização da contagem dos grãos.

A PGS foi determinada após a debulha das vagens secas, seguida da pesagem de todos os grãos. Visando padronizar a umidade dos grãos colhidos, realizou-se correção da umidade para 13%. O P100GS foi obtido por meio da pesagem de uma amostra de 100 grãos aleatórios de cada parcela. O IGS foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos e peso das vagens e os valores foram expressos em percentagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do *software* estatístico Sisvar® v. 5.3 (FERREIRA, 2008) para cada experimento isoladamente. Observados os pressupostos para homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros entre os experimentos, submeteu-se à análise de variância conjunta, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito da interação Safra x Cultivar x Fonte de N para as características matéria seca dos nódulos, comprimento de vagens verdes, número de grãos por vagem verde, índice de grãos verdes e produtividade de grãos secos. Houve efeito da interação Cultivar x Fonte de N para as características número de nódulos, produtividade de grãos verdes e peso de 100 grãos verdes. A interação Fonte de N x Safra foi significativa para número de nódulos, produtividade de grãos verdes e índice de grãos secos. Quanto à interação Cultivar x Safra, houve efeito sobre número de nódulos, matéria seca da parte aérea, eficiência relativa, peso de 100 grãos, número de grãos por vagem seca e índice de grãos secos. Além disso, ocorreu efeito isolado das fontes de N para matéria seca da parte aérea e eficiência relativa; das cultivares para comprimento das vagens secas e peso de 100 grãos secos e das safras para peso de 100 grãos secos (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2: Resumo da análise de variância conjunta para número de nódulos (NN), matéria seca dos nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA) e eficiência relativa (ER) de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

FV	GL	Quadrado médio			
		NN	MSN	MSPA	ER
Bloco (Safra)	6	161,24	8335,69	4,25	1660,34
Safra (S)	1	439,45**	314546,04**	545,37**	1540,37 ^{ns}
Cultivar (C)	3	376,66**	32146,20**	25,80**	1155,36 ^{ns}
Fonte de N (N)	3	861,66**	39089,04**	14,58**	2628,63**
C x S	3	93,43**	6796,98*	30,64**	3546,65**
N x S	3	112,27*	11505,81**	1,90 ^{ns}	500,95 ^{ns}
C x N	9	43,64*	4835,23*	2,42 ^{ns}	268,95 ^{ns}
S x C x N	9	61,04 ^{ns}	6457**	2,57 ^{ns}	466,87 ^{ns}
erro	90	33,38	1919,30	1,63	448,10
CV (%)		22,48	23,38	17,06	22,15

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Tabela 3: Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), produtividade de grãos verdes (PGV), peso de 100 grãos verdes (P100GV) e índice de grãos verdes (IGV) de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

FV	GL	Quadrado médio				
		CVV	NGVV	PGV	P100GV	IGV
Bloco (Safrá)	6	2,02	3,23	3500209	19,18	45,13
Safrá (S)	1	2021,75**	13,16**	60579613**	326,73**	857,34**
Cultivar (C)	3	119,27**	53,62**	5884563**	274,64**	906,03**
Fonte de N (N)	3	4,49**	5,87**	432323 ^{ns}	53,41*	45,23 ^{ns}
C x S	3	18,08**	3,27**	1545754 ^{ns}	72,55**	77,13*
N x S	3	0,24 ^{ns}	0,24 ^{ns}	2970138*	18,92 ^{ns}	13,29 ^{ns}
C x N	9	4,07**	4,70**	3028417**	103,47**	58,99**
S x C x N	9	2,84**	3,34**	1256459 ^{ns}	30,53 ^{ns}	55,65**
erro	90	0,52	0,49	760939	16,89	20,68
CV (%)		5,41	7,65	31,53	10,00	9,65

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Tabela 4: Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagens secas (CVS), número de grãos por vagem seca (NGVS), produtividade de grãos secos (PGS), peso de 100 grãos secos (P100GS) e índice de grãos secos (IGS) de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

FV	GL	Quadrado médio				
		CVS	NGVS	PGS	P100GS	IGS
Bloco (Safrá)	6	2,22	2,36	766600	7,61	2,62
Safrá (S)	1	3,09 ^{ns}	69,60**	18133016**	449,06**	134,46**
Cultivar (C)	3	128,51**	21,35**	1310583**	357,43**	96,90**
Fonte de N (N)	3	1,74 ^{ns}	2,59 ^{ns}	496004**	10,16 ^{ns}	3,70 ^{ns}
C x S	3	2,95 ^{ns}	4,12**	601453**	18,94 ^{ns}	23,70**
N x S	3	2,14 ^{ns}	1,42 ^{ns}	719217**	30,08 ^{ns}	14,16**
C x N	9	1,50 ^{ns}	0,98 ^{ns}	178025 ^{ns}	13,31 ^{ns}	4,09 ^{ns}
S x C x N	9	1,06 ^{ns}	1,40 ^{ns}	347435**	21,27 ^{ns}	5,21 ^{ns}
Erro	90	1,12	1,01	100585	23,00	2,64
CV (%)		5,93	10,93	23,04	20,57	2,10

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo

Não houve diferença para número de nódulos entre as cultivares, em ambas as safras, com exceção da cultivar BRS Novaera, que obteve nodulação estatisticamente inferior às demais cultivares na segunda safra. As safras agrícolas também promoveram efeito sobre a nodulação das cultivares, de modo que na segunda safra BRS Imponente e BRS Novaera apresentaram menor nodulação, ao passo que BRS Itaim e BRS Tumucumaque não sofreram influência deste fator (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2014) avaliando a eficiência agrônômica de diferentes estirpes de rizóbio em cultivares de feijão-caupi em Bom Jesus-PI. Neste estudo, os autores também observaram nodulação diferente entre as cultivares estudadas. Segundo Vieira et al. (2010), a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) varia de acordo com a cultivar estudada devido à grande variabilidade genética entre as cultivares de feijão-caupi.

Segundo Silva et al. (2010), a FBN é um processo que sofre influência de fatores edafoclimáticos, os quais podem trazer benefício ou prejuízos ao processo, tais como os observados por Zilli et al. (2013), onde os autores observaram redução na densidade de rizóbio no solo durante o período de estiagem no Cerrado de Roraima. Assim, possivelmente as condições ambientais, sobretudo a menor precipitação pluviométrica encontrada na segunda safra limitou a nodulação das cultivares BRS Imponente e BRS Novaera, justificando os menores valores obtidos por estas cultivares.

Tabela 5: Valores médios de número de nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculados com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Número de Nódulos (nódulos planta ⁻¹)	
	Safra 1	Safra 2
BRS Imponente	29,44 Aa	24,21 Ab
BRS Itaim	25,52 Aa	25,00 Aa
BRS Novaera	25,15 Aa	17,36 Bb
BRS Tumucumaque	30,09 Aa	28,82 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas, nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em ambas as safras, o maior número de nódulos foi promovido pelas estirpes de rizóbio, ao passo que a menor nodulação foi promovida pela aplicação de N mineral. A testemunha, por sua vez, proporcionou nodulação intermediária em relação às demais fontes de N (Tabela 6).

A nodulação promovida pela testemunha sem aplicação de N e com aplicação de N mineral refletem a presença e a capacidade de nodulação da comunidade nativa de rizóbio,

variando de 18,59 nódulos planta⁻¹, nos tratamentos com aplicação de N mineral, a 26,03 nódulos planta⁻¹, com a testemunha sem inoculação (Tabela 6). A maior nodulação promovida pela testemunha sugere que a aplicação de N mineral restringe a nodulação promovida pela comunidade nativa de rizóbio. Resultados semelhantes foram encontrados também em outros trabalhos (MELO; ZILLI, 2009; COSTA et al., 2011).

Segundo Brito et al. (2011), sob condição de alta disponibilidade de N mineral, há uma redução da FBN. Tal fato ocorre porque a FBN é um processo que depende da atividade da enzima nitrogenase, que, por sua vez, demanda grandes quantidades de adenosina trifosfato (ATP) como fonte de energia, tornando-se um processo metabolicamente oneroso às plantas. Assim, há uma preferência das plantas por vias metabólicas de menor custo energético (RAVEN et al., 2014).

Com relação às estirpes de rizóbio, os resultados mostraram ampla capacidade de promover nodulação nas cultivares de feijão-caupi, onde o número de nódulos variou de 26,14 a 34,91 nódulos planta⁻¹, valores obtidos com a estirpe BR 3267 na segunda e na primeira safra, respectivamente. A estirpe BR 3262 teve menor variação em relação às safras (29,44 e 28,90 nódulos planta⁻¹ para a primeira e segunda safra, respectivamente), mostrando maior adaptabilidade às distintas condições edafoclimáticas de cada cultivo (Tabela 6).

Tabela 6: Número de nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Fonte de N	Número de Nódulos (nódulos planta ⁻¹)	
	Safra 1	Safra 2
Ausência de N	26,03 Ba	21,75 BCb
BR 3267	34,91 Aa	26,14 ABb
BR 3262	29,44 Ba	28,90 Aa
N mineral	19,82 Ca	18,59 Ca

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença entre as cultivares nos tratamentos sem inoculação (Tabela 7). No entanto, observou-se efeito da interação entre as cultivares e as fontes de N, o que sugere que o padrão de resposta das cultivares quanto à nodulação diferiu em função das estirpes de rizóbio.

De maneira geral, BRS Imponente e BRS Tumucumaque destacaram-se com maior número de nódulos em ambas as estirpes, ao passo que BRS Itaim e BRS Novaera alcançaram menores valores para esta característica. Nos tratamentos sem inoculação, não foram

observadas diferenças estatísticas entre as cultivares (Tabela 7). Tal fato sugere igual capacidade das cultivares em nodular com a comunidade de rizóbios nativos.

Possivelmente, a maior nodulação alcançada por BRS Tumucumaque e BRS Imponente com as estirpes de rizóbio esteja associada à especificidade das estirpes na FBN. Segundo Costa et al. (2011), a especificidade simbiótica de uma estirpe de rizóbio refere-se à capacidade de esta induzir à formação de nódulos e fixar N₂ quando associado a cultivares ou espécies de hospedeiros específicos.

Tabela 7: Número de nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Fonte de N	Número de Nódulos (nódulos planta ⁻¹)			
	Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
BRS Imponente	25,00 Abc	32,97 ABa	28,92 ABab	20,40 Ac
BRS Itaim	24,73 Aab	28,46 BCa	26,95 Bab	20,90 Ab
BRS Novaera	19,95 Aab	24,06 Ca	25,09 Ba	15,92 Ab
BRS Tumucumaque	25,86 Ab	36,61 Aa	35,73 Aa	19,62 Ab

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira geral, a matéria seca dos nódulos obtidos na primeira safra foi superior à segunda (Tabela 8). A maior matéria seca dos nódulos, sobretudo nos tratamentos sem inoculação, sugere maior contribuição da comunidade de rizóbios nativos na formação dos nódulos durante a primeira safra.

Na primeira safra, a cultivar BRS Tumucumaque destacou-se com maior matéria seca dos nódulos em todas as fontes de N, evidenciando a grande capacidade que esta cultivar tem em estabelecer relação simbiótica na FBN. Na segunda safra, por sua vez, as cultivares não diferiram quanto à nodulação em função das fontes de N, exceto para a cultivar BRS Novaera, que obteve menor matéria seca dos nódulos quando inoculada com a estirpe BR 3262 (Tabela 8).

Quanto às fontes de N, observou-se que na primeira safra, a menor matéria seca dos nódulos foi promovida pela aplicação de N mineral, em todas as cultivares estudadas (Tabela 8). Esse comportamento se deve ao efeito inibidor da nodulação promovido pela aplicação de N mineral (RAVEN et al., 2014) sobre a comunidade de rizóbio nativa, que resultou em menor nodulação e, conseqüentemente, menor matéria seca dos nódulos. Na segunda safra, houve efeito das fontes de N apenas na cultivar BRS Itaim, onde a aplicação de N mineral promoveu o menor valor para esta característica (Tabela 8).

Os resultados encontrados se assemelham aos obtidos por Melo; Zilli (2009) em Boa Vista-RR, avaliando a FBN em cinco cultivares melhoradas de feijão-caupi. Nesse estudo, os autores observaram a matéria seca dos nódulos variando de 90,4 a 216,1 mg planta⁻¹, com a aplicação de N mineral e a inoculação com a estirpe BR 3262, respectivamente.

Tabela 8: Matéria seca dos nódulos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Safr	Cultivar	Matéria seca dos nódulos (mg planta ⁻¹)			
		Fonte de N			
		Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
1	BRS Imponente	247,09 Bab	311,55 Aa	182,75Bbc	111,78 Bc
	BRS Itaim	313,70 ABa	212,33 BCb	233,32 Bab	176,47 ABb
	BRS Novaera	262,96 ABa	156,33 Cc	239,45 Bab	160,29 Bbc
	BRS Tumucumaque	332,42 Aab	241,37 ABc	356,08 Aa	253,09 Abc
2	BRS Imponente	125,85 Aa	148,97 Aa	165,33 ABa	116,19 Aa
	BRS Itaim	160,07 Aab	170,46 Aab	195,96 Aa	93,73 Ab
	BRS Novaera	104,22 Aa	116,17 Aa	110,28 Ba	64,43 Aa
	BRS Tumucumaque	144,55 Aa	186,82 Aa	186,69 ABa	114,95 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula compara as cultivares para cada fonte de N, dentro de cada ciclo, e médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas compara as fontes de N para cada cultivar, em cada ciclo.

De maneira geral, houve maior produção de matéria seca da parte aérea na primeira safra, em todas as cultivares. Nesta ocasião, a cultivar BRS Imponente destacou-se das demais com 12,12 g planta⁻¹, seguida por BRS Tumucumaque, com 9,59 g planta⁻¹. BRS Novaera e BRS Itaim não diferiram entre si, porém apresentaram os menores valores para esta característica (8,27 e 8,21 g planta⁻¹, respectivamente). Na segunda safra, por sua vez, não foram encontradas diferenças estatísticas entre as cultivares (Tabela 9).

Os maiores valores encontrados na primeira safra provavelmente estejam associados à maior eficiência da FBN nessa ocasião, uma vez que o maior número e matéria seca dos nódulos obtidos na primeira safra sugerem maior aporte de N às plantas. Além disso, a elevada precipitação pluviométrica alcançada durante o ciclo da cultura na primeira safra (Figura 1) pode ter contribuído para este resultado, uma vez que sob elevada disponibilidade de água, o feijão-caupi apresenta maior crescimento vegetativo (FREIRE FILHO et al., 2005).

Tabela 9: Matéria seca da parte aérea de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Matéria seca da parte aérea (g planta ⁻¹)	
	Safra 1	Safra 2
BRS Imponente	12,12 Aa	5,14 Ab
BRS Itaim	8,21 Ca	5,67 Ab
BRS Novaera	8,27 Ca	4,97 Ab
BRS Tumucumaque	9,59 Ba	5,88 Ab

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao efeito das fontes de N sobre a matéria seca da parte aérea, as estirpes de rizóbio, juntamente com a aplicação de N mineral, destacaram-se com maiores valores, ao passo que a testemunha sem aplicação de N promoveu menores valores para esta característica. O mesmo comportamento foi observado para a eficiência relativa, onde as estirpes apresentaram resultados semelhantes à aplicação de N mineral e destacaram-se em relação à testemunha sem aplicação de N (Tabela 10).

Os resultados do presente trabalho divergem dos encontrados por Almeida et al. (2010) avaliando a eficiência agrônômica de diferentes estirpes de rizóbio na cultivar BR 17 Gurguéia, em Teresina-PI. Segundo os autores, os valores de matéria seca da parte aérea variaram de 7,40 a 11,11 g planta⁻¹ para a testemunha e o tratamento com aplicação de N mineral, respectivamente, porém não observaram diferenças estatísticas entre as fontes de N avaliadas. Possivelmente a divergência de comportamento esteja associada à maior sensibilidade das cultivares do presente estudo às diferentes fontes de N.

Quanto à eficiência relativa, não foram observadas diferenças estatísticas entre as estirpes de rizóbio e a aplicação de N mineral. Os valores obtidos com as estirpes de rizóbio foram de 95,63 e 103,76% para BR 3262 e BR 3267, respectivamente (Tabela 10). Tal resultado aponta a capacidade das estirpes de rizóbio em promover incrementos na produção de biomassa da parte aérea das plantas em relação à testemunha, semelhantemente ao obtido com a aplicação de N mineral. Resultados semelhantes foram encontrados por Gualter et al. (2011), onde os autores observaram que a eficiência relativa dos tratamentos inoculados foi estatisticamente semelhante à aplicação de N mineral.

Tabela 10: Matéria seca da parte aérea e eficiência relativa de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Fonte de N	Matéria seca da parte aérea	Eficiência relativa
	(g planta ⁻¹)	(%)
Ausência de N	6,53 B	82,93 B
BR 3267	8,03 A	103,76 A
BR 3262	7,50 A	95,63 AB
N mineral	7,88 A	100,00 A

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entre as cultivares, observou-se que os valores para eficiência relativa na primeira safra foram superiores a 100%, exceto para BRS Itaim (76,59%), indicando boa resposta das cultivares às fontes alternativas à aplicação de N mineral. Na segunda safra, não foram observadas diferenças entre as cultivares. Entre as safras observou-se que, com exceção da BRS Novaera, que não diferiu estatisticamente em função das safras, mudanças na resposta foram observadas nas demais cultivares. Para BRS Imponente e BRS Tumucumaque, os maiores valores foram obtidos na primeira safra, ao passo que na segunda safra BRS Itaim se destacou (Tabela 11).

Tabela 11: Eficiência relativa de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Eficiência relativa (%)	
	Safra 1	Safra 2
BRS Imponente	109,70 Aa	84,58 Ab
BRS Itaim	76,59 Bb	97,01 Aa
BRS Novaera	101,00 Aa	99,70 Aa
BRS Tumucumaque	108,90 Aa	87,15 Ab

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comprimento das vagens verdes variou de 7,43 a 13,42 cm, na primeira safra, e de 15,04 cm a 21,97 cm, na segunda (Tabela 12). Freire Filho et al. (2005) destacam que solos ricos em nutrientes e frequentemente úmidos favorecem o crescimento vegetativo das cultivares em detrimento da formação de vagens e grãos. Assim, é possível que esse resultado decorra da maior precipitação pluviométrica ocorrida na primeira safra, que limitou o desempenho produtivo adequado da cultura em razão do maior crescimento vegetativo, evidenciado pela maior matéria seca da parte aérea obtida na primeira safra.

Dentre as cultivares, BRS Tumucumaque se destacou com os maiores valores entre as cultivares para o comprimento de vagens verdes, independentemente das safras. Dentre as

fontes de N, a aplicação de N mineral promoveu os maiores comprimentos de vagens na primeira safra, em todas as cultivares, ao passo que na segunda não foram identificadas diferenças estatísticas entre as fontes de N, exceto na cultivar Tumucumaque, que apresentou menor comprimento das vagens em função da inoculação com as estirpes de rizóbio (Tabela 12).

Os resultados encontrados se assemelham aos obtidos por Sousa et al. (2015) em estudo visando a avaliar e selecionar genótipos de feijão-caupi com potencial para o mercado de feijão verde. Neste estudo, os autores observaram que BRS Tumucumaque também se destacou com maior comprimento de vagens verdes, dentre os materiais estudados.

Tabela 12: Comprimento de vagens verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Safra	Cultivar	Comprimento de vagens verdes (cm)			
		Fonte de N			
		Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
1	BRS Imponente	8,46 Bab	7,28 Cb	7,43 Cb	8,96 BCa
	BRS Itaim	8,20 Bb	9,74 Ba	9,47 Bab	9,54 Bab
	BRS Novaera	10,65 Aa	8,75 Ba	8,08 Ca	7,93 Ca
	BRS Tumucumaque	9,53 ABc	11,62 Ab	12,07 Ab	13,42 Aa
2	BRS Imponente	17,42 Ba	16,62 Ba	17,39 Ba	17,62 Ba
	BRS Itaim	16,00 Ca	15,96 Ba	15,32 Ca	16,56 BCa
	BRS Novaera	15,40 Ca	15,47 Ba	15,04 Ca	15,80 Ca
	BRS Tumucumaque	20,66 Aab	20,56 Ab	20,54 Ab	21,97 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula compara as cultivares para cada fonte de N, dentro de cada ciclo, e médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas compara as fontes de N para cada cultivar, em cada ciclo.

Apesar do menor comprimento das vagens verdes na primeira safra, o número de grãos por vagem não diferiu em função das épocas de plantio, evidenciando que esta característica sofre mais influência genética do que ambiental. Em ambas as safras, a BRS Tumucumaque destacou-se com maior número de grãos por vagem, ao passo que BRS Imponente obteve os menores valores para esta característica, em todas as fontes de N (Tabela 13).

É possível que o maior número de grãos por vagem verde obtidos com a BRS Tumucumaque decorra do maior comprimento das vagens alcançados com esta cultivar em ambas as safras agrícolas. Por outro lado, os menores valores para esta característica encontrados na BRS Imponente possivelmente ocorreram porque esta cultivar é desenvolvida com a característica de produzir grãos extragrandes (EMBRAPA, 2016), característica desejada pelo mercado.

Tabela 13: Número de grãos por vagens verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Safr	Cultivar	Número de grãos por vagem verde (grãos vagem ⁻¹)			
		Fonte de N			
		Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
1	BRS Imponente	8,47 BCab	7,28 Cb	7,43 Cb	8,96 BCa
	BRS Itaim	8,20 Cb	9,75 Ba	9,47 Bab	9,54 Ba
	BRS Novaera	10,65 Aa	8,75 Bb	8,07 Cb	7,93 Cb
	BRS Tumucumaque	9,53 ABc	11,62 Ab	12,07 Ab	13,42 Aa
2	BRS Imponente	7,81 Ba	7,79 Ba	7,88 BCa	7,87 Ca
	BRS Itaim	8,83 ABa	8,81 ABa	9,53 Aa	9,33 Ba
	BRS Novaera	7,89 Bab	7,94 Bab	7,57 Cb	8,97 BCa
	BRS Tumucumaque	9,67 Ab	9,71 Ab	9,16 ABb	12,10 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula compara as cultivares para cada fonte de N, dentro de cada ciclo, e médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas compara as fontes de N para cada cultivar, em cada ciclo.

De maneira geral, o peso de 100 grãos verdes das cultivares foi maior na segunda safra do que na primeira (Tabela 14). Tal fato se deve possivelmente ao pouco desenvolvimento das vagens na primeira safra, que, apesar do menor comprimento, manteve o número de grãos por vagem, evidenciando um menor enchimento dos mesmos.

Na primeira safra, BRS Tumucumaque e BRS Imponente destacaram-se com maior peso de 100 grãos verdes (43,32 e 41,80 g, respectivamente), sendo estatisticamente superiores a BRS Novaera e BRS Itaim (37,56 e 35,41 g, respectivamente), que não diferiram entre si. Na segunda safra, por sua vez, apenas BRS Itaim, com 38,60 g, diferiu das demais cultivares, sendo estatisticamente inferior a elas (Tabela 14). Esses resultados destacam, portanto, as cultivares BRS Imponente, BRS Novaera e BRS Tumucumaque com maior potencial para o mercado de grãos verdes, uma vez que grãos maiores são preferidos pelos consumidores (SOUSA et al., 2015).

Tabela 14: Peso de 100 grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Peso de 100 grãos verdes (g)	
	Safra 1	Safra 2
BRS Imponente	41,80 Ab	44,84 Aa
BRS Itaim	35,41 Bb	38,60 Ba
BRS Novaera	37,56 Bb	44,52 Aa
BRS Tumucumaque	43,32 Aa	42,90 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao comportamento da interação entre as cultivares e as fontes de N para o peso de 100 grãos verdes, os valores para esta característica variaram de 35,52 g a 48,09 g (Tabela 15). A BRS Itaim alcançou menor peso de 100 grãos verdes, para todas as fontes de N, evidenciando o menor potencial desta cultivar, dentre os materiais estudados, para o mercado de feijão verde, tendo os consumidores preferência por grãos de tamanhos maiores (SOUSA et al., 2015).

Apenas as cultivares BRS Imponente e BRS Tumucumaque apresentaram efeito das fontes de N para o peso de 100 grãos verdes. Para a cultivar BRS Imponente, a inoculação com a estirpe BR 3262 e a aplicação de N mineral promoveram menor peso de 100 grãos (40,11 g e 38,36 g, respectivamente). Por outro lado, para a cultivar BRS Tumucumaque, a inoculação com a estirpe BR 3267 resultou num menor valor para esta característica (37,38 g) (Tabela 15).

Possivelmente a não padronização da umidade dos grãos contribuiu para este resultado, pois as vagens destinadas ao mercado de feijão verde são colhidas quando os grãos se encontram com umidade entre 60 a 70% (OLIVEIRA et al., 2001), resultando em diferença na massa dos grãos.

Tabela 15: Peso de 100 grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Fonte de N	Peso de 100 grãos verdes (g)			
	Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
BRS Imponente	48,09 Aa	46,73 Aa	40,11 Bb	38,36 Bb
BRS Itaim	36,51 Ba	35,52 Ca	37,65 Ba	38,33 Ba
BRS Novaera	43,88 Aa	41,49 ABa	38,79 Ba	40,00 ABa
BRS Tumucumaque	43,63 Aa	37,38 BCb	46,53 Aa	44,88 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de grãos verdes variou de 1.790,61 kg ha⁻¹ a 2.313,74 kg ha⁻¹, na primeira safra, e de 2955,28 kg ha⁻¹ a 3855,82 kg ha⁻¹, na segunda. De maneira geral, a produtividade de grãos verdes na primeira safra foi inferior à segunda, para todas as fontes de N (Tabela 16).

Possivelmente esse comportamento esteja associado às condições ambientais distintas de cada safra, sobretudo as precipitações pluviométricas, que na primeira safra foi de 651,2 mm e pode ter contribuído para o maior crescimento vegetativo em detrimento da produção de vagens e grãos, evidenciado pelo menor comprimento de vagens e peso de 100 grãos verdes. Além disso, o maior teor de fósforo (P) no solo da segunda safra em comparação à

primeira pode ter contribuído para este resultado, uma vez que este elemento, apesar de ser extraído em menor quantidade, é considerado o maior fator limitante da produção da cultura (FREIRE FILHO et al., 2005).

Na primeira safra, não houve diferença entre as fontes de N, ao passo que na segunda as estirpes de rizóbio alcançaram produtividade estatisticamente semelhante à aplicação de N mineral. A estirpe BR 3267 alcançou produtividade 25,43% superior à testemunha absoluta (Tabela 16). Tal resultado evidencia que a inoculação consiste numa prática alternativa à utilização de fertilizantes nitrogenados, haja vista que esta última é uma prática mais onerosa, além de seu mau uso estar atrelado a impactos ambientais.

Tabela 16: Produtividade de grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Fonte de N	Produtividade de grãos verdes (Kg ha ⁻¹)	
	Safra 1	Safra 2
Ausência de N	2313,74 Ab	2955,28 Ba
BR 3267	2086,72 Ab	3706,91 ABa
BR 3262	2124,22 Ab	3300,90 ABa
N mineral	1790,61 Ab	3855,82 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos tratamentos com inoculação, não houve diferença entre as cultivares para produtividade de grãos verdes, com exceção da BRS Imponente, que quando inoculada com a estirpe BR 3262 alcançou produtividade de grãos verdes inferior às demais cultivares (Tabela 17). Quanto aos tratamentos sem inoculação, as cultivares não diferiram entre si, com exceção de BRS Novaera e BRS Tumucumaque, que alcançaram produtividades superiores na testemunha com ausência de N e com a aplicação de N mineral, respectivamente.

Houve efeito significativo para as fontes de N apenas nas cultivares BRS Novaera e BRS Tumucumaque, ao passo que as demais cultivares não diferiram em função das fontes de N. A aplicação de N mineral promoveu maior produtividade para a cultivar BRS Tumucumaque, diferindo estatisticamente da testemunha sem N e da estirpe BR 3267. Já para BRS Novaera, a maior produtividade foi alcançada pela ausência de N, diferindo estatisticamente da aplicação de N mineral. O comportamento específico de cada cultivar pode ser explicado pelo fato de que a eficiência das estirpes de rizóbio depende tanto das cultivares testadas quanto da região de estudo (BORGES et al., 2012).

Tabela 17: Produtividade de grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Fonte de N	Produtividade de grãos verdes (Kg ha ⁻¹)			
	Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
BRS Imponente	1863,38 Ba	2783,25 Aa	1641,62 Ba	2292,43 Ba
BRS Itaim	2268,00 Ba	3409,55 Aa	3188,40 Aa	2474,61 Ba
BRS Novaera	3837,93 Aa	2770,41 Aab	3137,30 Aab	2674,15 Bb
BRS Tumucumaque	2568,71 Bb	2624,05 Ab	2882,92 Aab	3851,67 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de grãos verdes variou de 34,31 a 61,49 % (Tabela 18). Na primeira safra, houve efeito das fontes de N apenas nas cultivares BRS Imponente e BRS Tumucumaque, ao passo que na segunda não foram diagnosticadas diferenças entre as fontes de N, indicando que essa característica sofre mais influência de fatores genéticos do que ambientais.

Dentre as cultivares, de maneira geral, BRS Itaim alcançou os maiores valores, independentemente da fonte de N, em ambas as safras, ao passo que os menores valores para esta característica foram alcançados pela BRS Imponente, indicando menor translocação dos fotoassimilados das vagens aos grãos. Freire Filho et al. (2005) definem que o índice de grãos verdes das cultivares recomendado para mercado de vagens verdes deve estar acima de 60%. Assim, apesar da elevada produtividade de grãos verdes alcançada neste estudo, os resultados sugerem que as cultivares não apresentam características ideais para o mercado na forma de vagens verdes.

Tabela 18: Índice de grãos verdes de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Safra	Cultivar	Índice de grãos verdes (%)			
		Fonte de N			
		Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
1	BRS Imponente	39,27 Bab	43,38 ABa	34,31 Bb	35,22 Cab
	BRS Itaim	44,76 ABa	51,50 Aa	46,04 Aa	49,03 ABa
	BRS Novaera	50,21 Aa	42,90 Bab	41,63 ABb	44,15 Bab
	BRS Tumucumaque	45,29 ABb	42,10 Bb	46,09 Ab	56,70 Aa
2	BRS Imponente	44,08 Ba	41,17 Ba	42,47 Ba	41,22 Ca
	BRS Itaim	58,17 Aa	56,64 Aa	54,18 Aa	61,49 Aa
	BRS Novaera	48,13 Ba	49,75 Aa	46,43 ABa	48,30 BCa
	BRS Tumucumaque	47,36 Ba	51,05 Aa	53,38 Aa	51,54 Ba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula compara as cultivares para cada fonte de N, dentro de cada ciclo, e médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas compara as fontes de N para cada cultivar, em cada ciclo.

Houve efeito apenas das cultivares para o comprimento de vagens secas, que variou de 16,20 cm a 20,80 cm. A cultivar BRS Tumucumaque alcançou os maiores valores para esta característica, com 20,80 cm, seguidos de BRS Imponente e BRS Itaim (17,44 e 17,16 cm, respectivamente), que não diferiram entre si, e BRS Novaera (16,20 cm), que apresentou o menor comprimento dentre as cultivares testadas (Tabela 19). Os valores obtidos se assemelham aos encontrados por Silva; Neves (2011), avaliando componentes de produção de genótipos de feijão-caupi que obtiveram o comprimento de vagens variando de 17,60 cm a 21,80 cm.

Tabela 19: Comprimento de vagens secas de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Comprimento de vagens secas (cm)
BRS Imponente	17,44 B
BRS Itaim	17,16 B
BRS Novaera	16,20 C
BRS Tumucumaque	20,80 A

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para todas as cultivares, o maior número de grãos por vagem seca foi obtido na segunda safra, indicando que esta característica sofreu influência do ambiente distinto de cada safra. Na primeira, o maior número de grãos por vagem foi alcançado pela cultivar BRS Tumucumaque (11,46 grãos vagem⁻¹), sendo estatisticamente superior às demais cultivares, que não diferiram entre si (Tabela 20).

Apesar de não diferir das demais cultivares na primeira safra, BRS Imponente obteve menor número de grãos por vagem na segunda safra agrícola. Esse resultado possivelmente está associado às características desta cultivar, primeira lançada no mercado nacional com grãos extragrandes (EMBRAPA, 2016), evidenciada pelo maior tamanho em detrimento do número de grãos.

Tabela 20: Número de grãos por vagem seca de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Número de grãos por vagem seca (grãos vagem ⁻¹)	
	Safra 1	Safra 2
BRS Imponente	8,89 Ba	7,56 Bb
BRS Itaim	9,76 Ba	8,88 Ab
BRS Novaera	9,64 Ba	8,46 ABb
BRS Tumucumaque	11,46 Aa	8,95 Ab

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O peso de 100 grãos secos sofreu apenas o efeito isolado das safras e das cultivares. BRS Imponente destacou-se das demais cultivares com maior peso de 100 grãos secos (27,69 g), ao passo que BRS Itaim alcançou os menores valores para esta característica (19,68 g). Esses resultados apontam que todas as cultivares alcançaram tamanho de grão satisfatório para as exigências de mercado, que, segundo Silva; Neves (2011), tem preferência por genótipos com peso de 100 grãos acima de 18 g, porém os autores também destacam o tamanho do grão para a cotação comercial do produto, que tem preferência por grãos maiores.

Dentre as safras, observou-se que na segunda o peso de 100 grãos secos foi 17,44% superior ao registrado na primeira safra (Tabela 21), indicando maior enchimento de grãos e possivelmente menor número de grãos por vagem encontrados na segunda safra contribuiu para este resultado.

Tabela 21: Peso de 100 grãos secos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Peso de 100 grãos secos (g)		MÉDIA
	Safra 1	Safra 2	
BRS Imponente	25,80	29,58	27,69 A
BRS Itaim	18,88	20,47	19,68 C
BRS Novaera	21,03	26,14	23,59 B
BRS Tumucumaque	20,05	24,55	22,30 BC
MÉDIA	21,44 b	25,18 a	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira geral, a produtividade de grãos secos alcançada em todos os tratamentos foi elevada em relação à produtividade média nacional, variando de 574,07 kg ha⁻¹ a 2.562,42 kg ha⁻¹ (Tabela 22). Esse resultado pode estar associado ao nível tecnológico empregado neste estudo, caracterizado pelas cultivares utilizadas, que possuem elevado potencial produtivo em relação às cultivares locais normalmente utilizadas, à prática da irrigação e à fertilização fosfatada e potássica. Além disso, mesmo os tratamentos sem aplicação de N mineral alcançaram nodulação considerável, evidenciando boa resposta das estirpes nativas de rizóbio a FBN.

Nos tratamentos sem inoculação, em ambas as safras, não houve diferenças estatísticas entre as cultivares, exceto para a aplicação de N mineral na primeira safra, onde a BRS Tumucumaque se destacou das demais cultivares e que não diferiram entre si (Tabela 22). Entre as estirpes de rizóbio, na primeira safra não foram identificadas diferenças estatísticas entre as cultivares quando inoculadas com a estirpe BR 3267. Com a estirpe BR 3262, as

cultivares BRS Itaim e BRS Novaera destacaram-se em relação a BRS Imponente. Ainda na primeira safra, BRS Tumucumaque apresentou produtividade estatisticamente semelhante às demais, além de apresentar maior produtividade para ambas as estirpes de rizóbio na segunda safra agrícola (Tabela 22).

O comportamento das cultivares variou em função das fontes de N. Na primeira safra, a aplicação de N mineral não resultou em incrementos de produtividade em relação às demais fontes de N, ao passo que na segunda as cultivares BRS Itaim e BRS Tumucumaque responderam positivamente à inoculação com as estirpes de rizóbio e à aplicação de N mineral, diferindo estatisticamente da testemunha sem aplicação de N. Em relação à testemunha, a inoculação com a estirpe BR 3267 promoveu incrementos de 55,1% e 54,01% nas cultivares BRS Itaim e BRS Tumucumaque, respectivamente (Tabela 22).

Tabela 22: Produtividade de grãos secos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Safra	Cultivar	Produtividade de grãos secos (Kg ha ⁻¹)			
		Fonte de N			
		Ausência de N	BR 3267	BR 3262	N mineral
1	BRS Imponente	1141,36 Aab	1170,56 Aa	574,07 Bb	690,57 Bab
	BRS Itaim	943,95 Aab	875,62 Aab	1361,60 Aa	725,45 Bb
	BRS Novaera	948,46 Aab	1061,22 Aab	1379,93 Aa	740,20 Bb
	BRS Tumucumaque	987,07 Aa	958,73 Aa	967,21 ABa	1474,18 Aa
2	BRS Imponente	1315,51 Aa	1344,14 Ca	1417,93 Ba	1786,90 Aa
	BRS Itaim	1345,98 Ab	2087,68 ABa	1608,44 Bab	2144,61 Aa
	BRS Novaera	1206,06 Aa	1683,10 BCa	1580,22 Ba	1692,27 Aa
	BRS Tumucumaque	1663,72 Ab	2562,42 Aa	2331,97 Aa	2273,47 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula compara as cultivares para cada fonte de N, dentro de cada ciclo, e médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas compara as fontes de N para cada cultivar, em cada ciclo.

Quanto ao índice de grãos secos, as cultivares obtiveram maiores valores para esta característica na segunda safra, exceto a BRS Tumucumaque, que não diferiu em função das safras. Entre as fontes de N, os maiores valores para esta característica foram obtidos na segunda safra, com exceção para estirpe BR 3267, que não sofreu influência deste fator (Tabela 23).

De maneira geral, todas as cultivares apresentaram valores de índice de grãos superiores a 75% (Tabela 23), indicando boa translocação dos fotoassimilados das vagens destinadas ao enchimento dos grãos. No entanto, os maiores índices de grãos secos alcançados na segunda safra indicam maior enchimento de grãos nesta época de plantio, evidenciado pela maior produtividade e peso de 100 grãos alcançados.

A BRS Itaim destacou-se das demais cultivares com maior índice de grãos secos, em ambas as safras, ao passo que BRS Tumucumaque alcançou os menores valores para esta característica. Entre as fontes de N, observou-se que na primeira safra o maior índice de grãos secos foi promovido pela estirpe BR 3267, destacando-se das demais fontes de N, que não diferiram estatisticamente entre si. Na segunda safra, não foram identificadas diferenças estatísticas entre as respectivas fontes de N (Tabela 23).

Tabela 23: Índice de grãos secos de cultivares de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. Mossoró-RN. 2019.

Cultivar	Índice de grãos secos (%)	
	Safra 1	Safra 2
BRS Imponente	75,46 Bb	77,49 Ba
BRS Itaim	77,80 Ab	81,94 Aa
BRS Novaera	76,04 Bb	78,14 Ba
BRS Tumucumaque	76,00 Ba	75,93 Ca
Fonte de N	Índice de grãos secos (%)	
	Safra 1	Safra 2
Ausência de N	76,42 ABb	78,16 Aa
BR 3267	77,68 Aa	77,98 Aa
BR 3262	75,79 Bb	78,72 Aa
N mineral	75,42 Bb	78,64 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

As estirpes de rizóbio promoveram incremento na nodulação das cultivares de feijão-caupi.

A cultivar BRS Tumucumaque apresentou maior potencial produtivo de grãos verdes e secos.

A inoculação de sementes de feijão-caupi com as estirpes BR 3262 e BR 3267 de *Bradyrhizobium* spp. foi capaz de proporcionar rendimento de grãos verdes e secos semelhante ao obtido com aplicação de adubação mineral de N.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).
- ALMEIDA, A. G.; ALCÂNTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade de feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 364-369, jul./set. 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AURAS, N. E.; ZILLI, J. E.; SOARES, L. H. B.; FONTANA, J. **Recomendação de uso de estirpes fixadoras de nitrogênio em leguminosas de importância agrônômica e florestal**. Seropédica: Embrapa agrobiologia (Documentos 307). 2018. 38 p.
- BERGENSEN, F. J.; BROCKWELL, J.; GIBSON, A. H.; SCHWINGHAMMER, E. A. Studies of natural populations and mutants of *Rhizobium* in the improvement of legume inoculants. **Plant and Soil**, v. 35, n. 1, p. 3-16, 1971.
- BORGES, P. R. S.; SABOYA, R. C. C.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, E. R.; SOUZA, S. E. A. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em Gurupi-TO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 37-44, jan./mar. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 25 mar. 2011. Seção 1, p.3-7.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.
- CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, A. G.; DINIZ NETO, M. A.; MATOS, B. F.; DINIZ, B. L. M. T.; BERTINO, A. M. P. Inoculação das cultivares locais de feijão-caupi com estirpes de rizóbio. **Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environment Sciences**, Belém, v. 60, n. 1, p. 38-44, jan./mar., 2017.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2008.
- COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 1-7, jan./mar. 2011.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, A. F. T.; FERREIRA, L. V. M.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Resposta de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2018): área, produção e rendimento.** Embrapa Arroz e Feijão, 2019. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

EMBRAPA. **BRS Imponente:** Cultivo precoce e mecanizado e grãos extra grandes são os diferenciais da cultivar. Embrapa Meio Norte (folder). 2016.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de feijão-caupi.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FERREIRA, E. P. B.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Nodulação e produção de grãos em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) inoculado com isolados de rizóbio, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 27-35, out./dez. 2011.

FIGUEIREDO, M. V. B. et al. Respuesta a la inoculación de *Bradyrhizobium* sp. en caupi utilizando diferentes sustrato de cultivos alternativos. **Revista Investigación Agraria**, v. 17, n. 1, p. 27-34, 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil:** produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

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

GONÇALVES, J. R. P. **BRS Novaera:** cultivar de feijão-caupi para cultivo em várzeas do Amazonas. Jaguariúna-SP: Embrapa (Comunicado Técnico 51), 2012.

GUALTER, R. M. R.; BODDEY, R. M.; RUMJANEK, N. G.; FREITAS, A. C. R.; XAVIER, G. R. Eficiência agrônômica de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da pré-amazônia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 303-308, mar. 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância da fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja:** componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina – Embrapa Soja: Embrapa Cerrados (Documentos 283), 2007.

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.

MOREIRA, F. M. S. Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (org.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p. 621-680.

NASCIMENTO, L. R. S.; SOUSA, C. A.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I. M. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 36-42, jan./mar. 2010.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVEES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 01, p. 81-84, mar. 2001.

OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M. **BRS Tumucumaque – Cultivar de Feijão-Caupi com Valor Nutritivo para o Amazonas**. Manaus: Embrapa (Comunicado Técnico 106), 2014. 4 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, Mânlio Silvestre (org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 1ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-174.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013.

SILVA JÚNIOR, E. B.; SILVA, K.; OLIVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, P. J.; BODDEY, R. M.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R. Nodulação e produção de feijão-caupi em resposta à inoculação com diferentes densidades rizobioanas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 49, n. 10, p. 804-812, out. 2014.

SILVA, E. F. L.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; NUNES, L. A. P. L.; CARNEIRO, R. F. V. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel, **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 394-402, mai./jun. 2010.

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 29-36, jan./mar. 2011.

SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. Socioeconomia. In: BASTOS, E. A. (org.). **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 6-12.

SILVA, M. F.; SANTOS, C. E. R. S.; SOUSA, C. A.; ARAÚJO, R. S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa de inóculo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1418-1425, 2012.

SILVA, R. T. L.; ANDRADE, D. P.; MELO, E. C.; PALHETA, E. C. V.; GOMES, M. A. F. Inoculação e adubação mineral na cultura de feijão-caupi em latossolo da amazônia oriental, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 152-156, out./dez. 2011.

SOUSA, J. L. M.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C.; SOUSA, R. R. Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 5, p. 392-398, mai. 2015.

SOUSA, R. R. **Densidade populacional e inoculação na cultivar BRS Imponente**. 2017. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agrônomo e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 300-307, abr./jun. 2010.

VIEIRA, C. L.; FREITAS, A. D.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V.; ARAÚJO, M. S. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1170–1175, 2010.

VILARINHO, A. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; COELHO, G. **BRS ITAIM – Cultivar de Feijão-caupi com Grãos Tipo Fradinho**. Boa Vista: Embrapa Roraima (Comunicado Técnico 58), 2010. 4p.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. 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.

ZILLI, J. E.; PEREIRA, G. M. D.; FRANÇA JÚNIOR, I.; SILVA, K.; HUNGRIA, M. ROUWS, J. R. C. Dinâmica de rizóbios em solo do cerrado de Roraima durante o período de estiagem. **Acta amazônica**, Manaus, v. 43, n. 2, p. 153-160, 2013.