



Eficiência de bactérias diazotróficas em associação com adubação nitrogenada na nodulação do feijão caupi

Efficiency of diazotrophic bacteria in association with nitrogen fertilization in cowpea bean nodulation

Wallace Renato da Silva Nogueira¹, Alessandro Carlos Mesquita¹, Polyanna Barbosa da Conceição¹, Ana Thaila Rodrigues Felix¹, Clóvis Domingos da Silva Carvalho Diniz¹

RESUMO

As regiões Norte e Nordeste se destacam na produção nacional do feijão-de-corda, no entanto, devido ao baixo emprego de tecnologias de cultivo, os rendimentos produtivos tornam-se incipientes. Neste sentido, as bactérias fixadoras de nitrogênio podem ser um meio para melhorar o desempenho do cultivo desta leguminosa, considerando a utilização de um manejo sustentável. Este trabalho teve como objetivo verificar a eficiência da inoculação de bactérias para disponibilização de nitrogênio no crescimento e produção do feijão-de-corda em um contexto de manejo sustentável, utilizando de diferentes doses desse nutriente. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 4x5, constituído de diferentes estirpes de bactérias (BR 3262, ESA 380, MIX dos isolados e um controle negativo) e cinco níveis de adubação nitrogenada (10, 20, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹). Foram avaliados o número de nódulos, comprimento e volume de raiz, matéria fresca e seca do tecido radicular e peso de 100 grãos. A inoculação com *Bradyrhizobium* e baixas dosagens de N promove melhor nodulação do feijão-de-corda, enquanto que o acréscimo tende a reduzir a formação de nódulos e as demais variáveis avaliadas.

Palavras-chave: Microrganismos; Nutrição mineral; Simbiose; *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

The North and Northeast regions stand out in the national production of cowpeas, however, due to the low use of cultivation technologies, productive yields are incipient. In this sense, nitrogen-fixing bacteria can be a means to improve the performance of this legume cultivation, in the face of sustainable management. This work aimed to verify the efficiency of inoculating bacteria to provide nitrogen in the growth and production of cowpea considering the use of different doses of this nutrient, adapting sustainable management strategies for nitrogen fertilization. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 4x5 factorial scheme, consisting of different strains of bacteria (BR 3262, ESA 380, MIX of isolates and a negative control) and five levels of nitrogen fertilizer (10, 20, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹). The number of nodules, root length and volume, fresh and dry matter of the root tissue and weight of 100 grains were evaluated. Inoculation with *Bradyrhizobium* and low doses of N promotes better nodulation of cowpea, while the addition tends to reduce the formation of nodules and the other variables evaluated.

Keywords: Microorganisms; Mineral nutrition; Symbiosis; *Vigna unguiculata*.

¹ Universidade do Estado da Bahia.

Autor correspondente: alessandro.mesq@yahoo.com.br

Recebido em: 03/09/2024. Aceito em: 01/12/2025.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda ou feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp – Fabaceae), é de origem africana, com amplo cultivo nesta região e em pontuais áreas da Ásia e Caribe (Muniz, Oliveira; Sá, 2022). Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil esta leguminosa está inserida dentre as principais culturas da base socioeconômica devido a sua adaptabilidade às regiões tropicais e subtropicais, além de ser fonte nutricional com baixo custo de investimento, sendo empregado o cultivo principalmente no contexto de famílias com baixa renda (Andrade *et al.*, 2023).

Segundo a Conab (2023) a safra nacional do feijão-de-corda na safra 2022/2023 foi de 151,7 mil toneladas, onde 91% deste total está concentrada nas regiões Norte e Nordeste. Apesar da relativa produção, as áreas de cultivo apresentam baixíssimos índices de produtividade, onde a média nacional rende por volta de 400 kg ha⁻¹ e as regiões de maior produção gira em torno de 387 kg ha⁻¹. Nesse contexto, a baixa produtividade está diretamente ligada ao baixo nível tecnológico empregado nesta cultura e o uso de terras pouco férteis, com deficiência predominante do nitrogênio (Guerra *et al.*, 2020; Jesus *et al.*, 2024).

Em diversas culturas, a exemplo do feijão-de-corda, a aplicação de fertilizantes nitrogenados se faz essencial na obtenção de uma boa produtividade (Cavalcante *et al.*, 2017), além disso, mediante as preocupações sobre o uso sustentável e eficiente do solo, a redução do uso de insumos químicos através da simbiose com microrganismos surge como um novo meio de inovação na cadeia produtiva desta leguminosa (Chagas *et al.*, 2015).

O nitrogênio só é fixado biologicamente através da ação de microrganismos presentes no solo, que absorvem as partículas presentes no ar e disponibilizam para a planta de maneira assimilável. Dito isto, a fixação só se torna possível através das bactérias nodulíferas, que se associam simbioticamente com a planta, impulsionando seu rendimento e possibilitando a substituição parcial ou total da adubação nitrogenada (Souza *et al.*, 2021; Costa, 2023).

Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* estão entre as mais estudadas no setor agrícola, devido a alta eficiência na associação simbiótica com leguminosas de importância econômica e pelo alto potencial na fixação biológica de nitrogênio (Damasio *et al.*, 2025). Tais bactérias podem atuar positivamente no aumento da produção do feijão-de-corda, através de um fornecimento mais otimizado de nitrogênio ao sistema radicular da planta (Ayalew; Yoseph; Cadisch, 2024), no entanto, precisa-se ainda de estudos mais aprofundados.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo verificar a eficiência da inoculação de bactérias sob diferentes dosagens de fertilizante nitrogenado no crescimento e produção do feijão-de-corda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus III, localizada no município de Juazeiro - BA (9° 25'44" S, 40° 32'14" O, altitude: 384 m) no ano de 2022. O clima local é do tipo Bsw'h', semiárido,

apresentando elevadas temperaturas (29,3 a 33,9°C) e baixa umidade relativa do ar, com estação seca entre os meses de maio a outubro, e estação chuvosa entre novembro a abril.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 4x5 com 5 repetições, constituído de quatro tratamentos referentes às bactérias (BR 3262, ESA 380, MIX de isolados e um controle negativo) e de cinco níveis de adubação com nitrogênio (10, 20, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹), cuja fonte de nitrogênio foi proveniente da ureia, e cada parcela era representada por uma planta.

O solo utilizado para o semeio foi um neossolo flúvico, o qual submetido à análise físico-química através do Laboratório de Solos e Água (LASAC) da UNEB. Posteriormente a adubação foi realizada conforme manual de recomendação de adubação (Tabela 1) (Cavalcanti, 2008).

Tabela 1. Adubação do experimento.

Nutriente	Fonte	Dose (kg ha ⁻¹)	Período de aplicação
N	Ureia	10, 20, 30, 60 e 120	10 DAP, a cada dez dias
P	Superfosfato Simples	30	Fundação
K	Cloreto de Potássio	20	Fundação

Fonte: Manual de Recomendação de Adubação para o Estado de Pernambuco.

Utilizaram-se sementes de feijão-caupi da variedade BRS Tumucumaque. Foram usados vasos de 5 L preenchidos com uma fina camada de brita na base e completados com o solo; logo em seguida, foram semeadas 3 sementes em cada recipiente, onde, após a germinação, as plântulas foram desbastadas, restando uma planta por vaso. O manejo e práticas culturais foram realizadas em função da necessidade da cultura.

As estirpes bacterianas e condições de cultivo dos isolados bacterianos utilizados foram da coleção de cultura do Laboratório de Microbiologia de Solos (LAMISO), localizado na Universidade do Estado da Bahia, Campus III, Juazeiro – BA. O preparo dos isolados ESA 380 e a BR 3262 foi realizado em placas de Petri com meio YMA (Vincent, 1970) pelo tempo mínimo de seis dias, em seguida, com o auxílio de uma alça de platina, uma pequena quantidade da cultura bacteriana foi transferida para Erlenmeyers com capacidade para 125 mL contendo 20 mL do meio YMA sem adição de corante azul de bromotimol. Essas bactérias foram cultivadas sob agitação orbital de 160 rpm (rotações por minuto) por 5 dias à temperatura ambiente.

Antes do semeio, cada semente recebeu 1 mL de inóculo com seu respectivo tratamento aplicado diretamente sobre sua superfície. O controle negativo foi feito sem o inóculo, adicionando apenas água deionizada. As avaliações ocorreram a cada 15 dias a partir da implantação dos tratamentos até a colheita. Foram analisadas as seguintes variáveis: número de nódulos, comprimento de raiz (cm), volume de raiz (cm³), matéria fresca e seca do tecido radicular (g) e peso de 100 grãos (g).

Para determinação do número de nódulos, procedeu-se a lavagem das raízes sobre peneiras, seguindo do destaque e contagem individual dos nódulos. O comprimento de raiz foi obtido através da medida da base da planta até a maior extremidade radicular, com auxílio de régua graduada em centímetros. O volume de raiz foi determinado pelo volume de água deslocado em uma proveta de 500 mL. A massa fresca do sistema radicular foi determinada pelo destacamento das raízes das plantas e pesadas em balança de precisão,

em seguida, foram postas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas, obtendo-se a massa seca do sistema radicular. A massa de 100 grãos foi estabelecida através das Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Os resultados obtidos no presente estudo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do software estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011). Para os fatores qualitativos, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, enquanto que os quantitativos foram analisados através de análise de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificada interação significativa entre a utilização das bactérias estudadas e as diferentes dosagens de nitrogênio para variáveis número de nódulos, comprimento de raiz, volume de raiz, matéria fresca e seca do tecido radicular e peso de 100 grãos.

Ao examinarmos o número de nódulos em função da dosagem de N (Figura 1A), com exceção da bactéria 1 (BR 3262), que apresentou crescimento até o limite de 60 kg ha⁻¹, observamos um decréscimo nas nodulações à medida que se aumentam os valores de nitrogênio aplicados, tanto no mix de isolados bacterianos, quanto a bactéria 2 (ESA 380).

Observou-se que o aumento do nitrogênio reduziu a nodulação nas três estirpes avaliadas, com melhor desempenho do Mix bacteriano na dose de 20 kg ha. Em contraste, as bactérias isoladas demonstraram uma queda significativa nas nodulações (Figura 1B).

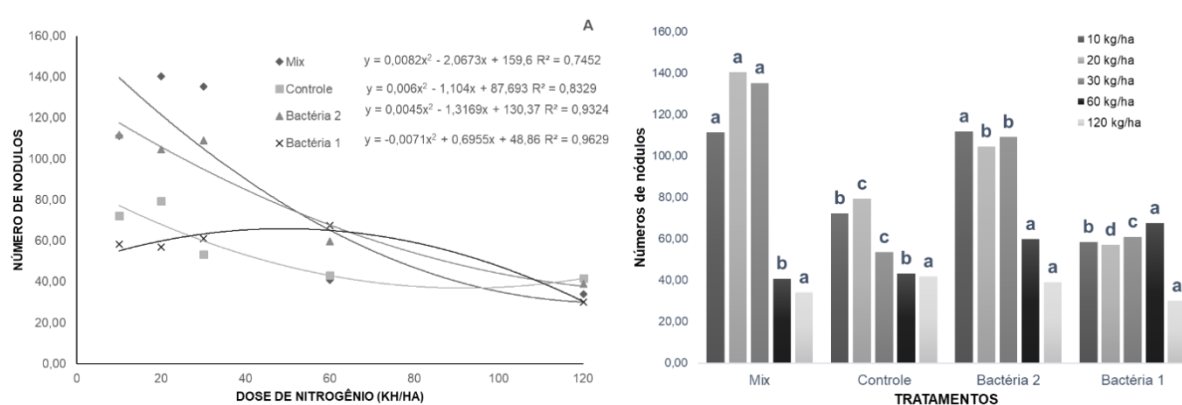


Figura 1. Número de nódulos em feijão-caupi em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e a diferentes estirpes bacterianas (B). Letras minúsculas iguais comparando os tratamentos dentro da mesma dose de nitrogênio não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Juazeiro-BA, 2024.

Viçosi e Pelá (2020) ao estudarem a inoculação com *Rhizobium* em feijão-vagem sob diferentes dosagens de N, observaram que a medida que aumentou o teor de nitrogênio no solo através das adubações, ocorreu a redução no número de nódulos formados nas raízes. Bandeira *et al.* (2019) ao avaliar algumas cepas de *Bradyrhizobium* na cultura do feijão caupi em ambiente protegido sob diferentes dosagens de nitrogênio, observaram um bom desempenho da cepa bacteriana BR 3262, contudo, os resultados

apresentados neste trabalho avançam no sentido de que os valores obtidos superam em dobro ao seu melhor resultado, contudo, observou-se comportamento semelhante até 60 kg ha⁻¹ mas com maior efeito do Mix de isolados, o que indica potencial sinérgico entre estirpes. Vale ressaltar que como neste estudo, a medida que se aumentou a dosagem do fertilizante nitrogenado, reduziu a formação de nódulos. Cujo fato incide que doses maiores de nitrogênio inibem a formação de nódulos em bactérias fixadoras de nitrogênio.

A aplicação de doses menores de nitrogênio, em conjunto com uma mistura de bactérias, pode criar um ambiente favorável para o desenvolvimento de nódulos, além de promover uma interação mutualística entre os microrganismos. Por outro lado, doses mais altas de nitrogênio tendem a desregular a região rizosférica, desfavorecendo as bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), como descrito por Morinishi *et al.* (2023) e Mesquita *et al.* (2023).

O comprimento de raiz não apresentou significância para os modelos matemáticos linear e quadrático para o controle nas dosagens de N, no entanto, observa-se um comportamento quadrático para a bactéria 1, onde, até a dosagem de 53,57 kg ha⁻¹, há um tamanho de raiz de 33,2 cm, a partir daí, a medida que se ultrapassa a dosagem nitrogenada, ocorre um declínio de crescimento radicular (Figura 2A). Todavia, a bactéria 2 e o mix de bactérias obtiveram um efeito oposto; conforme se aumentou a dosagem de N, cresceu o tamanho do sistema radicular, alcançando os valores máximos até a dose estudada de 120 kg ha⁻¹ (Figura 2A).

Ao analisarmos o comprimento de raiz foi observada que houve diferença significativa apenas para as dosagens de 30 kg ha⁻¹, destacando-se o controle sem inoculação e a bactéria ESA 3262, enquanto que na dose de 120 kg ha⁻¹, essa mesma bactéria obteve o pior desempenho (Figura 2B).

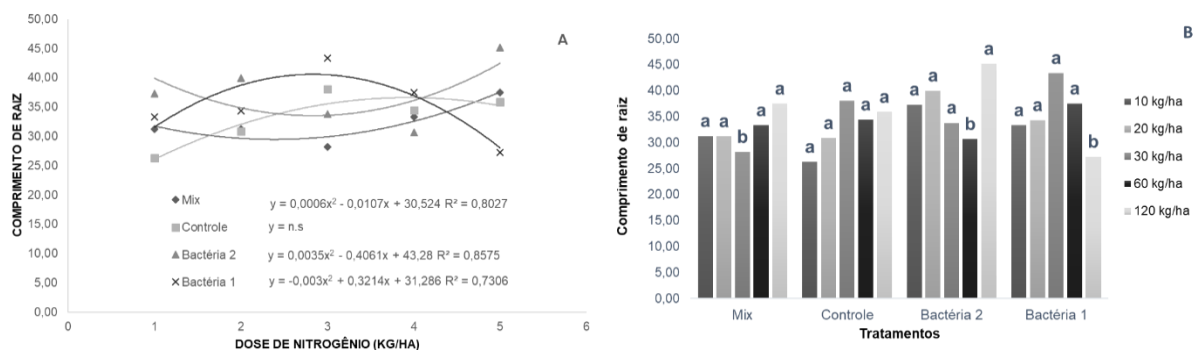


Figura 2. Comprimento de raiz de feijão-caupi em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e a diferentes estirpes bacterianas (B). Letras minúsculas iguais comparando os tratamentos dentro da mesma dose de nitrogênio não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Juazeiro-BA, 2024.

O comprimento radicular foi comprometido até certo ponto a medida que aumentou a dosagem de nitrogênio, depois, sendo compensada por um incremento no tamanho das raízes. Tal fator pode estar relacionado a redução da nodulação das bactérias estudadas, o que infere numa menor colonização, reduzindo a competição, e abrindo margem aos microrganismos nativos do solo agirem na disponibilização de N. Outra forma de explicar esse comportamento é pelo dissincronismo entre a inoculação e a fixação

biológica do nitrogênio, acarretando em deficiência deste nutriente, conforme relata Santos *et al.* (2014).

A bactéria ESA 3262 apresenta um comportamento no comprimento radicular semelhante a formação de nódulos nas raízes, o que pode demonstrar maior compatibilidade desta cepa com a cultivar de feijão estudada. Franciscon *et al.* (2014) inferem que os fatores edafoclimáticos podem reduzir o desempenho de boa parte dos microrganismos inoculados, e algumas cepas podem demonstrar maior tolerância e capacidade de se adaptar juntamente com o vegetal.

Matoso e Kusdra (2014) reportam que, diferentemente da soja, o feijoeiro não possui uma resposta positiva somente com a utilização de microrganismos na FBN, logo, é necessário incrementos exógenos via adubação para melhor desenvolvimento e suprimento da necessidade vegetal.

A variável volume de raiz para os tratamentos com a bactéria 2 e o mix de bactérias, não demonstraram ajuste aos modelos matemáticos propostos, entretanto, ocorre um aumento do volume das raízes ao utilizar a bactéria 1, chegando a um valor máximo de 24,28 cm³ quando utilizada a dose máxima de 33,69 kg ha⁻¹ (Figura 3A), em seguida, reduz o volume radicular ao aumentar as doses de N. O controle (sem inoculação) apresentou resposta decrescente até a dose de 94,37 kg ha⁻¹, atingindo o volume de 24,66 cm³, seguido por uma sucinta subida até a dosagem de 120 kg ha⁻¹ (Figura 3A).

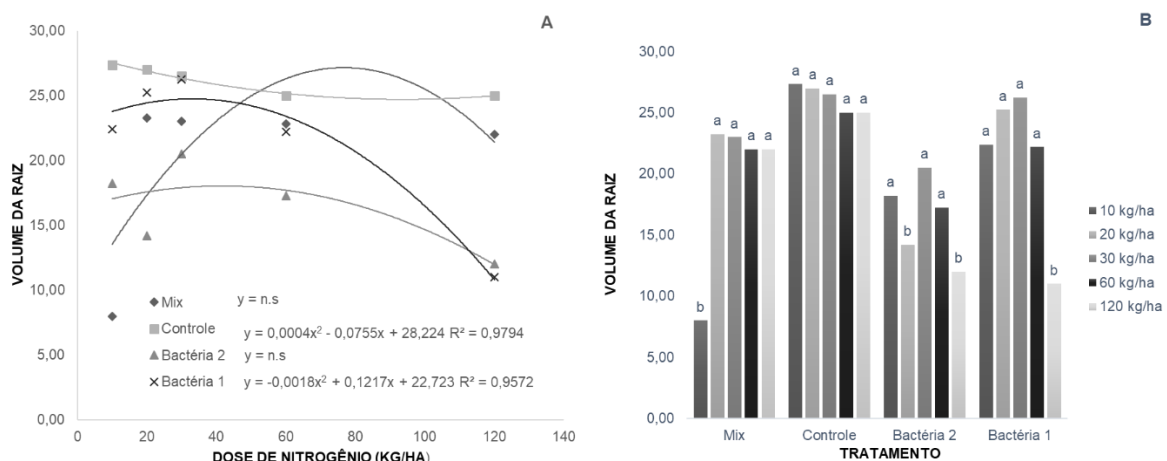


Figura 3. Volume de raiz de feijão-caupi em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e a diferentes estirpes bacterianas (B). Letras minúsculas iguais comparando os tratamentos dentro da mesma dose de nitrogênio não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Juazeiro-BA, 2024.

Não foi verificada diferença significativa para as bactérias dentro das dosagens de 30 e 60 kg ha⁻¹ de N (Figura 3B). Na dosagem de 10 kg ha⁻¹, o mix apresentou o pior desempenho, enquanto que os demais tratamentos não apresentaram diferença, mas obtendo-se os melhores resultados. A dose de 20 kg ha⁻¹ apresentou maiores volumes de raiz quando utilizados o mix e bactéria 1, mas, não diferindo do controle; a bactéria 1 obteve o menor desempenho. As bactérias 1 e 2 resultaram em menores volumes de raiz, enquanto que o controle e o mix, apresentaram valores superiores, mas não diferindo entre si (Figura 3B).

Santos *et al.* (2019) ao estudarem diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*, dentre elas a BR 3262, mostraram que não há efeito significativo das bactérias para a variável volume de raiz. Rocha *et al.* (2021) utilizando estirpes de rizóbios em feijão-comum também não observaram efeito no incremento do volume radicular.

Observa-se que o controle quando submetido as diferentes níveis de nitrogênio, apresenta uma sucinta constância, seguida por um leve aumento do volume radicular. Tal inferência pode estar relacionada à exigência do feijoeiro ao nitrogênio, principalmente no desenvolvimento radicular.

Para a variável massa seca de raiz foi observada significância apenas para o controle (sem inoculação), percebendo-se um comportamento quadrático, na qual, conforme aumentou-se a dosagem de nitrogênio até o limite de 97,87 kg ha⁻¹, ocorre um decréscimo considerável na matéria seca das raízes do feijoeiro, alcançando um limite mínimo de 1,88 g; a partir daí houve um sucinto acréscimo da massa seca do sistema radicular, alcançando o limite na dose máxima estudada de 120 kg ha⁻¹ (Figura 5A).

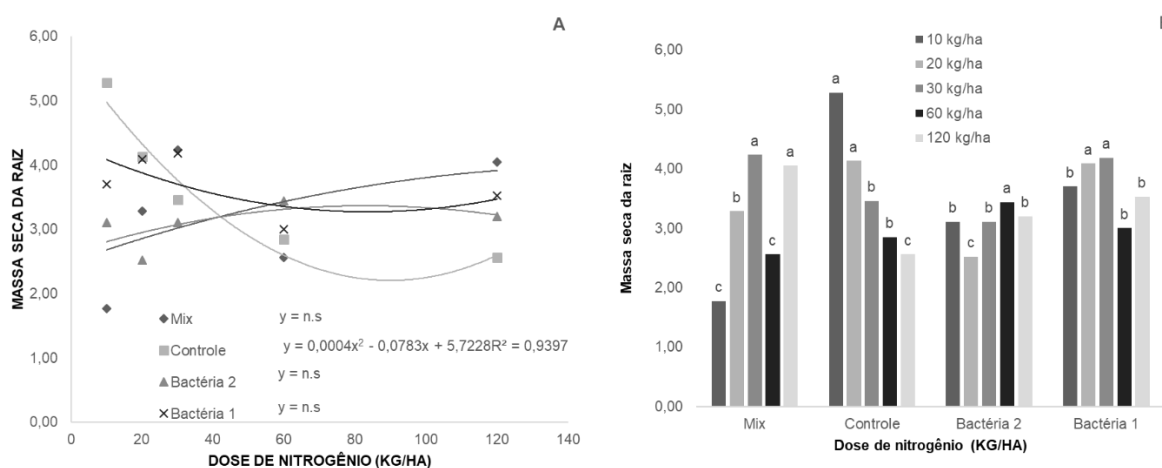


Figura 5. Massa seca de raiz de feijão-caupi em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e a diferentes estirpes bacterianas (B). Letras minúsculas iguais comparando os tratamentos dentro da mesma dose de nitrogênio não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Juazeiro-BA, 2024.

Analisando os tratamentos bacterianos dentro das dosagens de N, foi observada diferença significativa em todos os casos na variável massa seca de raiz (Figura 5B). O não uso de isolados nas menores dosagens de 10 e 20 kg ha⁻¹, obtiveram os melhores resultados, enquanto que o mix de bactérias ao utilizar as doses de 30 e 120 kg ha⁻¹, respectivamente, aumentaram os valores da matéria seca, embora, na dosagem de 30 kg ha⁻¹, o mix não difira da bactéria 1 (Figura 5B).

Analisando o sistema de plantio direto e a nutrição com nitrogênio em plantas de feijão-comum, Soratto *et al.* (2014) afirmam que a aplicação de nitrogênio exerce uma influência significativa na produção de matéria seca, além disso, quando aumentado seu teor no solo, promove uma maior absorção desse macronutriente, resultando em um incremento na produção de massa seca das raízes. Em consonância, percebe-se que os resultados obtidos neste estudo também corroboram as conclusões de Chidi (1999), que ao trabalhar com diferentes formas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado,

também observou um aumento na matéria seca das raízes com a aplicação de nitrogênio via solo.

Hara *et al.* (2021) não verificaram influência de diferentes isolados de rizóbios em feijão caupi na matéria seca da raiz. Por outro lado, Santos *et al.* (2024), utilizando dois genótipos de feijão-caupi inoculado com a estirpe BR 3262, encontraram incremento significativo sobre essa variável.

A bactéria ESA 380 e o mix de isolados não se ajustaram aos modelos matemáticos para o peso de 100 grãos, no entanto, verifica-se que as plantas que não foram submetidas à inoculação, mostraram resposta crescente até uma dosagem máxima de 59,06 kg ha⁻¹, com peso de 100 grãos de 7,34 g, a partir daí, houve um notável decréscimo no peso dos grãos (Figura 6A). O inverso ocorre na bactéria BR 3262, a qual demonstra um comportamento de declínio do peso dos grãos até próximo da dosagem de 60 kg ha⁻¹, seguido por um acréscimo máximo na dosagem de 120 kg ha⁻¹ (Figura 6A).

O peso de 100 grãos só obteve influência significativa para as dosagens de 30 e 120 kg ha⁻¹, os quais o mix e a bactéria ESA 380 obtiveram os melhores resultados dentro da dosagem com 30 kg ha⁻¹, e o controle obteve o pior desempenho dentro da dosagem de 120 kg ha⁻¹ (Figura 6B).

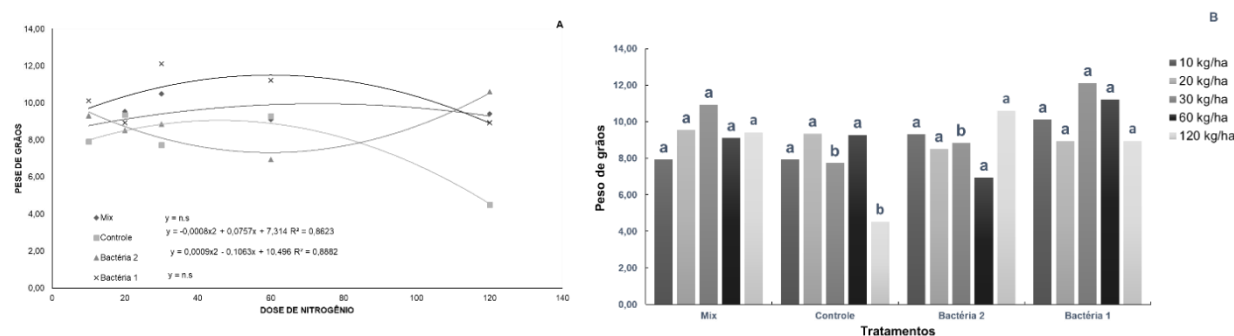


Figura 5. Peso de 100 grãos de feijão-caupi em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e de diferentes estirpes bacterianas (B). Letras minúsculas iguais comparando os tratamentos dentro da mesma dose de nitrogênio não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Juazeiro-BA, 2024.

Santana *et al.* (2020) ao trabalharem com doses de nitrogênio e boro em feijão caupi, observaram maiores médias de massa para 100 grãos com a aplicação de 150 kg de nitrogênio por hectare. Já Oliveira (2021) ao estudar doses de nitrogênio em diferentes cultivares de feijoeiro, descreve que a maior média para esta variável foi de 180 kg por hectare, onde, o tipo de cultivar não influenciou nas médias obtidas. Em contraste, Guimarães *et al.* (2017) afirmam que doses superiores a 86,75 kg de nitrogênio por hectare não apresentam efeito significativo no aumento da massa de 100 grãos.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o uso combinado de inoculantes e doses moderadas de N pode reduzir custos de adubação e impactos ambientais no cultivo do feijão-caupi.

A inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*, aliada a doses moderadas de nitrogênio, mostrou-se eficaz em promover a nodulação do feijão-de-corda, especialmente com a dose de 20 kg ha⁻¹ de N. Doses elevadas de nitrogênio, contudo, resultaram na redução dos incrementos biométricos e produtivos, destacando assim, a necessidade de um manejo equilibrado para otimizar a fixação biológica de nitrogênio e reduzir o uso de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. F.; SIQUEIRA, T. da S.; SIMPLÍCIO, J. B.; SILVA, M. A. D. da. Caracteres biométricos de feijão-caupi submetido a diferentes doses de molibdênio inoculado com *Bradyrhizobium*. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [S.L.], v. 11, n. 31, p. 159-170, 23 dez. 2023. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/23178604113120234616>.
- AYALEW, T.; YOSEPH, T.; CADISCH, G. Symbiotic N₂ fixation in cowpea varieties is markedly enhanced by inoculation with elite *Bradyrhizobium* strains. **Rhizosphere**, [S.L.], v. 32, p. 100976, dez. 2024. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100976>.
- BANDEIRA, A. da S.; CAIRO, P. A. R.; VASCONCELOS, R. C. de; CARDOSO, A. D.; FILHO, M. N. de C.; AMARAL, M. C. A.; RIBEIRO, S. de O. Response of cowpea to inoculation with strains of *Bradyrhizobium spp.* and to nitrogen fertilizer under protected cultivation. **Nativa**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 336-342, 1 jul. 2019. Nativa. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6606>.
- BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras Para Análise de Sementes**: 1ª ed. Brasília: MAPA, 2009. 398 p.
- CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, A. G.; DINIZ, 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 - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, [S.L.], v. 60, n. 1, p. 38-44, 2017. Editora Cubo. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2170>.
- CAVALCANTI, F. J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2a. aproximação. 3.ed. rev. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 2008. 212 p.
- CHAGAS, L. F. B.; JÚNIOR, A. F. C.; CARVALHO, M. R. de; MILLER, L. de O.; COLONIA, B. S. O. Evaluation of the phosphate solubilization potential of *Trichoderma strains* (trichoplus jco) and effects on rice biomass. **Journal Of Soil Science And Plant Nutrition**, [S.L.], n. , p. 0, 2015. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-95162015005000054>.

CHIDI, S. N. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura e diferentes concentrações de uréia via foliar.** 1999. Monografia (Trabalho de graduação) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 1999.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/2023, n. 12, décimo segundo levantamento, set. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>>. Acesso em: 20 jun. 2024.

COSTA, M. M. M. N. **Fixação biológica de nitrogênio: uma revisão.** Documentos 293, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2023.

DAMASIO, A. B. N.; CUNHA, C. E. S.; SANTANA, G. G.; SILVA, L. M.; LOBATO, D. T. C. Efeito de diferentes doses de inoculante à base de *bradyrhizobium* spp. Na cultura da soja. **Revista Novos Desafios**, v. 5, n.2, p. 65-76. 2025.
<http://doi.org/10.5281/zenodo.17257846>.

FRANCISCON, H.; WEBER, P.; ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. P.; RAMPIM, L.; YASSUE, R. M. Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agronomic Sciences, Umuarama**, v. 3, p. 222-235, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI:
<http://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

GUERRA, A. M. N. de M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B. dos. Parcelamento de doses de K₂O sobre a produção de feijão-caupi. **Scientia Plena**, [S.L.], v. 16, n. 8, p. 1-9, 25 set. 2020. Associação Sergipana de Ciência. DOI:
<http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2020.089901>.

GUIMARÃES, R. A. M.; BRAZ, A. J. B. P.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B.; BRAZ, G. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 136-148, 2017.

HARA, F. A. S.; da SILVA LOPES, S. K.; da SILVA, T. S. B.; VENDRUSCOLO, J.; da SILVA MENDES, A. M.; INÁCIO, A. C. F.; de SOUZA, L. C. C. Avaliação de isolados de rizóbios tolerantes a acidez in vitro na simbiose com feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) em Latossolo Amarelo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e12210313165, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13165>.

JESUS, C. M. de.; SILVA, J. F.; PAIVA, T. S. S.; SOUZA, F. G.; MELO, D. D.; SANTOS, R. K. A. Adubação nitrogenada e estirpes de rizóbios eficientes no desenvolvimento e

produtividade do feijão-caupi. **HOLOS**, v. 7, e10538, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10pts.15628/holos.2023.10538>.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 567-573, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1415-43662014000600001>.

MESQUITA, A. C.; SILVA, K. E. dos S.; MARTINS, L. M. V.; CONCEIÇÃO, P. B. da; CARVALHO, R. N. de. Feijão caupi inoculado com bactérias associadas à adubação nitrogenada no metabolismo e crescimento da planta. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences-Zenodo**, [S.L.], v. 66, p. 1-13, 12 dez. 2023. Zenodo. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.10367599>.

MORINISHI, C. T. Potenciais inoculantes de bactérias diazotróficas em *Hibiscus sabdariffa* L. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 12, n. 3, p. e5412340093, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i3.40093>.

MUNIZ, A. W.; OLIVEIRA, I. J. DE; SÁ, E. L. S DE. **Inoculação de rizóbio em feijão-caupi cultivado no sistema de plantio direto no estado do Amazonas**. Circular Técnica n. 87, EMBRAPA, nov. 2022.

OLIVEIRA, N. H. C. **Resposta de cultivares de feijoeiro de ciclo precoce com grãos cariocas, preto e rajado à adubação nitrogenada em cobertura**. 2021. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, 2021.

ROCHA, T. T. T. da; CARVALHO, A. J. E. de; LEMOS, J. P.; SILVA, I. R. da; SANTOS, É. P. dos; LIMA, I. M. de. Resposta do sistema radicular do feijoeiro-comum à inoculação alternativa com estirpes rizobianas. In: XXV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXI Encontro Latino Americano De Pós-graduação, XI Encontro de Iniciação à Docência, 2021, São José dos Campos, SP. **Resumos**. São José dos Campos: UNIVAP, 2021.

SANTANA, I. O. **Produção de feijão-de-corda sob diferentes doses de nitrogênio aliado à aplicação de boro**. ACSA, Patos-PB, v.16, n.2, p.75-80, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i2.1228>.

SANTOS, K. C. dos; UCHÔA, S. C. P.; V. F. M.; ALVES, J. M. A.; ROCHA, P. R. R.; XIMENES, C. K. dos S. Inoculação com *Bradyrhizobium* e adubação nitrogenada em feijão-caupi cultivado em diferentes solos. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 8, n. 3, p. 306-317, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i3.469>.

SANTOS, J. W. M. D.; MARIN, A. M. P.; LEITE, J.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, P. R. D. A.; FERNANDES, P. I. Does the *Bradyrhizobium pachyrhizi* BR 3262 elite strain overcome the native established soil rhizobial population on cowpea nodules

occupation? **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, e79675, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632024v5479675>.

SANTOS, L. S. dos; SANTOS, T. A. dos; MATTAR, E. P. L.; CRUZ, L. R. da; SIVIERO, A. Eficiência agronômica de *Bradyrhizobium* inoculado em feijão-caupi sob cultivo em praia na Amazônia Ocidental. In: V Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 2019, Fortaleza. **Anais e proceedings: anais**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará: Embrapa Meio-Norte, 2019.

SOUZA, J. da S.; MARTINS, A. F.; PEDROSA, L. M. Importância de bactérias fixadoras de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi *Vigna unguiculata* L. (Walp). **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 9, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/14920211456>.

SORATTO, R. P.; PEREZ, A. A. G.; FERNANDES, A. M. Age of No-Till System and Nitrogen Management on Common Bean Nutrition and Yield. **Agronomy Journal**, [S.L.], v. 106, n. 3, p. 809-820, maio 2014. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj13.0439>.

VIÇOSI, K. A; PELÁ, A. Doses de nitrogênio em cobertura e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n. 3, p. 326, 2020. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n3p326-336>.

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