



Adubação nitrogenada de cobertura em associação com a inoculação

Cassiano Spaziani Pereira¹, Ivan Vilela Andrade Fiorini², Felipe Bennemann Parizzi³, Helcio Duarte Pereira⁴, Anderson Lange⁵

¹ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Sinop-MT, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), Professor de Agronomia, e-mail: caspaziani@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Sinop-MT, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), Bolsista PNPd/CAPES de Pós-Doutorado, e-mail: ivanvaf@yahoo.com.br

³ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Sinop-MT, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), Aluno de Agronomia, e-mail: felipebennemann@yahoo.com.br

⁴ Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, GCCRC (Genomics for Climate Change Research Center), Pós-Doutorando, e-mail: hhelciopassos@yahoo.com.br

⁵ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Sinop-MT, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), Professor de Agronomia, e-mail: paranalange@hotmail.com

Recebido em: 02/08/2022

Aceito em: 09/11/2022

Resumo

A soja é uma cultura com alta demanda de nitrogênio (N) para expressar seu máximo potencial produtivo, e a adubação suplementar com N pode ser uma prática de manejo para almejar maiores produtividades. Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar o efeito da adubação nitrogenada de cobertura no estádio V4 da soja, na presença e ausência de inoculação, assim como seus efeitos no processo de fixação biológica de N (FBN). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 2×5 , em que as sementes de soja foram ou não inoculadas e cinco doses de N: 0, 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹. Foram avaliados o desenvolvimento vegetativo, nodulação e componentes da produtividade. O diâmetro do caule, altura de plantas e produtividade de grãos não foram afetados pela inoculação, apenas pelas doses de N, com respostas lineares positivas ao fornecimento do N. A área foliar teve resposta positiva à inoculação das sementes e ao fornecimento de N. A massa de nódulos e massa de nódulos viáveis não foram afetadas pela inoculação nas sementes, e a aplicação de N mineral, até a dose de 40 kg ha⁻¹, não reduziu formação dos nódulos. O número de vagens por planta e massa de 1.000 grãos tiveram interação da inoculação com as doses de N. A adubação nitrogenada de cobertura em V4 até a dose de 40 kg ha⁻¹ não afetou o desenvolvimento vegetativo ou FBN e contribuiu com o aumento de produtividade, mesmo na presença de inoculação.

Palavras-chave: *Glycine max*. Fixação biológica de N. Componentes da produtividade. Variáveis morfológicas.

Introdução

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é o grão mais produzido no Brasil. Na safra 2021/2022, a oleaginosa foi cultivada em extensa área do país, com 40,98 milhões ha e variação de 4,6% quando comparada à safra 2020/2021, totalizando produção de 124,26 milhões t (CONAB, 2021). O grão pode ser destinado ao mercado externo ou ao esmagamento a fim de obter produtos derivados como o farelo, óleo e biocombustíveis (HIRAKURI et al., 2019). Para o crescimento da leguminosa, o nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade (MELLO-PRADO, 2021). Estima-se que para se produzir 1.000 kg de grãos são necessários aproximadamente 80 kg de N (SEDIYAMA et al., 2009).

A absorção de N é o principal determinante da produção de grãos em soja (SANTACHIARA et al., 2017). A soja é uma leguminosa que se associa com bactérias, realizando a fixação biológica de N (FBN) (MORETTI et al., 2020). No processo de FBN, o N gasoso presente na atmosfera (N₂) é assimilado e transformado em amônia (NH₃), a qual é rapidamente incorporada a íons H⁺ nas células bacterianas, transformando-se em íons de amônio (NH₄⁺) por meio da enzima nitrogenase (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001; TAIZ et al., 2017). É reconhecida a alta capacidade desse processo em fixar N e introduzi-lo nos sistemas agrícolas. Zuffo et al. (2022) estimaram a acumulação total de N pela soja em mais de 220 kg ha⁻¹.

A quantidade de N fornecida depende da eficiência da FBN, ou seja, da qualidade e da quantidade do inoculante, bem como de alguns cuidados na inoculação (ZITO et al., 2007). Apesar de a FBN ser a principal, e muitas vezes a única, fonte de N nos sistemas produtivos de soja no país, vários estudos com a utilização de N mineral vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de potencializar os rendimentos na cultura. Para isso, as investigações com N mineral em soja buscam compreender melhor a dinâmica entre FBN e suplementação adicional com N. Entre os vários fatores investigados, encontram-se trabalhos associando doses de N com densidade de semeadura (FERREIRA et al., 2016; WERNER et al., 2016), N mineral suplementar e seus efeitos nos teores de óleo e/ou proteína nos grãos (HAMAGUCHI et al., 2020; MOREIRA et al., 2017; PRUSIŃSKI, BATURO-CIEŚNIEWSKA, BOROWSKA, 2020; SZPUNAR-KROK et al., 2021), fornecimento de N e qualidade de sementes (ZUFFO et al., 2021), dinâmica da absorção de N nos estádios iniciais da soja, em que a FBN ainda não está suprimindo as exigências da cultura (CONCEIÇÃO et al., 2018), efeitos do N fixado na cultura subsequente (GOSS et al., 2002; ZUFFO et al., 2022) e N foliar e seus efeitos no metabolismo do carbono e oxidativo (RODRIGUES et al., 2021).

Bahry et al. (2014) salientaram que, em algumas condições edafoclimáticas, o N advindo da FBN não é suficiente para suprir as exigências da cultura e sua limitação pode comprometer a produtividade final, evidenciando que a aplicação de N na fase reprodutiva da soja influencia positivamente alguns componentes de rendimento. Moreira et al. (2017) ressaltaram que, em condições de alto potencial produtivo, a FBN pode não ser suficiente para garantir altas taxas de absorção de N durante o enchimento de grãos de forma a atender a demanda da planta para alcançar máxima produtividade. O pico de demanda de N na soja ocorre durante o

enchimento das vagens, tornando alta a demanda do nutriente nessa fase de desenvolvimento (LAMOND; WESLEY, 2001).

Segundo Petter et al. (2012), há aumento na produtividade de grãos da cultura com aplicações de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N, aplicados no estádio R1 da cultura, e redução para doses de 80 e 160 kg ha⁻¹. Lamond e Wesley (2001), em seus estudos realizados no Kansas, USA, com oito cultivares, observaram que a produtividade de grãos das lavouras de soja aumentou cerca de 11% por conta da adubação nitrogenada (22 e 45 kg ha⁻¹) no estádio R3 em soja irrigada. Por outro lado, Ferreira et al. (2016), investigando aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N em cobertura no estádio vegetativo V2 da soja, não detectaram resposta em produtividade de grãos. Estudando altas doses de N em soja (até 180 kg ha⁻¹), Goss et al. (2002) verificaram redução na nodulação e na participação do N derivado da FBN no total absorvido, sem reflexos na produtividade de grãos. Isso sugere que deve haver equilíbrio no fornecimento de N para que o nutriente não anule os efeitos da FBN nem se torne uma prática antieconômica. Assim, não há uniformidade de resposta para o melhor posicionamento do N suplementar na cultura da soja e sua interação com os diversos fatores de manejo.

Santachiara et al. (2017) investigaram a importância relativa da FBN e do N mineral advindo do solo no desempenho de 70 cultivares de soja em condições de alto e baixo N mineral disponível. Os autores concluíram que o máximo desempenho em produtividade da cultura e de absorção de N do sistema não está necessariamente associado à maximização relativa da FBN. Ao mesmo tempo, encontraram correlação negativa entre N advindo da FBN e absorvido do solo. Assim, o que deve ser buscado é a maximização da absorção total de N, que se reflete em produtividade da cultura, por meio do melhor balanço entre FBN e fornecimento de N mineral via adubação.

Com o entendimento dos processos fisiológicos de FBN e dos fatores que o controlam, é de grande importância para a cadeia produtiva adequar o melhor sistema de manejo, visando o aumento da eficiência do uso de N e o incremento da produtividade (FAGAN et al., 2007). Diante disso, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar o efeito da adubação nitrogenada de cobertura na cultura da soja, na presença e ausência de inoculação, assim como seus efeitos no processo de FBN.

Material e métodos

O experimento foi realizado entre outubro de 2021 e fevereiro de 2022, em área comercial de produção de soja no município de Ipiranga do Norte, MT (15° 35' 14" Sul, 56° 5' 51" Oeste, 213 m de altitude). O clima da região é do tipo Aw segundo classificação de Köppen (1948), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas, uma chuvosa (de outubro a abril) e outra seca (de maio a setembro), e pela pequena amplitude térmica anual, com médias mensais oscilando entre 24°C e 27°C (PEREIRA et al., 2018). Na Figura 1, estão as médias dos dados meteorológicos de temperatura máxima, temperatura média, temperaturas mínimas e precipitação pluvial (mm) acumuladas durante o período de condução do experimento pela estação meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop, MT, a 160 km do experimento.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 2×5 , composto por tratamentos inoculados e não inoculados com bactérias fixadoras de N do gênero *Bradyrhizobium* e cinco doses de N: 0 (controle), 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹. A fonte de N foi ureia (45% N), aplicada no estágio V4 da cultura (25 dias após a semeadura), e o inoculante a base de *Bradyrhizobium* da marca Masterfix®, na dose

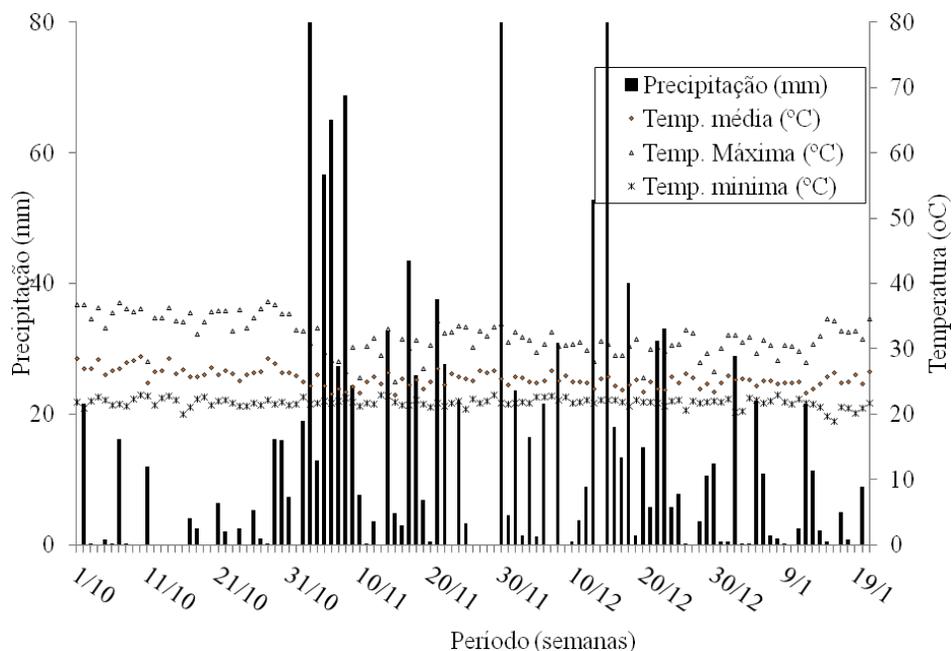
de 100 mL para 50 kg⁻¹ de sementes, aplicado no tratamento de sementes antes da semeadura.

As unidades experimentais foram constituídas por cinco linhas de cultivo espaçadas de 0,5 m com 4 m de comprimento, totalizando 10 m² de parcela total. A soja semeada foi a cultivar comercial 83HO113 TP IPRO, com grupo de maturação 8,3, hábito de crescimento indeterminado e resistência ao acamamento. A semeadura ocorreu na taxa de 12 a 12,5 plantas por metro linear (população de 240 mil plantas ha⁻¹). A semeadura foi realizada no dia 10 de outubro de 2021 em sistema de plantio direto.

Desde a abertura da área, em 2004, até o ano de 2012, foi cultivada apenas soja; entre 2012 e 2019, foi cultivada com soja na primeira safra e milho na segunda; e nos anos de 2019 a 2022, soja e milho em primeira e segunda safra, respectivamente. O solo foi amostrado, previamente à semeadura do experimento, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. O solo continha os seguintes parâmetros químicos e físicos na camada 0-10 cm: pH-CaCl₂ 5,6; argila 465 g kg⁻¹; Ca, Mg e Al trocáveis 2,2, 0,56 e 0 mg dm⁻³, respectivamente (extraídos por KCl 1 mol L⁻¹); P e K disponíveis 10,1 e 39,6 mg dm⁻³, respectivamente (extraídos por Mehlich); e matéria orgânica 3,42 dag kg⁻¹. Para a camada 10-20 cm, identificaram-se os seguintes parâmetros físicos e químicos: pH-CaCl₂ 5,4; argila 505 g kg⁻¹; Ca, Mg e Al trocáveis 0,94, 0,28 e 0,25 mg dm⁻³, respectivamente (extraídos por KCl 1 mol L⁻¹); P e K disponíveis 3,50 e 31,50 mg dm⁻³, respectivamente (extraídos por Mehlich⁻¹); e matéria orgânica 2,21 dag kg⁻¹.

A adubação de base para todas as unidades experimentais consistiu na aplicação a lanço de 465 kg ha⁻¹ de fertilizante formulado (NPK) 07-24-24, aplicando 32,55 kg ha⁻¹ de N e 111,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O. A cultura foi mantida com adequados níveis fitossanitários, aplicando-se herbicidas, inseticidas e fungicidas sempre que necessário.

Figura 1. Temperatura máxima (°C) médias mensais, temperatura média (°C) médias mensais, temperaturas mínimas (°C) médias mensais e precipitação pluvial (mm) acumuladas na safra 2021/2022.



Fonte: Estação meteorológica da EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop, MT, 2022.

As avaliações das variáveis de desenvolvimento vegetativo e de nodulação da soja foram realizadas no estágio R1, coletando os dados das variáveis de seis plantas representativas das três linhas centrais (área útil). Foram avaliados: diâmetro do caule (mm), medido no colo da planta à altura de 5 cm do solo com o auxílio do paquímetro digital; altura de plantas (cm), medida com régua graduada; área foliar (m²), medida utilizando o equipamento Leaf Area Integrator Model LICOR (LI-3010); número de nódulos viáveis, por meio de contagem dos nódulos viáveis; massa de nódulos (g), matéria seca da parte aérea (g) e matéria seca de raiz (g). As plantas coletadas de cada parcela experimental foram acondicionadas em sacos de papel identificados, levadas ao Laboratório do Viveiro da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Sinop, MT, e colocados na estufa a 65°C por 48 horas para determinar as matérias secas.

Para as variáveis componentes da produtividade da soja: número de vagens, número de grãos por vagem, massa de 1.000 grãos (g)

e produtividade de grãos (kg ha⁻¹), as medições foram realizadas após a colheita manual das parcelas (80 plantas aleatórias na área útil da parcela), no dia 6 de fevereiro de 2022, 119 dias após a semeadura. Na colheita, os grãos estavam com aproximadamente 180 g kg⁻¹ de água. As amostras foram colocadas em sacos identificados com os tratamentos e levadas para a Proteplan em Sorriso, MT, onde foram trilhadas mecanicamente em uma trilhadeira estacionária motorizada. Após a trilha, os grãos foram limpos e peneirados manualmente, depois colocados em sacos de papel devidamente identificados. A umidade dos grãos foi então corrigida para 130 g kg⁻¹ água em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, seguindo recomendações oficiais (BRASIL, 2009).

Após correção da umidade, determinou-se a massa de 1.000 grãos (g) e a produtividade de grãos em (kg ha⁻¹). Para o número de vagens, número de grãos por vagem, massa de nódulos, nódulos viáveis, matéria seca da parte aérea e matéria seca de raiz, foi calculada a média de quatro plantas por parcela. Para a quantificação

da massa de nódulos, foram retirados blocos intactos de solo juntamente com as raízes das plantas por meio de covas feitas manualmente com a enxada. Após separação e lavagem das raízes, foram retirados e pesados em balança de alta precisão os nódulos totais presentes nas amostras. Para a determinação dos nódulos viáveis, os nódulos totais obtidos foram seccionados ao meio com estilete, e os nódulos viáveis identificados com coloração rósea foram pesados em balança de alta precisão.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias dos tratamentos com e sem inoculação foram comparadas pelo teste de Tukey, e as doses de N, quando com diferenças, foram submetidas às análises de regressão.

Resultados e discussão

Para as médias das variáveis diâmetro do caule, altura de plantas, número de nódulos

viáveis, massa de nódulos, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz e produtividade de grãos com relação à inoculação ou não das sementes de soja, não houve diferenças significativas. As diferenças foram identificadas para área foliar, número de vagens, número de grãos por vagem e massa de 1.000 grãos, em que os tratamentos com inoculação foram estatisticamente superiores aos tratamentos não inoculados (Tabela 1).

Estudando o fornecimento de N em soja em função de cultivares e anos, Prusiński, Baturó-Cieśniewska e Borowska (2020) relataram resposta em altura de plantas e área foliar para doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ aplicadas em pré-plantio, associadas ou não à inoculação das sementes. Utilizando dose semelhante de N (45 kg ha⁻¹) e também aplicando via solo no estágio vegetativo da soja, Werner et al. (2016) relataram resposta em altura de planta para apenas um dos anos de avaliação. Os autores descreveram que tal variável é muito dependente de condições climáticas e, portanto, tem respostas inconsistentes.

Tabela 1. Diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm), área foliar (cm²), massa de nódulos (g planta⁻¹), massa de nódulos viáveis (g planta⁻¹), matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹), matéria seca de raiz (g planta⁻¹), número de vagens, número de grãos por vagem, peso de 1.000 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) com relação à inoculação ou não das sementes. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022.

Tratamentos	Diâmetro (mm)	Altura de plantas (cm)	Área foliar (m ²)	Massa de nódulos (g planta ⁻¹)	Massa de nódulos viáveis (g planta ⁻¹)	Matéria seca da parte aérea (g planta ⁻¹)
Não inoculado	6,60 a	76,85 a	1,46 b	10,16 a	1,34 a	19,10 a
Inoculado	6,60 a	77,07 a	1,71 a	10,37 a	1,45 a	29,20 a
Média	6,60	77,27	1,59	10,27	1,39	24,15
C. V.	3,19	1,76	19,40	20,74	26,47	12,50
Tratamentos	Matéria seca de raiz (g planta ⁻¹)	Número de vagens	Número de grãos por vagem	Massa de 1.000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
Não inoculado	3,72 a	40,30 b	2,55 b	167,50 b	3113,85 a	
Inoculado	5,80 a	46,75 a	2,61 a	172,50 a	3168,33 a	
Média	4,76	43,52	2,58	170,00	74,41	
C. V.	13,89	8,82	1,64	3,20	13,65	

Fonte: Elaboração própria.

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

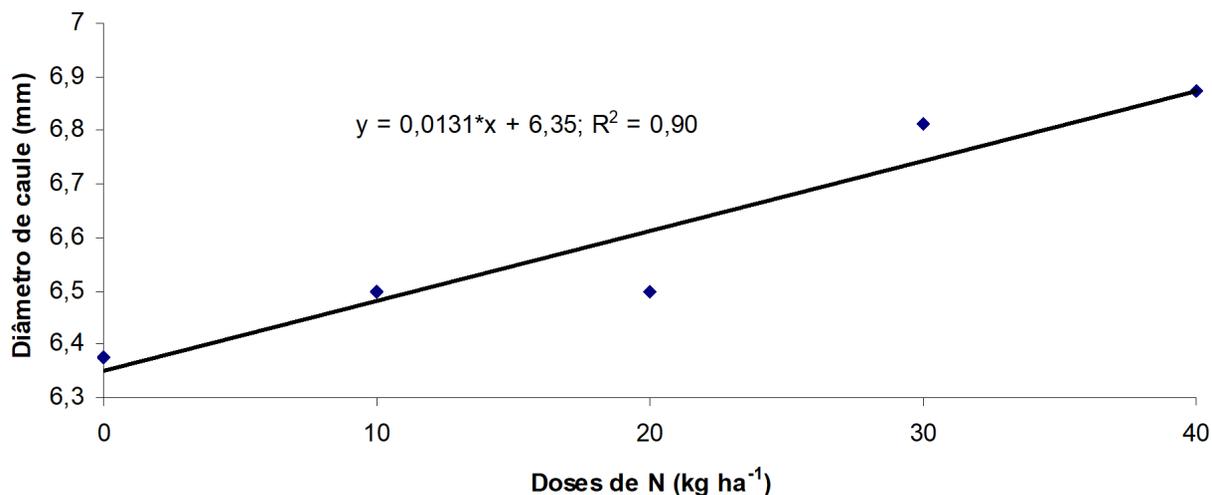
A resposta à inoculação também é altamente dependente do número de rizóbios já estabelecidos no solo. Nesse sentido, a área do experimento vem sendo cultivada na safra de verão com sementes de soja inoculadas com *Bradyrhizobium* desde 2004, fato que explica a presença de nódulos na raiz no tratamento não inoculado e a baixa resposta do tratamento inoculado, com valores ligeiramente superiores ao tratamento não inoculado, para a maioria das variáveis, como diâmetro do caule, altura de planta, número de nódulos viáveis, massa de nódulos, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz e produtividade de grãos, nas quais não houve diferenças significativas entre os tratamentos. As médias de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, número de vagens, número de grãos por vagem e massa de 1.000 grãos em que tratamentos com inoculação foram estatisticamente superiores aos tratamentos não inoculados foram semelhantes aos valores encontrados por Pereira et al. (2018). Os autores encontraram que a adubação suplementar de N aplicado via foliar na dose de 10 kg ha⁻¹ N, nos estádios V2 e R1 da soja, foram de maior eficiência no aumento da produtividade de grãos em comparação ao tratamento testemunha com inoculação.

Para a variável diâmetro do caule, houve resposta linear com o incremento das doses aplicadas (Figura 2). Assim, dentro da faixa de variação de N estudada neste trabalho, o diâmetro do caule aumenta linearmente na taxa de 0,0131 mm para cada kg de N até a dose de 40 kg ha⁻¹ do nutriente. Pereira et al. (2018), por sua vez, não observaram diferença significativa para o diâmetro do caule com aplicação de N via foliar e solo, na dose de 10 kg ha⁻¹ no estádio V4, mas apenas com aplicação no estádio R1. Vale ressaltar que o maior diâmetro de caule aumenta a tolerância da planta ao tombamento por danos mecânicos ou ambientais (RAIMUNDI, MOREIRA, TURRI; 2013).

A altura de plantas também teve resposta linear com o incremento das doses de N. Para cada aumento de 1 kg do nutriente, registrou-se maior estatura da cultura em 0,2375 cm (Figura 3). Silva et al. (2011) também observaram aumento da altura de plantas com aplicação de até 40 kg ha⁻¹ de N no estádio V2. Já Franchini et al. (2015) relataram aumento em altura de plantas com aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura.

Para a variável área foliar, os tratamentos com doses crescentes de N com inoculação

Figura 2. Diâmetro de caule (mm) em função de doses de N. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022.



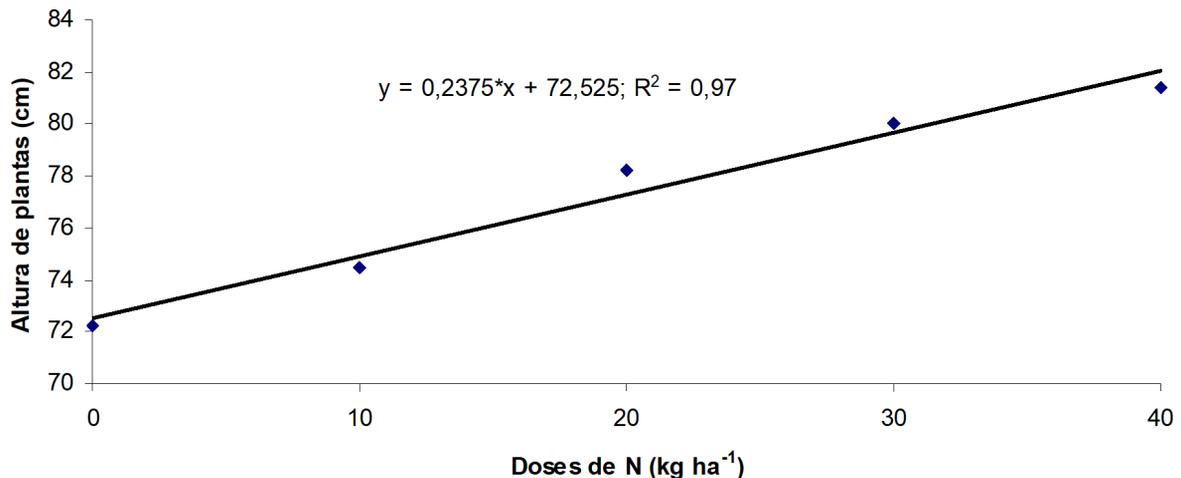
Fonte: Elaboração própria.

também foram diferentes; não houve interação dos níveis de doses de N com a inoculação (Figura 4). Os resultados encontrados neste trabalho corroboram os obtidos por Yokoyama et al. (2018), que observaram aumento na área foliar com adubação de 80 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja.

Para as variáveis massa de nódulos, massa de nódulos viáveis, matéria seca da parte aérea e matéria seca de raiz, não houve diferenças significativas com o aumento das doses de N, tendo médias de 10,26; 1,39; 24,15 e 4,76 g, respectivamente. Parente et al. (2015)

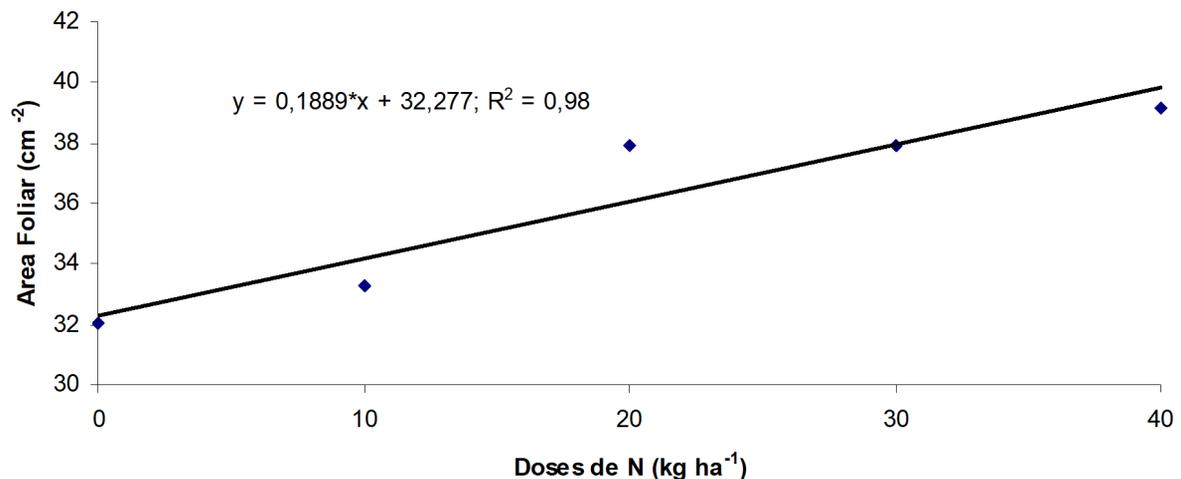
observaram que a cultivar BRS Valiosa RR teve maior massa de nódulos adubada em R1 quando comparada à adubação na semeadura. Os autores concluíram ainda que a adubação nitrogenada em R1 permitiu o desenvolvimento de maior número de nódulos e maior volume em comparação com a adubação realizada na semeadura. Resultado semelhante ao encontrado no trabalho foi relatado por Goss et al. (2002), que não verificaram redução na massa seca de nódulos com doses até 60 kg ha⁻¹ de N via solo. Os valores das médias das matérias secas da parte aérea e de raiz são semelhantes aos encontrados por Pereira et al. (2018), que

Figura 3. Altura de plantas (cm) em função de doses de N. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4. Área foliar de plantas de soja (cm⁻²) em função de doses de N. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022.



Fonte: Elaboração própria.

no estudo de adubação suplementar de N via foliar na dose de 10 kg ha⁻¹ de N aplicados nos estádios V2 e R1 da soja foi de maior eficiência para aumentar a produtividade de grãos da soja, comparado ao tratamento testemunha com inoculação.

O resultado observado para massa de nódulos viáveis corrobora o observado por Parente et al. (2015), que não verificaram diferença nessa variável com a aplicação de N. Já para massa seca de raiz, os resultados diferem do encontrado por Zuffo et al. (2019), que constataram menores valores de massa seca de raiz com 40 kg ha⁻¹ de N.

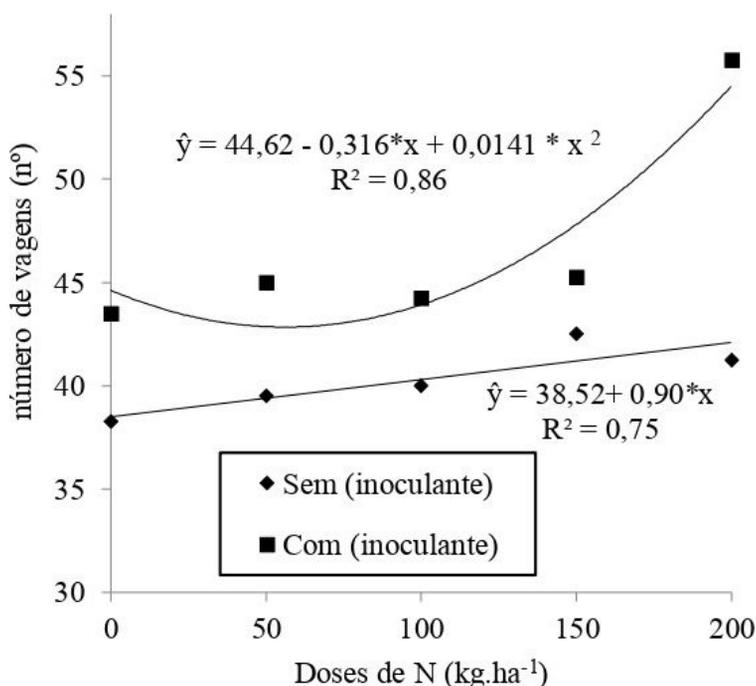
O número de vagens foi estatisticamente significativo com interação de inoculação com doses de N, houve aumento das vagens com comportamento linear para os tratamentos não inoculados e quadrático para os tratamentos com inoculação, com a variável-resposta aumentando com a utilização das doses em todas as análises. Para os tratamentos não inoculados, a resposta no número de vagens foi linear, com o aumento

de 0,9 vagens para cada kg de N aplicado. Já para os tratamentos inoculados houve resposta quadrática, com aumento no número de vagens a partir da dose de 11 kg ha⁻¹ de N (Figura 5).

Os resultados corroboram os encontrados por Petter et al. (2012), que verificaram que o número de vagens por planta foi influenciado pela adubação com N em doses de 20 e 40 kg ha⁻¹, porém reduziu-se com aplicações de 80 e 160 kg ha⁻¹ em R1 para três cultivares de soja com ciclos diferentes. Em feijoeiro, Carvalho et al. (2001) relataram aumento significativo no número de vagens com a aplicação do N.

Verificou-se interação também para a variável massa de 1.000 grãos. Os tratamentos inoculados tiveram sempre maior massa do que os tratamentos não inoculados (Figura 6). Os resultados obtidos foram semelhantes ao observado por Petter et al. (2012), que verificaram aumento na massa de 1.000 grãos com aplicações de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N. Aplicando N via foliar em soja, Rodrigues et al. (2021) também encontraram aumento na massa

Figura 5. Número de vagens em função de doses de N. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022.



Fonte: Elaboração própria.

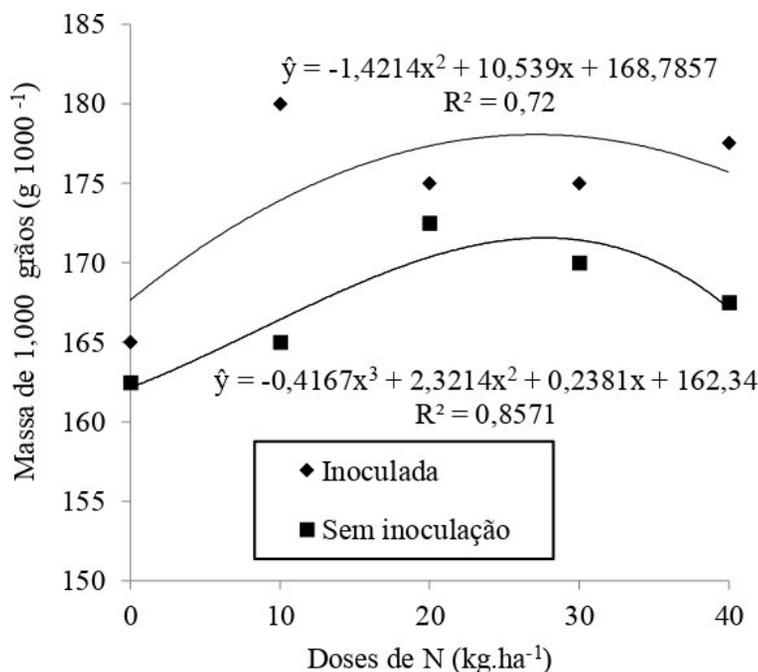
de 1.000 grãos, em dois anos consecutivos de avaliação. Zuffo et al. (2021) relataram que a melhor dose de N para maior massa de 1.000 grãos, na presença de inoculação, foi a de 50 kg ha⁻¹ aplicada via solo no estágio R2.

A produtividade média de grãos no experimento foi de 3141 kg ha⁻¹, com aumento significativo e linear com as doses de N aplicadas (Figura 7). Verificou-se que cada kg de N aplicado em cobertura via solo promoveu aumento de 7,98 kg de grãos. Messa et al. (2022) também não encontraram efeito para a interação dos tratamentos inoculados com a adubação nitrogenada em soja. Entretanto, os autores relataram ausência de efeito da aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N na produtividade e massa de 1.000 grãos e superioridade dos tratamentos inoculados apenas para a variável produtividade de grãos. Por sua vez, Prusiński, Baturó-Cieśniewska e Borowska (2020) não encontraram efeito na produtividade de grãos para aplicação de 30 ou 60 kg ha⁻¹ de N em soja na ausência de inoculação, o que indica interação dos fatores no trabalho por eles desenvolvido.

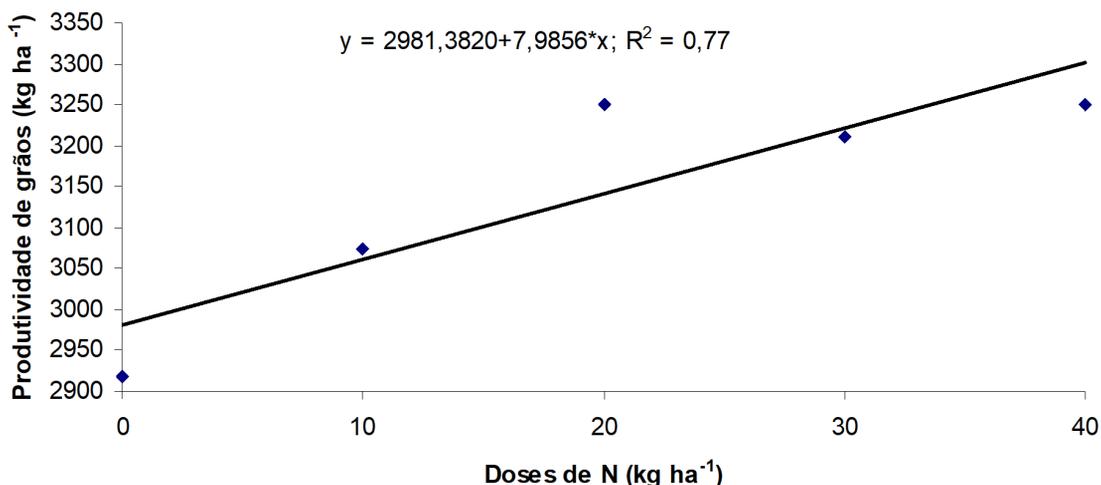
Dados semelhantes foram observados por Parente et al. (2015) com a cultivar BRS Valiosa RR na dose de 20 kg ha⁻¹ de N em R1. Bahry et al. (2013) encontraram maior produtividade de grãos de soja com a dose de 30 kg ha⁻¹ no estágio R5.2, sendo recomendável seu uso. Também investigando a suplementação com N no estágio reprodutivo da soja, Moreira et al. (2017) encontraram resposta positiva em produtividade de grãos com o fornecimento de apenas 10 kg ha⁻¹ via foliar. No entanto, os autores não encontraram efeito desse fornecimento adicional de N no número de vagens por planta e massa de 1.000 grãos, diferindo dos resultados aqui encontrados com o fornecimento de maiores doses, porém via solo. Por outro lado, Hamaguchi et al. (2020) não encontraram efeito da maior disponibilidade de N mineral no meio, via adubação com ureia, na produtividade e massa de grãos em soja, atribuindo tal fato à capacidade de a FBN compensar a baixa oferta do nutriente no meio.

Ferreira et al. (2016), avaliando N mineral via solo em soja no estágio vegetativo V2,

Figura 6. Massa de 1.000 grãos (g) em função de doses de N. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022



Fonte: Elaboração própria.

Figura 7. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de doses de N. Ipiranga do Norte, MT, safra 2021/2022.

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

não encontraram resposta para aplicação de 45 kg ha^{-1} de N na produtividade de grãos, número de grãos por vagem, massa de 1.000 grãos e teores de óleo e proteínas nos grãos em dois anos de avaliação para uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado em quatro diferentes densidades de semeadura.

Conclusões

Diâmetro do caule, altura de plantas e produtividade de grãos não foram afetados pela inoculação, apenas pelas doses de N com respostas lineares positivas ao fornecimento do N em cobertura no estágio V4.

A área foliar teve resposta positiva à inoculação das sementes e ao fornecimento de N em cobertura no estágio V4.

A massa de nódulos e massa de nódulos viáveis não foram afetadas pela inoculação nas sementes, e a aplicação de N mineral em cobertura no estágio V4 até a dose de 40 kg ha^{-1} não reduziu formação dos nódulos.

O número de vagens por planta e a massa de 1.000 grãos tiveram interação da inoculação com as doses de N em cobertura, no estágio V4.

A adubação nitrogenada de cobertura em V4 até a dose de 40 kg ha^{-1} não afetou o desenvolvimento vegetativo ou FBN e ainda contribuiu com o aumento de produtividade, mesmo na presença de inoculação.

Referências

BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S. S.; ZIMMER, P. D.; DE SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 281-288, 2013. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2240/1570> Acesso em: 26 jun. 2022.

BAHRY, C. A.; NARDINO, M.; VENSKE, E.; SPANIOL, S.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Efeito do N suplementar sobre os componentes de rendimento da soja em condição de estresse hídrico. **Revista Ceres**, v. 16, n. 2 p. 155-160, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200019>

BRASIL – Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000300010>

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos>. Acesso em: 15 dez. 2021.

CONCEIÇÃO, G. M.; MARTIN, T. N.; BRUNETTO, G.; BACKES, R. L.; ANDRADE, F. F. D.; BECHE, M. Contribution of nitrogen derived from mineral supplementation for soybean seedlings. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 2 p. 33-41, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018421010617>

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANDRON, P. A.; CSAROLI, D. Fisiologia da fixação biológica do N em soja. **Revista FZVA**, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007. Disponível em: <http://www.itaya.bio.br/materiais/Fixa%C3%A7%C3%A3o%20biol%C3%B3gica%20do%20nitrogenio.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2022.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362-370, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.479>

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja

em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001200002>

GOSS, M. J.; DE VARENNES, A.; SMITH, P. S.; FERGUSON, J. A. N₂ fixation by soybeans grown with different levels of mineral nitrogen, and the fertilizer replacement value for a following crop. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 82, n. 1, p. 139-145, 2002. DOI: <https://doi.org/10.4141/S01-003>

HAMAGUCHI, H.; YAMAMOTO, N.; TAKEDA, A.; MASUMURA, T.; SUGIMOTO, T.; AZUMA, T. Nitrogen fertilization affects yields and storage compound contents in seeds of field-grown soybeans cv Enrei (*Glycine max* L) and its super-nodulating mutant En-b0-1 through changing N₂ fixation activity of the plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 66, n. 2, p. 299-307, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1692636>

HIRAKURI, M. H; CONTE, O; PRANDO, A. M; CASTRO, C; BALBINOT JUNIOR, A. A. **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 119 p.: il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.412).

HUNGRIA, M; CAMPOS, R.J; MENDES, I. C. **Fixação biológica de N na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p.

LAMOND, R. E.; WESLEY, T. L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. **Informações Agrônomicas**, v. 95, n. 1, p. 6-7, 2001.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SCHROTH, G.; BECKER, F. J.; MANDARINO, J. M. G. Soybean yield and nutritional status response to nitrogen sources and rates of foliar fertilization. **Agronomy**

Journal, v. 109, n. 1, p. 629-635, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2016.04.0199>

MELLO-PRADO, R. de. Nitrogen. *In*: MELLO PRADO, R. Mineral nutrition of tropical plants. Springer Nature, 2021. 212 p.

MESSA, V. R.; CERVELIN, E. L.; ZANARDINI, L.; PEREIRA, N.; SECCO, D.; JÚNIOR, L. A. Z. Bioinoculation methods compared to topdressing nitrogen fertilization in soybean. **Rhizosphere**, v. 21, n. 1, p. 100491, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100491>

MORETTI, L. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; KURAMAE, E. E.; BOSSOLANI, J. W.; MOREIRA, A.; COSTA, N. R.; ALVES, C. J.; PASCOALOTO, I. M.; RONDINA, A. B. L.; HUNGRIA, M. Effects of growth promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 2, p. 418-428, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20010>

PARENTE, T. DE L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M.; BOSSOLANI, J. W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 249-255, 2015. DOI : <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a5320>

PEREIRA, C. S.; TRENTIN FILHO, M. G.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, H. D.; ROCHA, J. R.; LANGE, A. Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n.4, p. 99-111, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181259>

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012. Disponível em: [https://periodicos.](https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2137/pdf)

[ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2137/pdf](https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2137/pdf). Acesso em: 07 jun. 2022.

PRUSIŃSKI, J.; BATURO-CIEŚNIEWSKA, A.; BOROWSKA, M. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to mineral nitrogen fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 1300, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091300>

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

RAIMUNDI, D. L.; MOREIRA, G. C.; TURRI, L. T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 2, p. 112-121, 2013. Disponível em: <https://cultivando.saber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/524/436>. Acesso em: 12 mai. 2022

RODRIGUES, V. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOSSOLANI, J. W.; PORTUGAL, J. R.; MORETTI, L. G.; BERNART, L.; VILELE, R. G.; GALERIANI, T.; LOLLATO, R. P. Foliar nitrogen as stimulant fertilization alters carbon metabolism, reactive oxygen species scavenging, and enhances grain yield in a soybean–maize rotation. **Crop Science**, v. 61, n. 2, p. 3687-3701, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20587>

SANTACHIARA, G.; BORRÁS, L.; SALVAGIOTTI, F.; GERDE, J. A.; ROTUNDO, J. L. Relative importance of biological nitrogen fixation and mineral uptake in high yielding soybean cultivars. **Plant and Soil**, v. 418, n. 3, p. 191-203, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3279-9>

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. **Tecnologia de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009. 314p.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P.

A. Doses de inoculante e N na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 404-412, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8067/7555> Acesso em 14 jul. 2022

SZPUNAR-KROK, E.; WONDOLOWSKA-GRABOWSKA, A.; BOBRECKA-JAMRO, D.; JAŃCZAK-PIENIAŻEK, M.; KOTECKI, A.; KOZAK, M. Effect of nitrogen fertilization and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on the fatty acid profile of soybean (*Glycine max* (L.) merrill) seeds. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 941-963, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050941>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; SILVA, M. A. D. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 734-738, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p734-738>

YOKOYAMA, A. H.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n. 2, p.953-962, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18153>

ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRONZA, V.; WRUCK, D. S. M.; PAES, J. M. V.; SOUZA, J. A.; CIOCIOLA JÚNIOR, A. I. Soja. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Coord.) **101 Culturas**. Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo horizonte: EPAMIG, 2007. p 699-720.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSCH A.; SANTOS, D. M. S. Adubação nitrogenada na soja inibe a nodulação e não melhora o crescimento inicial das plantas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 3, p. 333-349, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p333-349>

ZUFFO, A. M.; RATKE, R. F.; AGUILERA, J. G.; STEINER, F. *Bradyrhizobium* spp. inoculation associated with nitrogen application enhances the quality of soybean seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, n. 2, p. 135-144, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145018721>

ZUFFO, A. M.; RATKE, R. F.; OKLA, M. K.; AL-HASHIMI, A.; AGUILERA, J. G.; TRENTO, A. C. S.; SILVA, N. P.; SOUZA, E. D.; NOGUEIRA, B. K. A.; COUTINHO, J. H.; STEINER, F.; ALCÂNTARA NETO, F.; SILVA JÚNIOR, G. B.; SILVA, F. C. S.; SOBRINHO, R. L.; ABDELGAWAD, H. Understanding the contribution of soybean crop residues inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and not harvested on nitrogen supply in off-season corn cultivars. **Plos one**, v. 17, n. 1, p. 269-276, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269799>