

Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* associada à adubação nitrogenada na produção do feijão-caupi em solo florestal

Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* associated with nitrogen fertilization in cowpea production in forest soil

Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* asociada a fertilización nitrogenada en producción de caupí en suelo forestal

Recebido: 25/06/2022 | Revisado: 04/07/2022 | Aceito: 07/07/2022 | Publicado: 16/07/2022

Flaviana Gonçalves da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7262-0079>
Universidade Federal do Amapá, Brasil
E-mail: flaviana@unifap.br

Janivan Fernandes Suassuna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8768-0261>
Universidade Federal do Amapá, Brasil
E-mail: suassunajf@gmail.com

Janilson Moraes de Leão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1027-7869>
Universidade Federal do Amapá, Brasil
E-mail: janilsonmoraes18@gmail.com

Delciane Silva da Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8486-3801>
Universidade Federal do Amapá, Brasil
E-mail: delciansilva2015@outlook.com

Delcivane Silva da Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3977-2310>
Universidade Federal do Amapá, Brasil
E-mail: silvadelcivane@gmail.com

Joáz Brazão Vaz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4124-8470>
Universidade Federal do Amapá, Brasil
E-mail: joazvaz@gmail.com

Resumo

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma leguminosa com rendimento produtivo baixo no estado do Amapá, relacionado ao manejo nutricional inadequado, podendo ser otimizado o cultivo pela inoculação das sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção do feijão-caupi inoculado com *Bradyrhizobium japonicum* associada à adubação nitrogenada cultivado em solo florestal no município de Mazagão, estado do Amapá. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Amapá, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito tratamentos, três repetições e duas unidades experimentais por parcela, constituídos dos genótipos de feijão-caupi ('Branquinho' e 'Sempre Verde') e quatro formas de manejo nutricional (I - inoculação bacteriana (*B. japonicum*, estirpes semia 5079 e semia 5080) nas sementes; N - adubação nitrogenada (ureia); I + N - inoculante bacteriano associado à adubação nitrogenada e T - Testemunha, sem inoculação de sementes e sem adubação nitrogenada). Foi avaliado o crescimento das plantas e a produção, sendo os dados submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade e teste Tukey ($p < 0,05$). O genótipo de feijão-caupi 'Branquinho' expressou maior crescimento vegetativo e maior produção, sendo que a inoculação com *B. japonicum* nas sementes aumentou significativamente a massa de 100 sementes do genótipo Branquinho, com média de 22, 29 g/100 sementes, o que equivale a um percentual de 12,44% maior que a testemunha. Este resultado confirma aumento da produção e no tamanho das sementes, constituindo-se, pois, em uma alternativa vantajosa para uso pelos agricultores familiares amapaenses, além de dispensar a adubação nitrogenada.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; Fixação biológica de nitrogênio; Bactérias diazotróficas; Genótipos regionais.

Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) is a legume with low yield in the Amapá state, related to inadequate nutritional management, and cultivation can be optimized by inoculating the seeds with nitrogen-fixing bacteria. Thus, the objective was to evaluate the growth and production of cowpea inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* associated with nitrogen fertilization cultivated in forest soil in the municipality of Mazagão, state of Amapá. The experiment

was carried out at the Federal University of Amapá, with a completely randomized design, with eight treatments, three replications and two experimental units per plot, consisting of cowpea genotypes ('Branquinho' and 'Sempre Verde') and four forms of nutritional management (I - bacterial inoculation (*B. japonicum*, strains semia 5079 and semia 5080) in the seeds; N - nitrogen fertilization (urea); I + N - bacterial inoculant associated with nitrogen fertilization and T - Control, without seed inoculation and without nitrogen fertilization). Plant growth and production were evaluated, and the data were subjected to analysis of variance by the F test up to 5% probability and Tukey test ($p < 0.05$). Of cowpea 'Branquinho' expressed greater vegetative growth and greater production, and inoculation with *B. japonicum* in the seeds significantly increased the mass of 100 seeds of the Branquinho genotype, with an average of 22.29 g/100 seeds, which is equivalent to a percentage of 12.44% higher than the control. This result confirms an increase in production and seed size, constituting, therefore, an advantageous alternative for use by family farmers in Amapá, in addition to dispensing with nitrogen fertilization.

Keywords: *Vigna unguiculata*; Biological nitrogen fixation; Diazotrophic bacteria; Regional genotypes.

Resumen

El caupí (*Vigna unguiculata* L.) es una leguminosa de bajo rendimiento en el estado de Amapá, relacionado con un manejo nutricional inadecuado, y el cultivo puede optimizarse inoculando las semillas con bacterias fijadoras de nitrógeno. Así, el objetivo fue evaluar el crecimiento y la producción de caupí inoculado con *Bradyrhizobium japonicum* asociado a fertilización nitrogenada cultivado en suelo forestal en el municipio de Mazagão, estado de Amapá. El experimento se realizó en la Universidad Federal do Amapá, con un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos, tres repeticiones y dos unidades experimentales por parcela, constituido por genotipos de caupí ('Branquinho' y 'Sempre Verde') y cuatro formas de manejo nutricional (I - inoculación bacteriana (*B. japonicum*, cepas semia 5079 y semia 5080) en las semillas; N - fertilización nitrogenada (urea); I + N - inoculante bacteriano asociado a fertilización nitrogenada y T - Testigo, sin inoculación en semilla y sin fertilización nitrogenada). Fueron evaluados el crecimiento y la producción de las plantas, y los datos fueron sometidos a análisis de varianza por la prueba F hasta 5% de probabilidad y prueba de Tukey ($p < 0,05$). de caupí 'Branquinho' expresó mayor crecimiento vegetativo y mayor producción, y la inoculación con *B. japonicum* en las semillas incrementó significativamente la masa de 100 semillas del genotipo Branquinho, con un promedio de 22,29 g/100 semillas, lo que equivale a un porcentaje de 12,44%. superior al control. Este resultado confirma un aumento en la producción y el tamaño de la semilla, constituyendo, por tanto, una alternativa ventajosa para el uso de los agricultores familiares de Amapá, además de prescindir de la fertilización nitrogenada.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*; Fijación biológica de nitrógeno; Bacterias diazotróficas; Genotipos regionales.

1. Introdução

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é uma das principais culturas produzidas mundialmente, sendo uma leguminosa importante no Brasil e em vários outros países (Vale et al., 2017). O Brasil é considerado o terceiro maior produtor mundial de feijão, com uma produção de 637,7 mil toneladas de feijão-caupi na safra 2018/2019, em uma área de 1.276,2 mil hectares, o que representa quase a metade (43,5%) do total da área plantada com feijão no Brasil (Conab, 2020).

A região do Nordeste brasileiro lidera a produção nacional de feijão-caupi, com uma produção de 409,3 mil t, seguida pelo Centro-Oeste com 155,3 mil t, Norte com 64 mil t e Sudeste com 9,1 mil t (Conab, 2020). As regiões Nordeste e Norte são responsáveis por mais de 75% da produção nacional, o que está alinhado ao hábito de consumo da população destas regiões, sendo a principal cultura de subsistência no semiárido do Nordeste, como também em áreas isoladas da Amazônia, principalmente em locais onde se instalaram imigrantes nordestinos (Cavalcante, 2017; Hara et al., 2021).

No estado do Amapá, o plantio do feijão-caupi ainda é bastante incipiente, cultivado por pequenos agricultores, visando o abastecimento familiar e das feiras municipais, o que denota a importância da espécie como uma das principais fontes de proteínas de baixo custo para alimentação humana (Cavalcante, 2011). Na área rural do Amapá, o feijão-caupi possui uma baixa produtividade, em decorrência de problemas de fertilidade e acidificação dos solos agrícolas; assim, tem-se buscado fazer correções do solo, aumentando os custos de produção, além do uso de fertilizantes químicos, que utilizados de maneira incorreta, podem causar danos ao meio ambiente (Melo, 2017).

Existe a necessidade de comprovar e disseminar a utilização de técnicas alternativas de manejo e de fertilização dos solos, sendo a inoculação microbiana, uma alternativa que pode maximizar a produção e minimizar os custos de produção da cultura, contribuindo com o equilíbrio ambiental. Em vários estados do Brasil, especialmente das regiões Sudeste, Centro-

Oeste e Sul observa-se o uso de inoculantes bacterianos em diferentes culturas agrícolas, principalmente em soja e feijão, o que contribui efetivamente com o rendimento produtivo e econômico destas culturas. No entanto, ressalta-se a escassez de informações a esse respeito, sobretudo para o feijão-caupi no estado do Amapá, com variedades regionais, necessitando-se de pesquisas que possam contribuir com o manejo dessa cultura por meio do aporte de conhecimento produzido e comprovado localmente.

Portanto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar o crescimento e a produção do feijão-caupi sob inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* associada à adubação nitrogenada cultivado em solo florestal.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi conduzida entre janeiro e abril de 2020 em casa de vegetação na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), *Campus* Mazagão, localizado no município de Mazagão, Amapá, que está situada sob coordenadas geográficas 00°06'54''S de latitude e 51°17'22''W de longitude, sendo o clima da região do tipo Af, segundo classificação de Köppen (Peel et al., 2007).

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi desenvolvido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito tratamentos, três repetições e duas unidades experimentais por parcela, constituídos da combinação dos genótipos regionais de feijão-caupi ('Branquinho' e 'Sempre Verde') obtidos de agricultor local e quatro formas de manejo nutricional (I - inoculação bacteriana (*Bradyrhizobium japonicum*, estirpes semia 5079 e semia 5080) nas sementes; N – Adubação nitrogenada; I + N – Inoculação bacteriana associada à adubação nitrogenada); e, T – Testemunha, sem inoculação de sementes e sem adubação nitrogenada.

2.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em vasos de 18 dm³ de capacidade, preenchidos com solo de textura franco-arenosa, retirado na profundidade de 0-20 cm de uma área agricultável no distrito do Carvão, pertencente ao município de Mazagão, Amapá. Após a coleta do solo, uma amostra foi levada ao laboratório da Embrapa Amapá para ser feita análise físico-química, cujo resultado da análise encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento.

pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC (pH7,0)	V	m
H ₂ O	g/Kg	mg/dm ³	cmol _c /dm ³							%	
5,8	22,07	39	0,02	5,8	5,3	0,0	3,2	5,8	9,0	64	0

Prot.= identificação da amostra, pH= potencial hidrogeniônico, MO= matéria orgânica, P= fósforo disponível, K⁺=potássio disponível, Ca²⁺+ Mg²⁺= cálcio e magnésio, Ca²⁺=cálcio, Al³⁺= alumínio, H⁺+Al³⁺= acidez potencial, SB=soma de base, CTC= capacidade de troca catiônica efetiva, V= saturação por base, m=saturação por Al³⁺. Fonte: Laboratório de solo da Embrapa do Amapá.

Na parte inferior dos vasos foi colocado cascalho para drenagem, seguido de dois terços de solo peneirado, incorporando-se a adubação de fundação, sendo 2,6 g de cloreto de potássio (KCl 60% de K₂O), correspondendo à recomendação de 0,258 g por kg de solo, conforme Novais (1991). Após incorporação do fertilizante, o preenchimento dos recipientes aconteceu com o restante do solo, sendo a massa média de solo de 20 kg por vaso.

O potássio foi utilizado em uma única parcela, aplicado na semeadura de forma localizada em todos os vasos; Já o nitrogênio, que teve a ureia (45% de N) como fonte, foi colocado em duas parcelas, em cobertura, sendo 1,41 g do fertilizante diluído em 100 mL de água, aplicadas aos 12 e 27 dias após a semeadura (DAS). A adubação nitrogenada correspondeu à aplicação total de 2,82 g por kg de solo, conforme recomendação de Novais (1991).

Foram utilizadas sementes tradicionais de feijão-caupi cultivadas regionalmente por agricultores familiares, sendo os genótipos 1 'Branquinho' e genótipos 2 'Sempre Verde' disponibilizadas por agricultor familiar. Como inoculante, usou-se o produto comercial à base de *B. japonicum* composto pelas estirpes 5079 e 5080, registrado para a cultura da soja (*Glycine max*), de consistência sólido-turfoso, por não haver disponibilidade do inoculante registrado para a cultura do feijão no comércio local.

Antes da semeadura, as sementes foram separadas para inoculação e, em seguida, calculou-se e pesou-se a quantidade de sementes para cada tratamento, a fim de mensurar a quantidade necessária de inoculante a ser aplicada, conforme a recomendação de 80 g do inoculante para 50 g de sementes, de acordo com o fabricante que foi dissolvido em 1,4 mL de água destilada e misturado às sementes. O inoculante foi aplicado nas sementes de forma homogênea, deixando-as secar à sombra e em temperatura ambiente por 30 minutos; em seguida, 3 sementes foram semeadas em cada vaso, em profundidade de 2 cm, nos respectivos tratamentos de inoculação. Um dia antes da semeadura, o solo foi deixado em umidade próxima à capacidade de campo.

Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se uma por vaso até o final do ciclo. Os demais tratamentos culturais como irrigação, eliminação de plantas invasoras e manejo de pragas (com uso de produto alternativo- Óleo de Neen) foram realizados conforme necessidade. O monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar no ambiente foi feito com uso de um termohigrômetro, às 09h:00min da manhã.

2.4 Variáveis analisadas

Foram avaliadas as seguintes variáveis: taxa de crescimento da planta (número de folhas, área foliar, comprimento e diâmetro da haste principal), componentes de produção (número de vagens por planta, número de sementes por vagem, comprimento médio da vagem e massa de cem sementes) e produção por planta.

No período de janeiro a abril 2020, avaliou-se o crescimento das plantas aos 18 e aos 25 dias após semeadura (DAS), utilizando-se régua para medir o comprimento da haste principal (cm), medindo-se do coleto até o ápice e o número de folhas emitidas – NF, por meio da contagem de todas as folhas com pelo menos 40% de sua expansão; já o diâmetro da haste (DH) (mm), foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital, aferido próximo ao coleto.

A área foliar (AF) (cm²) foi estimada pelo método das dimensões lineares, por meio da equação 1:

$$AF = (C \times L) \times F \text{ Eq. 1}$$

Em que: AF= área foliar (cm²); C=comprimento do limbo foliar (cm); L= largura do limbo foliar (cm); F= fator de correção (0,7).

Com base nos dados primários de crescimento, foram obtidas as taxas de crescimento relativo (TCR) (Santos, 2018).

$$TCR = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1) \text{ Eq. 2}$$

Em que: P₂ = área foliar, diâmetro da haste, comprimento da haste, número de folhas obtidos aos 25 DAS; P₁ = área foliar, diâmetro da haste, comprimento da haste, número de folhas obtidos aos 18 DAS; ln = logaritmo neperiano; t₂– t₁= diferença ou intervalo de tempo entre duas amostragens (Santos, 2018).

Para avaliar os componentes da produção, foram contados os números de sementes por vagem (NSV), número de vagens por planta (NVP), comprimento médio da vagem (CMV) e massa de cem sementes (M100S). A M100S também foi obtida com uso de balança analítica de precisão. Depois que as sementes passaram pelo processo de secagem na estufa, foram escolhidas cem sementes aleatoriamente, sendo pesadas separadamente de cada tratamento e cada repetição, e feito a correção da massa para 13% de umidade com base na massa úmida. A produção foi calculada em função da medida da massa total de sementes que cada planta produziu.

2.5 Análise de dados

Os dados coletados foram digitalizados e organizados em planilhas do *Microsoft Excel* e, posteriormente, submetidos à análise de variância pelo teste 'F' até 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.1. Nos casos em que houve significância estatística pelo teste 'F', as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. Resultados e Discussão

De acordo com a caracterização química do solo florestal utilizado no experimento, o pH em água foi de 5,8, não sendo necessário fazer a correção da acidez do solo por atender à faixa de pH recomendada para a cultura do feijão. As variações médias dos dados de temperatura máxima (27,4 a 28,3 °C), temperatura mínima (26,5 a 27,4 °C) e umidade relativa do ar (79 a 90%) foram coletados entre os meses de realização da pesquisa. As leituras diárias resultaram em médias mensais e, de acordo com as informações coletadas, não houve variação expressiva nas médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar durante a condução experimental.

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do feijão-caupi é de 18 °C a 34 °C, sendo que a temperatura mínima suportada na fase de germinação varia de 8 °C a 11 °C e na fase da floração é de 8 °C a 10 °C, sendo temperaturas que possuem interferência no crescimento e desenvolvimento da cultura (Vale et al., 2017). Ressalta-se que o período de realização do experimento correspondeu à época típica de ocorrência de chuvas na localidade, o que tornou a temperatura favorável à cultura.

Para o crescimento das plantas, nos resultados da análise de variância (Tabela 2), foram observadas diferenças significativas aos 18 e 25 DAS em todas as variáveis analisadas, em função dos genótipos de feijão, enquanto que para as formas de manejo nutricional, não houve efeito estatístico significativo para as variáveis estudadas. Na interação entre genótipos e manejos nutricionais, houve diferença significativa apenas para o comprimento da haste, nos dois períodos de avaliação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o comprimento da haste (C. haste) (cm), diâmetro da haste (DH) (mm), número de folhas (NF) (und) e área foliar (AF) (cm²) em genótipos de feijão-caupi sob diferentes manejos nutricionais.

FV	GL	18 DAS - QUADRADOS MÉDIOS			
		C. Haste	DH	NF	AF
Genótipos (Gen.)	1	463,320**	0,683*	18,375**	44057,513*
Manejos (M)	3	2,592 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,027 ^{ns}	7917,708 ^{ns}
Gen. * M	3	39,859*	0,088 ^{ns}	0,069 ^{ns}	9204,900 ^{ns}
Resíduo	16	10,933	0,085	0,072	5394,046
Média Geral		24,939	3,847	2,916	390,854
CV (%)		13,26	7,59	9,26	18,79
		25 DAS - QUADRADOS MÉDIOS			
Genótipos (Gen.)	1	11301,360**	0,700*	173,343**	615509,30**
Manejos (M)	3	211,830 ^{ns}	0,228 ^{ns}	2,121 ^{ns}	88199,371 ^{ns}
Gen. * M	3	490,429*	0,040 ^{ns}	1,565 ^{ns}	187227,517 ^{ns}
Resíduo	16	104,717	0,143	1,031	71929,752
Média Geral		66,087	5,383	7,187	1436,445
CV (%)		15,48	7,04	14,13	18,67

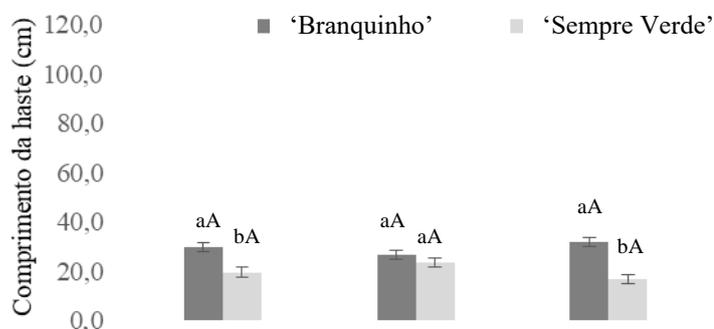
^{ns} = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; FV= Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; CV: Coeficiente de variação; DAS = dias após a semeadura. Fonte: Elaborada pelos autores.

Resultados divergentes desta pesquisa, foram encontrados por Silva (2018) em que, trabalhando com o desempenho morfofisiológico de cultivares de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e fontes de nitrogênio (inoculação com estirpe 6462, N-mineral, e matéria orgânica), observou efeito significativo entre cultivares para todas as variáveis estudadas aos 24 e 34 dias após semeadura (DAS), com exceção da área foliar, para a qual verificou-se diferença apenas para as cultivares aos 34 DAS.

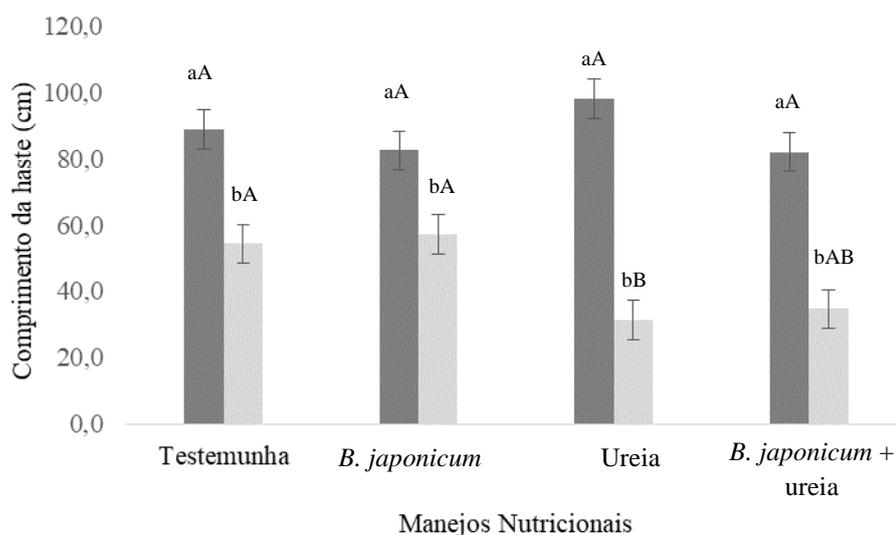
No desdobramento da interação entre genótipos e manejos nutricionais quanto ao comprimento da haste, houve interação significativa entre os fatores ($p < 0,05$) aos 18 e 25 dias após semeadura (DAS) (Figura 1). Nas avaliações de comprimento de haste, o genótipo Branquinho obteve aos 25 DAS, o maior comprimento em todos os manejos nutricionais adotados (Figura 1B), assim como aos 18 DAS, exceto no tratamento de inoculação das sementes com *B. japonicum*, em que ambos os genótipos foram iguais estatisticamente em relação ao comprimento da haste principal das plantas (Figura 1A).

Figura 1. Comprimento da haste principal de genótipos de feijão-caupi sob diferentes manejos nutricionais aos 18 (A) e 25 (B) dias após a semeadura.

A)



B)



Fonte: Autores.

Colunas com letras minúsculas diferentes em cada manejo nutricional indicam diferença significativa (teste 'F' $p < 0,05$) entre os genótipos; colunas com mesma letra maiúscula indicam não haver diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$) entre os manejos nutricionais para cada genótipo; barras nas colunas representam o erro padrão da média.

Esse resultado pode ser explicado pela diferença das características genéticas entre genótipos, que pode exercer influência na atividade da fixação biológica de nitrogênio, além das outras formas de manejo nutricional aplicadas nas plantas. O feijão 'Branquinho' também teve destaque na expressão de crescimento no tratamento testemunha (Figura 1B), sendo provável que a disponibilidade de matéria orgânica e presença de estirpes nativas de bactérias promotoras no solo utilizado, tenham contribuído para o desenvolvimento e crescimento das plantas, em especial para o comprimento da haste.

Além dos fatores genéticos da planta, podem ser destacadas também a genética dos microrganismos e a interação com a planta, o que pode influenciar na expressividade da atividade biológica do inoculante e desenvolvimento dos genótipos

cultivados. Deste modo, a seleção de genótipos pode influenciar no aproveitamento das entradas de nitrogênio nos sistemas agrícolas, por meio de bactérias fixadoras de nitrogênio que são introduzidas por inoculantes comerciais ou que vivem de forma natural nos solos agricultáveis (Cardoso et al., 2017).

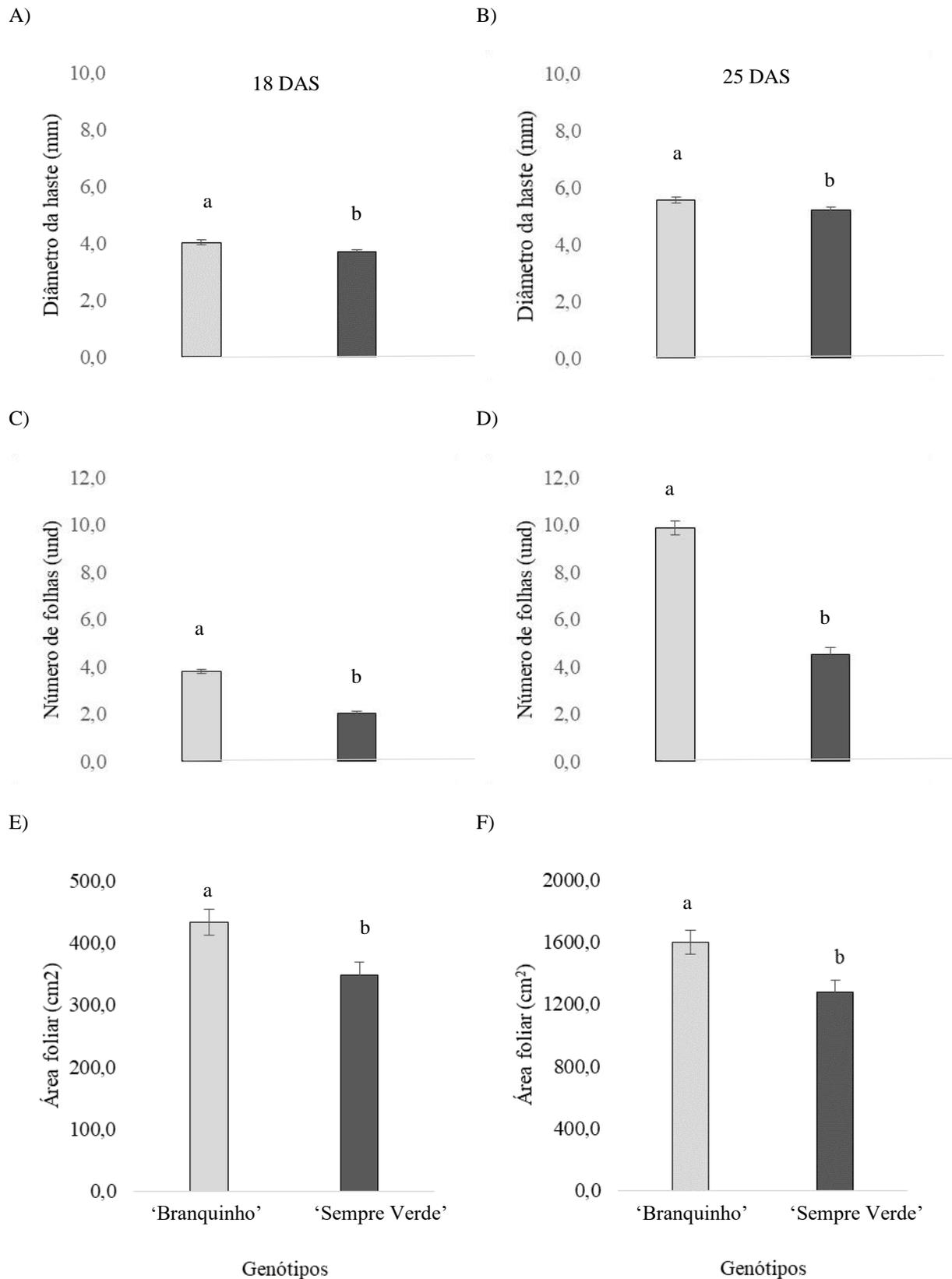
A atividade de fixação biológica de nitrogênio pode sofrer variação de acordo com os fatores biológicos, químicos e físicos do solo. Com isso, em algumas pesquisas é possível observar informações pertinentes, relacionando-as com o trabalho em questão. Na pesquisa de Xavier et al. (2008), observou-se que o tratamento sem inoculação também expressou um desenvolvimento significativo do feijão-caupi, indicando a presença de bactérias nativas no solo capazes de nodular a planta. Souza et al. (2018), estudando resposta do feijão-caupi à inoculação de *B. japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo, observaram diferença significativa entre as cultivares de feijão-caupi em relação ao comprimento da haste, apresentando valores maiores apenas quando utilizou o tratamento com adubação nitrogenada.

A altura da planta é uma característica de suma importância no processo da colheita mecanizada; plantas mais altas terão vagens mais altas e assim evita-se perda das vagens no momento da colheita do feijão-caupi. Públio Júnior et al. (2017), trabalhando com características de genótipos de feijão-caupi no Sudoeste da Bahia, obtiveram médias gerais da altura de 41, 98 cm em 63 dias após a semeadura, o que é visível observar que foram médias inferiores a este trabalho, comparando aos 25 DAS em que o genótipo Branquinho teve maior comprimento da haste.

Estudando-se os dois genótipos de feijão-caupi isoladamente, percebeu-se que o genótipo Branquinho teve o maior crescimento em diâmetro da haste principal, número de folhas e área foliar aos 18 e 25 DAS. Com diâmetro da haste maior no genótipo Branquinho com 8,4 e 6,1% em comparação ao 'Sempre Verde' aos 18 e 25 DAS, respectivamente (Figura 2A e 2B). Com relação ao número de folhas, o genótipo Branquinho apresentou-se com 46,1% de folhas a mais que o 'Sempre Verde', aos 18 DAS (Figura 2C), e aos 25 DAS, o 'Branquinho', continuou com maior número de folhas (54,4%) obtiveram as maiores médias em relação ao genótipo Sempre Verde, superando-o em 19,7% (Figura 2E) e 20% (Figura 2F). Tais resultados podem estar relacionados às características genéticas do genótipo (Silva, 2018).

Ressalta-se que, quanto maior for o diâmetro da haste das plantas de feijão-caupi, maior será a resistência ao acamamento, evitando o tombamento da mesma (Bezerra et al., 2012). Em trabalhos desenvolvidos por Simplício et al. (2016) e Silva (2018) foi constatado que os tratamentos aplicados (inoculação com estirpe 6462, adubação mineral na forma de amônia, e matéria orgânica da mata) não influenciaram o diâmetro da haste, número de folha e área foliar em cada cultivar, ocorrendo variações em função do fator genético.

Figura 2. Diâmetro da haste principal (A e B), número de folhas (C e D) e área foliar (E e F) de genótipos de feijão-caupi aos 18 (A, C e E) e aos 25 dias após a semeadura (B, D e F).



DAS = dias após a semeadura; colunas com letras diferentes indicam diferença significativa (teste 'F' $p < 0,05$) entre os genótipos; barras nas colunas representam o erro padrão da média. Fonte: Elaborado pelos autores.

O número de folhas pode afetar diretamente o desenvolvimento, crescimento e rendimento produtivo das plantas, assim como a área foliar. As folhas são órgãos fotossintéticos, que se responsabilizam pela formação de fotoassimilados durante o processo de fotossíntese nas plantas, sendo que quanto maior for o desenvolvimento foliar, maior será a alocação de carboidratos durante essa atividade fisiológica (Andrade et al., 2005).

No resumo da análise de variância em relação à taxa de crescimento relativo da haste, diâmetro da haste, número de folhas e área foliar, aos 18 e 25 DAS (Tabela 3), observou-se que houve diferença significativa para os genótipos em relação a taxa de crescimento relativo no comprimento da haste e número de folhas. Também ocorreu interação significativa entre os fatores dos genótipos e manejos nutricionais com relação à taxa de crescimento relativo em área foliar. Quanto ao fator isolado, para os manejos nutricionais não houve efeito significativo para as variáveis analisadas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em comprimento da haste (TCRH) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em diâmetro da haste (TCRDH) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em número de folhas (TCRNF) (und) e em área foliar (TCRAF) ($\text{cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), aos 18 e 25 dias após semeadura (DAS) em genótipos de feijão-caupi sob diferentes manejos nutricionais.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		TCRH	TCRDH	TCRNF	TCRAF
Genótipos (Gen.)	1	0,0166**	0,00006 ^{ns}	0,0030**	1,04166666-E0008 ^{ns}
Manejos (M)	3	0,0011 ^{ns}	0,00006 ^{ns}	0,00072 ^{ns}	0,00025 ^{ns}
Gen. * M	3	0,00094 ^{ns}	0,00011 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,00069*
Resíduo	16	0,00079	0,00010	0,00024	0,00020
Média Geral		0,1305	0,0480	0,1241	7,80
CV (%)		21,58	21,46	12,61	0,1854

^{ns} = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; FV= Fonte de variação; GL= Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; DAS = dias após a semeadura. Fonte: Elaborada pelos autores.

Na comparação de médias para o desdobramento da interação entre os genótipos e manejos nutricionais para a taxa de crescimento relativo no número de folhas (Tabela 4), observou-se diferença apenas para o tratamento de inoculação das sementes com *B. japonicum* no genótipo 1 (Branquinho) com maior taxa de crescimento relativo no número de folhas com valor de 0,1571 ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$).

Tabela 4. Comparação de médias das taxas de crescimento relativo em comprimento da haste (TCRH) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em diâmetro da haste (TCRDH) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em número de folhas (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em área foliar (TCRAF) ($\text{cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), dos 18 aos 25 dias após semeadura (DAS) em genótipos de feijão-caupi sob diferentes manejos nutricionais.

MANEJOS NUTRICIONAIS	MÉDIAS							
	TCRH		TCRDH		TCRNF		TCRAF	
	G ₁	G ₂	G ₁	G ₂	G ₁	G ₂	G ₁	G ₂
Testemunha	0,1449 ^{aA}	0,083 ^{bA}	0,0407 ^{aA}	0,0481 ^{aA}	0,1181 ^{aB}	0,1046 ^{aA}	0,1772 ^{bA}	0,2031 ^{aA}
<i>B. japonicum</i>	0,1724 ^{aA}	0,1167 ^{bA}	0,0468 ^{aA}	0,0545 ^{aA}	0,1571 ^{aA}	0,1133 ^{bA}	0,1991 ^{aA}	0,1832 ^{aA}
Ureia	0,1625 ^{aA}	0,086 ^{bA}	0,0468 ^{aA}	0,0549 ^{aA}	0,1441 ^{aAB}	0,1183 ^{aA}	0,1924 ^{aA}	0,1732 ^{aA}
<i>B. japonicum</i> + Ureia	0,1477 ^{aA}	0,1305 ^{aA}	0,0510 ^{aA}	0,0415 ^{aA}	0,1223 ^{aAB}	0,1152 ^{aA}	0,1728 ^{aA}	0,1819 ^{aA}
	e.p.m. = 0,016 D.M.S. = 0,065		e.p.m. = 0,0059 D.M.S. = 0,024		e.p.m. = 0,009 D.M.S. = 0,036		e.p.m. = 0,0083 D.M.S. = 0,033	

G₁ = Genótipo ‘Branquinho’; G₂ = Genótipo ‘Sempre Verde’; e.p.m. = erro padrão da média; D.M.S. = diferença mínima significativa; médias com mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$) quanto aos manejos nutricionais e genótipos de feijão-caupi, respectivamente. Fonte: Elaborada pelos autores.

Entre os genótipos, observou-se diferença significativa no crescimento relativo em comprimento da haste para os tratamentos aplicados, indicando o ‘Branquinho’ com os valores mais expressivos, sendo apenas iguais no fornecimento da inoculação + ureia. O genótipo branquinho também teve maior TCRNF quando inoculado, enquanto que para a taxa de crescimento relativo em área foliar, no genótipo 2 (Sempre Verde) ocorreu uma maior taxa de crescimento com (0,2031 cm dia^{-1}) no tratamento testemunha. Observou-se, ainda, que o ‘Sempre Verde’ teve maiores valores na TCRDH, exceto no manejo da inoculação + ureia, mesmo não tendo diferença significativa. A taxa de crescimento relativo (TCR) é uma das variáveis mais adequadas para avaliação do crescimento vegetal, que expressa o que a planta desenvolve por dia em um intervalo de tempo, evidenciando o crescimento de forma mais precisa do vegetal Cairo et al., 2008; Araújo et al., 2014).

Observa-se diferença significativa entre genótipos, para as variáveis número de vagens por planta (NVP), comprimento médio da vagens (CMV), e número de sementes por vagem (NSV) (Tabela 5). Notou-se maior NVP no genótipo Branquinho atingindo uma média de 13,1250 vagens por planta, equivalente a uma superioridade de 41,58% em relação ao ‘Sempre Verde’. Já nas variáveis CMV e NSV obteve-se maiores valores no genótipo Sempre Verde, chegando-se a uma média de 20,1037 cm (CMV), correspondente a 27,65% maior e média de 13, 2415 sementes (NSV) o que equivale a 35,10% de superioridade em comparação ao genótipo Branquinho.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para o número de vagens por planta (NVP) (und), comprimento médio da vagem (CMV) (cm) e número de sementes por vagem (NSV) (und) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes manejos nutricionais.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		NVP ¹	CMV	NSV
Genótipos (Gen.)	1	4,2599**	185,4699**	129,6448**
Manejos (M)	3	0,0760 ^{ns}	1,0806 ^{ns}	4,6311 ^{ns}
Gen. * M	3	0,2490 ^{ns}	0,5848 ^{ns}	2,3609 ^{ns}
Resíduo	16	0,2729	1,3289	1,9640
Média Geral		3,1616	17,3238	10,9173
CV (%)		16,52	6,65	12,84

GENÓTIPOS	MÉDIAS		
‘Branquinho’	13,1250 a	14,5439 b	8,5931 b
‘Sempre Verde’	7,6666 b	20,1037 a	13,2415 a
d.m.s.	3,0623	0,9976	1,2128
e.p.m.	1,0214	0,3327	0,4045

MANEJOS	MÉDIAS		
Testemunha	9,91666 A	16,7777 A	10,5383 A
<i>B. japonicum</i>	11,5000 A	17,4707 A	11,6833 A
Ureia	10,0833 A	17,2581 A	9,85481 A
<i>B. japonicum</i> + Ureia	10,0833 A	17,7888 A	11,5927 A
d.m.s.	5,8467	1,9048	2,3156
e.p.m.	1,444	0,4706	0,5721

^{ns} e ** = não significativo e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste ‘F’; ¹ = dados transformados em raiz quadrada; d.m.s. = diferença mínima significativa; e.p.m. = erro padrão da média; médias com mesma letra minúscula ou maiúscula nas colunas não diferem entre si (teste ‘F’ e Tukey, p<0,05) quanto aos genótipos de feijão-caupi e quanto aos manejos nutricionais, respectivamente. Fonte: Elaborada pelos autores.

A diferença significativa das variáveis estudadas pode estar relacionada às características genéticas dos genótipos (Tabela 5). Ressalte-se que maior comprimento de vagem pode significar quantidade maior de sementes, assim destacando-se o genótipo Sempre Verde com maior número de sementes por vagem; foi observado também, que os manejos nutricionais não diferiram estatisticamente, porém têm-se notado valores médios mais expressivos no NVP (11,5000 und) e NSV (11,6833 und) nas plantas inoculadas com *B. japonicum*, e o CMV foi mais expressivo (17,7888 cm) com *B. japonicum* + ureia.

Resultados semelhantes aos deste trabalho foram observados por Públio Júnior et al. (2017), que encontraram valores com maiores médias (12 vagens por planta), 20,53 cm no comprimento de vagem e 13 sementes por vagem, no Sudeste da Bahia. Diversos estudos avaliando o NVP, CMV e NSV de feijão-caupi foram realizados por vários autores (Souza et al., 2007; Silva et al., 2011; Santos et al., 2012), constatando-se a importância destes componentes de produção. Estes autores relatam que o número de vagens por planta é uma variável considerada na seleção de maior produtividade, em que quanto maior for o número de vagens, maior será o rendimento de grãos.

No que se refere ao comprimento de vagem, é uma característica desejada e vantajosa para a colheita manual que as vagens sejam grandes, o que proporciona um maior número de grãos por vagem; todavia, para o aspecto da estrutura da planta, convém-se que as vagens sejam menores, pois vagens menores com menor número de grãos, e leves, permitem melhor sustentação a planta, evita a quebra do pedúnculo e tombamento. Sendo de menor comprimento, as vagens não encostam no

solo e reduz a ocorrência de apodrecimento; no entanto, os consumidores preferem vagens compridas e robustas por apresentarem maior rendimento. Ferreira et al. (2015), estudando fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de feijão-caupi, observaram diferença significativa entre genótipos na produtividade, igualmente ao presente trabalho, que foi significativo entre os genótipos para esta variável.

Para a produção e massa de cem sementes, verificou-se efeito significativo a 5% e a 1% entre os genótipos. Quanto à massa de cem sementes, notou-se diferença significativa a 5% entre os manejos nutricionais, não havendo efeito significativo na interação entre genótipos e manejos nutricionais (Tabela 06).

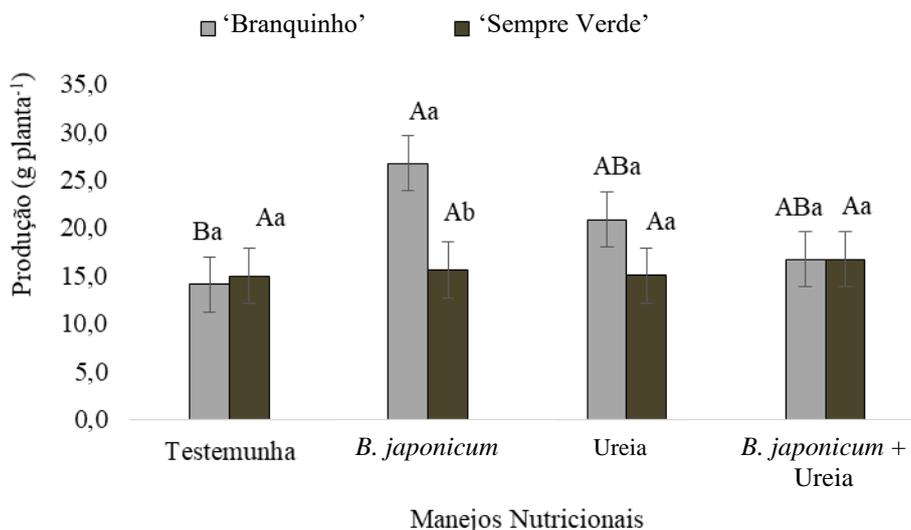
Tabela 6. Resumo da análise de variância para a produção (PROD) (g planta⁻¹) e massa de cem sementes (M100S) (g) de genótipos de feijão-caupi sob diferentes manejos nutricionais.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		PROD ¹	M100S
Genótipos (Gen.)	1	1,6786*	49,7376**
Manejos (M)	3	0,5389 ^{ns}	9,6909*
Gen. * M	3	0,4739 ^{ns}	0,9637 ^{ns}
Resíduo	16	0,3129	2,8117
Média Geral		4,1936	21,2729
CV (%)		13,34	7,88

^{ns}, * e ** = não significativo e significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; ¹ = dados transformados em raiz quadrada.
 Fonte: Elaborada pelos autores.

O genótipo Branquinho teve destaque quando cultivado sob inoculação bacteriana com *B. japonicum*, obtendo a maior produção (em média 26,723 g por planta) em comparação aos outros tratamentos (Figura 3). Em relação à testemunha, por exemplo, o Branquinho, teve produção 47,24% superior; isso mostra que a inoculação foi eficiente para a produção deste genótipo. Este resultado pode ser em função do genótipo ter maior afinidade para simbiose com *B. japonicum*. Já nos genótipos com o tratamento inoculado + ureia obtiveram-se resultados iguais, provavelmente devido a presença do N ter inibido a eficiência da simbiose. Entre os aportes de nitrogênio, houve diferença significativa na testemunha e *B. japonicum* para o genótipo Branquinho, enquanto que o genótipo Sempre Verde não foi significativo em nenhum dos manejos.

Figura 3. Produção (g planta^{-1}) de genótipos de feijão-caupi em função de diferentes manejos nutricionais.



Colunas com letras minúsculas diferentes em cada manejo nutricional indicam diferença significativa (teste 'F' $p < 0,05$) entre os genótipos; colunas com mesma letra maiúscula indicam não haver diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$) entre os manejos nutricionais para cada genótipo; barras nas colunas representam o erro padrão da média. Fonte: Elaborado pelos autores.

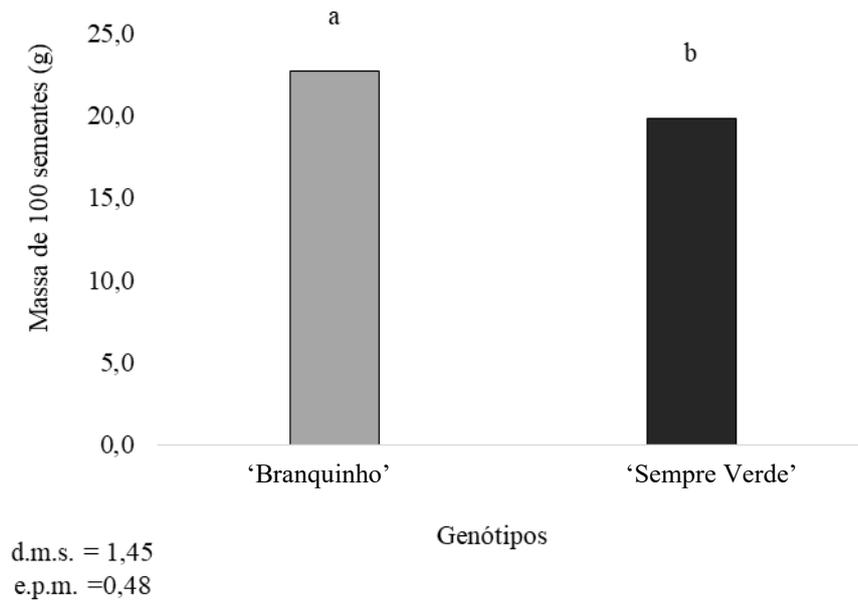
A capacidade de estabelecer simbiose com rizóbios, possibilita ao feijão-caupi ter uma elevada obtenção da produtividade, o que demonstra eficiência da FBN, sendo uma forma de incrementar a produção e assim evitando custo com adubos nitrogenados (Silva Neto et al., 2013). Batista (2015), obteve diferença significativa entre os manejos para variável produtividade, resultado comparado a este trabalho, em que afirma em seu estudo que a produção alcançada com a inoculação, mostrou-se favorável à produção de feijão-caupi.

O nitrogênio é, entre os nutrientes, o que apresenta maior efeito sobre o processo de FBN; quando em excesso, reduz e inibe a nodulação, e conseqüentemente o processo e a eficiência da FBN (Cardoso et al., 2017). Xavier et al. (2008), afirmam em seus estudos, que os resultados da produção obtidos com e sem inoculação indicam efeito positivo da inoculação no feijão-caupi. Cavalcante et al. (2017) estudaram quatro cultivares de feijão-caupi com inoculação e observaram que as produções foram elevadas apenas em duas variedades, indicando que o resultado está relacionado às características do genótipo e ao fato de serem mais adaptadas ao clima tropical do local de estudo.

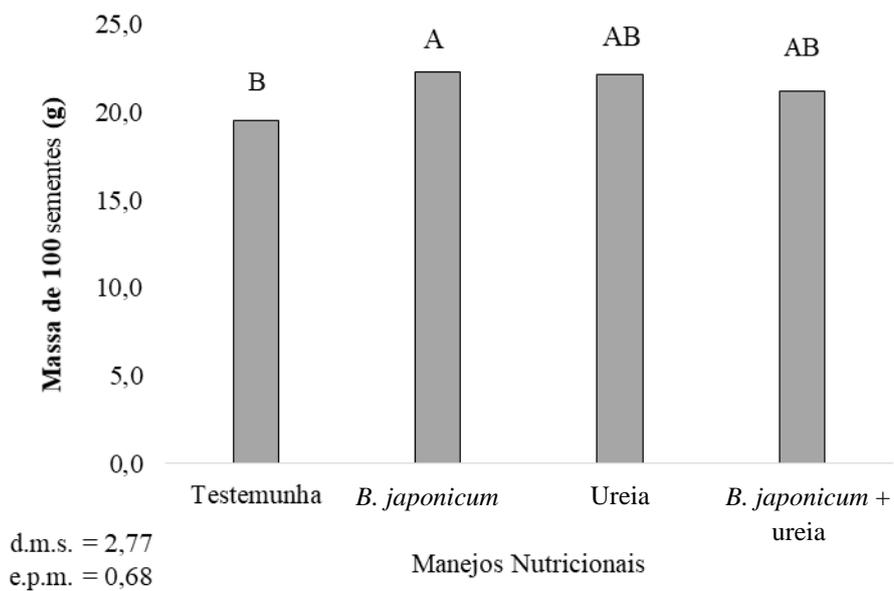
O genótipo Branquinho obteve 22,713 g/100 sementes, configurando um percentual de 12,67% de massa maior que o genótipo Sempre Verde, que teve 19,833 g/100 sementes (Figura 4). Entre os manejos nutricionais, observa-se diferença significativa na inoculação, pois no genótipo Branquinho inoculado com *B. japonicum* obteve-se média de 22,29 g/100 sementes, o que equivale a um percentual de 12,44% maior que a testemunha; já em relação aos outros tratamentos, verificou-se que foram iguais estatisticamente (Figura 4 B). Isso significa que a inoculação foi eficiente para a massa de sementes no genótipo Branquinho, que também se desenvolveu na inoculação + ureia e na adubação com N. Esse resultado explica a ocorrência de maior produção por planta no genótipo 'Branquinho', mesmo este tendo menor quantidade de sementes e tamanho de vagens, pois o tamanho das sementes também está diretamente relacionado com a produtividade total.

Figura 4. Comparação de médias entre genótipos (A) e entre manejos nutricionais (B) quanto à massa de 100 sementes (g) de feijão-caupi.

A)



B)



Colunas com letras diferentes indicam diferença significativa entre os genótipos (teste 'F' até $p < 0,05$) e entre manejos nutricionais (Tukey, $p < 0,05$); d.m.s. = diferença mínima significativa entre médias; e.p.m. = erro padrão da média. Fonte: Elaborado pelos autores.

Efeito significativo entre genótipos também foi encontrado por Públio Júnior et al. (2017) sobre a massa de cem sementes, com média geral encontrada de 22,59 g. Estes autores relatam que a diferença entre cultivares na massa de cem sementes pode estar relacionada ao fato das características genéticas dos diferentes genótipos e de alocação de fotossintatos. Resultados diferentes foram encontrados por Silva Lima et al. (2011) e Silva e Neves (2011), que não obtiveram diferença estatística entre os tratamentos testados quanto ao peso de 100 sementes, e obtiveram valores inferiores aos do presente trabalho, com médias gerais de 18,7 g por 100 sementes. Ressalte-se que a preferência dos produtores rurais e compradores são por sementes com massa superior a 20 g por 100 sementes (Freire Filho et al., 2011).

No presente trabalho, o genótipo Branquinho com o tratamento de inoculação com *B. japonicum* obteve uma massa de 22,291 g, o que corresponde a um rendimento altamente expressivo de acordo com o resultado deste trabalho. De acordo com Borges et al. (2012), a eficiência das bactérias é dependente da cultivar testada e região de cultivo. As vantagens da inoculação para o feijão-caupi, estão relacionadas aos benefícios da FBN, que propicia a diminuição dos custos de produção e, conseqüentemente, aumenta os rendimentos e os ganhos econômicos, além de cooperar com a preservação sustentável do meio ambiente, já que o nitrogênio mineral, em grande quantidade é um poluente ambiental (Cardoso et al., 2017).

4. Conclusões

O genótipo regional de feijão-caupi 'Branquinho' expressa maior crescimento vegetativo quando comparado com o genótipo Sempre Verde.

Nas variáveis de produção comprimento médio da vagem e número de sementes por vagem, o genótipo 'Sempre Verde' teve maiores resultados.

A inoculação com *B. japonicum* aumentou a massa de 100 sementes do genótipo Branquinho e promoveu aumento da produção por planta.

A inoculação com *B. japonicum* no feijão-caupi, dispensa a adubação nitrogenada e supera o cultivo sem adubação nitrogenada, sendo uma alternativa para uso pelos agricultores familiares amapaenses.

As informações geradas nessa pesquisa servirão de base para futuros trabalhos, sendo importante estudar outros inoculantes bacterianos, bem como espécies microbianas promotoras de crescimento vegetal nativas da região amazônica associada ao cultivo de feijão-caupi no Amapá.

Agradecimentos

Ao agricultor familiar Júlio Cesar Assis dos Santos, pela doação das sementes utilizadas nessa pesquisa.

Referências

- Andrade, J. A. S., Rodrigues, B. H. N., & Bastos, E. A. (2005). Irrigação. In: Freire Filho, F.R., Lima, J.A.A., Ribeiro, V.Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Meio-Norte, p. 243-277.
- Araújo, A. C., Aloufa, M. A. I., Silva, A. J. N. S., Costa, A. A. & Santos, I. S. (2014). Análise não destrutiva de crescimento do gergelim consorciado com feijão-caupi em sistema orgânico de cultivo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 9 (1), 259-268. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/13386>
- Batista, E. R. (2015). *Feijão-caupi submetido à inoculação combinada de rizóbio em solo de cerrado*. 2015, 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, Mato Grosso.
- Borges, P. R. S., Saboya, R. C. C., Saboya, L. M. F. S., Santos, E. R. & Souza, S. E. (2012). Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em Gurupi, TO. *Revista Caatinga*, 25(1), 37-44. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2058/pdf>
- Cairo, P. A. R., Oliveira, L. E. M. & Mesquita, A. C. (2008). Análise de crescimento de plantas. Edições Uesb
- Cardoso, M. J., Bastos, E. A., Júnior, A. S. A. & Sobrinho, C. A (2017). Feijão- caupi: O produtor pergunta, a embrapa responde. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio-Norte, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF.

- Cavalcante, E. S. & Góes, A. C. P. (2011). O feijão caupi no Amapá: recomendações básicas. EMBRAPA AMAPÁ. Macapá, AP.
- Cavalcante, E. S. (2000). BRS-Mazagão - Cultivar de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp) para o estado do Amapá. p.1-3. Embrapa Amapá, Comunicado Técnico, Macapá, AP.
- Cavalcante, A. C. P., Cavalcante, A. G., Diniz neto, M. A. D., Matos, B. F., Diniz, B. L. M, T. & Bertino, A. M. P. (2017). Inoculação das cultivares locais de feijão-caupi com estirpes de rizóbio. *Revista de Ciências Agrárias*, 60(1), 38-44. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2170>
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamentos de grãos. 2020.
- Ferreira, N. S., Rios, R. M., Júnior, N. J. M., & Borges, W. L. (2015). Fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de feijão-caupi. I Jornada Científica. Embrapa Amapá, Macapá, AP.
- Freire Filho, F. R. (2011). Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. EMBRAPA Meio-Norte-livro científico, Teresina, PI.
- Hara, F. A. S., Lopes, S. K. S., Silva, T. S. B., Vendruscolo, J., Mendes, A. M. S., Inácio, A. C. F., Souza, L. C. C. (2021). 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*, 10(3), e12210313165. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13165>
- Melo, L. P. (2017). *Avaliação da adoção e impacto do sistema de agricultura com uso de corte e queima no município de Mazagão*. 2017, 97p, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Macapá, AP.
- Novais, R. F., Nevez, J. E. L. & Barros, N. F. (1991). Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaio de vaso. In: Oliveira, A. J., Garrido, W. E., Araujo, J. D. & Lourenço, S. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. p.195-195.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. & McMahon, T. A. (2007). Atualizado mapa mundial da classificação climática Köppen-Geiger. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Públio Júnior, E. P., Morais, O. M., Rocha, M. M., Públio, A. P. B. & Bandeira, A. S. (2017). Características agrônômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. *Revista Jaboticabal*, 45(3), 223–230. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n3p223-230>
- Santos, D. M. M. (2018). Análise do crescimento vegetal. Fisiologia vegetal, Jaboticabal, UNESP.
- Santos, A., Ceccon, G., Correa, A. M., Durante, L. G. Y. & Regis, J. A. V. B. (2012). Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. *Cultivando o Saber*, 5(4), 87-102. <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/485/386>
- Silva, A. C., Vasconcelos, P. L. R., Melo, L. D. F. A., Silva, V. S. G., Junior, J. L. M. A. & Santana, M. B. (2018). Diagnóstico da produção de feijão-caupi no Nordeste Brasileiro. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 16(2), 1-5. <https://library.org/document/q06nvd3q-diagnostico-da-producao-de-feijao-caupi-nordeste-brasileiro.html>
- Silva, L. J. T. (2018). Desempenho morfofisiológico de cultivares de feijão-caupi sob diferentes déficits hídricos e fontes de nitrogênio. 2018, 86p, Dissertação (Mestrado em ciências) – Universidade Federal do Piauí. Teresina-PI.
- Silva, A. L. J. & Neves, J. (2011). Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 6(1), 29-36. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a748>
- Silva Neto, M. L., Smiderle, O. J., Silva, K., Fernandes Júnior, P. I., Xavier, G. R. & Zilli, J. É. (2013). Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(1), 80-87. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100011>
- Silva Lima, R. T., Andrade, D. P., Melo, E. C., Palheta, E. C. V. & Gomes, M. A. F. (2011). Inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da Amazônia oriental. *Revista Caatinga*, 24(4), 152-156. <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>
- Simplício, S. F., Gonçalves, A. C. M., Duarte, E. C. C., Barbosa, W. M. C., Rodrigues, J. P. C. S., Souza Oliveira, B. S. & Júnior, S. P. S. (2016). Características de crescimento e produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) sob aplicação de herbicidas. *Revista Agropecuária Técnica*. 37(1), 55-62. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v37i1.29714>
- Souza, W. N., Brito, N. F., Barros, L. B., Souza, J. T. R., Sai, E. F. & Reis, L. M. S. (2018). Resposta do feijão-caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. *Revista Agroecosistema*, 10(2), 298 – 308. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v10i2.5167>
- Souza, C. L. C., Lopes, A. C. A., Gomes, R. L. F., Rocha, M. M. & Silva, E. M. (2007). Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(1), 262-269. <http://dx.doi.org/10.12702/1984-7033.v07n03a05>
- Vale, J.C.; Bertini, C. & Borem, A. (2017). Feijão caupi: do plantio a colheita. UFV. Viçosa, MG.
- Xavier, T. F., Araújo, A. S. F., Santos, V. B. & Campos, F. L. (2008). Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. *Ciência rural*, 38(7), 2037-2041. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000700038>