

# Desempenho Agronômico de cultivares de Soja

## Agronomic Performance of Soybean Cultivars

Michely A. Zamai\*, Melissa A. Zamai, Daniely B. A. Martinez e Uasley C. de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO- Campus Ariquemes, Ariquemes, Brasil  
(\*E-mail: michelyzamai2003@gmail.com)  
<https://doi.org/10.19084/rca.36071>

Recebido/received: 2024.05.23  
Aceite/accepted: 2024.06.26

### RESUMO

A fixação biológica de nitrogênio é uma ação natural que ocorre por meio da associação simbiótica das plantas com os microrganismos diazotróficos. Diante disso, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico de cultivares de soja em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicações de diferentes doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4x3, com quatro formas de adubação nitrogenada (T1: 0% adubação nitrogenada; T2: 100% de adubação nitrogenada; T3: 100 % de adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*; T4: 0% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense* e T5: 50% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*) e três cultivares de soja (NEO 790 IPRO; FT® 3165 IPRO e DAGMA 7921 IPRO), com 5 repetições. No estágio R5 da cultura foram analisadas as seguintes características: altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (APV), diâmetro do caule (DC), número de folha (NF) e número de vagens por planta (NVP). Observou-se que a utilização de *Azospirillum brasilense* apresenta efeito significativo sobre as características morfológicas das plantas, além de proporcionar os mesmos resultados que a adubação com fertilizantes minerais.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; Inoculação; Adubação nitrogenada; Fixação biológica de nitrogênio.

### ABSTRACT

Biological nitrogen fixation is a natural action that occurs through the symbiotic association of plants with diazotrophic microorganisms, which transforms atmospheric nitrogen into forms absorbable by plants, promoting their growth. Therefore, the objective was to evaluate the agronomic performance of soybean cultivars as a function of inoculation with *Azospirillum brasilense* and applications of different doses of nitrogen. The experiment was conducted in a randomized block design in a 4x3 factorial scheme, with four forms of nitrogen fertilization (T1: 0% nitrogen fertilization; T2: 100% nitrogen fertilization; T3: 100% nitrogen fertilization + *Azospirillum brasilense*; T4: 0 % nitrogen fertilization + *Azospirillum brasilense* and T5: 50% nitrogen fertilization + *Azospirillum brasilense*) and three soybean cultivars (NEO 790 IPRO; FT® 3165 IPRO and DAGMA 7921 IPRO), with 5 replications. At the R5 stage of the crop, the following characteristics were analyzed: plant height (AP), first pod insertion height (APV), stem diameter (DC), leaf number (NF) and number of pods per plant (NVP). It was observed that the use of *Azospirillum brasilense* has a significant effect on the morphological characteristics of the plants, in addition to providing the same results as fertilization with mineral fertilizers.

**Keywords:** *Glycine max*; Inoculation; Nitrogen fertilizer; Biological nitrogen fixation.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta anual, originária da costa leste da Ásia (Hymowitz, 1970), pertencente à classe Rosidae, à ordem Fabales, à família Fabaceae (Judd *et al.*, 2009). É uma das leguminosas que mais se destaca no mundo, apresentando um papel crucial para o agronegócio mundial, devido a sua ampla adaptação aos climas tropicais e subtropicais. Sua produção vem ganhando destaque como sendo uma das atividades econômicas que mais cresceram nas últimas décadas. Isso se deu em função de vários fatores, dentre os quais se destacam o desenvolvimento e estruturação de um sólido mercado internacional em relação ao comércio de grãos e derivados, ao fortalecimento do grão como uma importante fonte de proteína vegetal, em especial para atender as demandas dos setores relacionados aos produtos de origem animal, e a geração e oferta de tecnologias, que favoreceram a expansão da cultura para diversas regiões do mundo (Hirakuri e Lazzarotto, 2014).

O Brasil se destaca por ser o maior produtor de soja do mundo. Na safra de 2022/23 a cultura abrangeu uma área de 44,0756 milhões de hectares, com produtividade média de 3.508 kg ha<sup>-1</sup> e produção de grãos de 154,6174 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Tal desempenho coloca a soja e seus derivados em posição de destaque na exportação brasileira, representando cerca de 40% do valor total das exportações agrícolas, o que correspondeu a aproximadamente US\$67 bilhões na safra de 2022/23 (CEPEA, 2023).

Por ser uma cultura de grande importância para o Brasil e para o mundo, tem-se buscado constantemente estratégias para o alcance de altas produtividades. Nesse sentido, dos macronutrientes requeridos para a produção de soja, destaca-se o nitrogênio (N), que é constituinte de proteínas, aminoácidos, pigmentos, hormônios, DNA, RNA e vitaminas, além de componente da matéria seca, cerca de 2 a 4% (Pes & Arenhart, 2015). Devido a soja ter um elevado teor proteico em seus grãos cerca de 6,5%, faz-se necessário 65 kg de N para produzir 1.000 kg de grãos de soja, acrescenta-se, pelo menos mais 15 kg de N para as folhas, caule e raízes, indicando a necessidade total de, aproximadamente, 80 kg de N (Crispino *et al.*, 2001). Este nitrogênio

pode ser disponibilizado através de fertilizantes, no entanto o custo se torna elevado, além das perdas através de lixiviação, desnitrificação, volatilização ou pelo próprio ambiente, ocasionando a contaminação de cursos d'água, o que pode causar riscos à saúde humana (Ariati, 2021).

No entanto, o nitrogênio constitui cerca de 78% das moléculas na atmosfera na forma de N<sub>2</sub>, porém não está disponível para as plantas, sendo necessário que ocorra a quebra da ligação covalente tripla entre os dois átomos, para que as culturas possam obter este nutriente (Bourscheidt *et al.*, 2019). Diante disso, uma técnica que visa minimizar os custos com a adubação nitrogenada é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), no qual se caracteriza por ser um processo natural que ocorre por meio de bactérias que promovem a associação simbiótica com as plantas (Mendes *et al.*, 2015). *Azospirillum brasilense* é uma das bactérias que tem a capacidade de fixar nitrogênio em ambientes onde disponibilidade de oxigênio é baixa (Fernandes, 2016). A transformação do N atmosférico em formas assimiláveis para a planta é possível devido a uma enzima que esses microrganismos apresentam, a enzima nitrogenase. A nitrogenase é responsável pela quebra da ligação tripla que transforma o nitrogênio atmosférico em amônia, a qual é absorvida e incorporada para o crescimento e manutenção das células (Mendes *et al.*, 2015).

Além do mais, este processo atua induzindo o crescimento vegetal, resultando na produção de vários fitos hormônios como auxinas, sideróforos e realizando outros processos como solubilização de fosfato, produção de ácidos orgânicos que auxilia no uso dos nutrientes pelas forrageiras de forma mais eficiente (Reis *et al.*, 2010). Ainda, o nitrogênio disponibilizado pela FBN é menos suscetível à lixiviação e volatilização uma vez que é utilizado no local fixado, o torna o processo biológico uma alternativa com menor custo, limpa e sustentável para o fornecimento de N na pecuária comercial (Huergo, 2006). Além de fornecer o nutriente, a FBN favorece o desenvolvimento radicular, proporcionando uma melhor absorção de nutrientes (Ariati, 2021). Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de cultivares de soja em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicações de doses de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental do Instituto Federal de Rondônia - *Campus Ariquemes*, que está localizado nas coordenadas geográficas 9°57'08.9"S e 62°57'26.6"W, com altitude média de 135 m. O município encontra-se na porção centro – norte do estado de Rondônia, apresentando segundo classificação de Köppen-Geiger (1928), o clima é do tipo Am –Tropical Chuvoso, e apresenta segundo Franca (2015) uma sazonalidade pluviométrica bem definida, dividindo-se em quatro períodos: período úmido (janeiro-março), úmido-seco (abril-junho), seco (julho-setembro) e seco-úmido (outubro-dezembro). A temperatura varia em torno de 25,6 °C, a precipitação pluvial média anual é de 2290 mm e a umidade relativa do ar apresenta uma média de 81% (Carvalho *et al.*, 2016). O solo é classificado, em predominância, como Latossolos (33,6%) e Argissolos (32,4%), que juntos representam mais de 60% do estado (Anjos *et al.*, 2016).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4x3, com quatro formas de adubação nitrogenada (T1: 0% adubação nitrogenada; T2: 100% de adubação nitrogenada; T3: 100 % de adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*; T4: 0% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense* e T5: 50% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*) e três cultivares de soja (NEO 790 IPRO; FT® 3165 IPRO e DAGMA 7921 IPRO), com 5 repetições.

O experimento foi realizado em uma área de 50 x 12 m, totalizando 600 m<sup>2</sup>, que foi dividida em cinco blocos de 10 x 12 totalizando 120 m<sup>2</sup>, no qual cada bloco foi dividido em linhas seguindo o espaçamento 50 cm entre as linhas, totalizando 24 linhas, onde cada tratamento foi realizado em 4 linhas, as quais foram divididas pelas três cultivares. Para plantio foi realizado a análise do solo, através da qual foi definida a adubação do solo que consistiu em 45 g de ureia por linha para os tratamentos que utilizaram 100% de adubação nitrogenada e 22,50 g nos tratamentos que utilizaram 50% da adubação nitrogenada, sendo este aplicado em cobertura, 142 g de cloreto de potássio por linha que foi parcelado no plantio e em cobertura e 117 g de superfosfato simples por linha.

A inoculação da semente foi realizada minutos antes do plantio na recomendação de 100 ml de A.

*brasilense* na concentração 1,8 x 10<sup>8</sup> UFC/mL para 50 kg de semente. A adubação de cobertura foi realizada no estágio V4 da cultura.

No estágio R5 da cultura foram analisadas as seguintes características: Altura de planta (AP), o qual foi determinado pela distância entre o nó cotiledonar e a extremidade apical da planta; Altura da inserção da primeira vagem (APV), o qual foi realizado medindo do nó cotiledonar da planta até a inserção da primeira vagem; Diâmetro do caule (DC); Número de folha (NF) e Número de vagens por planta (NVP).

O modelo estatístico utilizado baseou-se em esquema fatorial empregando-se o programa estatístico R (R Core Team, 2018) e o pacote corrplot (Wei & Simko 2021). Os valores observados das variáveis foram submetidos à análise de variância, segundo delineamento inteiramente casualizado, utilizando o teste F, e os efeitos qualitativos significativos foram comparados por meio do teste de Scott-Knott a ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatísticas realizadas para todas as características avaliadas estão apresentadas no Quadro 1. Observa-se que altura de planta, diâmetro do caule, número de folha por

**Quadro 1** - Resumo da análise de variância para os dados de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folha por planta (NF), altura de inserção de primeira vagem (APV) e número de vagem por planta (NVP) de cultivares de soja (*Glycine max*) submetidas a inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicações de doses de nitrogênio

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		AP	DC	NF	APV	NVP
Adubação	4	65,43*	3,85*	25,86 **	1,43 <sup>ns</sup>	175,08*
Cultivar	2	6,54 <sup>ns</sup>	2,42**	25,24 <sup>ns</sup>	5,91*	20,32 <sup>ns</sup>
Adubação x Cultivar	8	8,60 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	6,77 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	29,30 <sup>ns</sup>
Bloco	4	76,94*	3,23*	23,99 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	87,14 <sup>ns</sup>
Erro	56	14,91	0,62	10,73	0,72	47,51
CV (%)		12,58	14,29	22,45	15,32	30,73

GL: Graus liberdade; (\*) significativo pelo teste Scott-Knott a 5%; (\*\*) Significativo pelo teste Scott-Knott a 1%; (ns): não significativo; CV: Coeficiente de variação.

planta, número de vagem por planta e índice de área foliar foram influenciados pelo fator isolado forma de adubação. Verifica-se também que o diâmetro do caule, altura de inserção de primeira vagem, foram influenciados pelo fator isolado cultivar. Destaca-se, que não houve interação entre os tratamentos e as cultivares.

Quanto as variáveis que foram significativas para o fator isolado adubação como mostra o Quadro 2, verifica-se que a altura de planta (AP) e número de vagem por planta (NVP), apresentaram respostas positivas aos tratamentos T3: 100 % de adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*; T4: 0% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense* e T5: 50% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*, o que indica que a utilização do *Azospirillum brasilense* para essas variáveis substitui a utilização de fertilizantes mineral. Já os fatores diâmetro do caule (DC) e número de folha (NF) foram influenciados positivamente aos tratamentos T2: 100% de adubação nitrogenada; T3:100 % de adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*; T4: 0% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense* e T5: 50% adubação nitrogenada + *Azospirillum brasilense*, demonstrando que a utilização do *Azospirillum brasilense* proporciona mesmos efeitos que a adubação realizada com fertilizantes industriais. Esses resultados, podem ser explicados pela influência dos mecanismos de ação do *A. brasilense*, pois a produção de fitohormônios, favorece o desenvolvimento das raízes, que por sua vez, absorve maior quantidade de água e nutrientes, proporcionando assim maior vigor nas plantas, além de equilíbrio nutricional, visto o melhor aproveitamento dos nutrientes que estão presentes no solo e dos que são disponibilizados por meio das fertilizações (Hungria & Nogueira, 2014). Contudo, os autores ressaltam ainda que o maior desenvolvimento do sistema radicular com *A. brasilense* favorece a nodulação, logo ocorre maior contribuição na taxa de absorção de nitrogênio por meio da fixação biológica, proporcionando aumento na produtividade de vagens e sementes. Resultados similares foram encontrados pelos autores Dalolio *et al.* (2018), o qual verificaram que a co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, promoveu a maior produção de vagens. O autor Carniel (2022) encontrou melhores resultados de altura de planta nos tratamentos em que se realizou a coinoculação de *B. japonicum* com *A. brasilense*. Para a altura de planta Bertolin *et al.* (2010)

**Quadro 2 - AP, DC, NF e NVP de cultivares de soja cultivadas com diferentes TART de inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicações de doses de nitrogênio**

VARIÁVEL	T1	T2	T3	T4	T5
AP	27,31 b	30,59 b	32,98 a	31,33 a	31,29 a
DC	4, 64 b	5,61 a	5,78 a	5,94 a	5,55 a
NF	12,30 b	15,05 a	15,18 a	15,63 a	14,78 a
NVP	16,44 b	22,89 b	24,84 a	23,96 a	24,00 a

\*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

relatam que cultivares com altura de planta igual ou superior a 65 cm são desejáveis para a realização da colheita mecânica.

Com relação as variáveis que foram significativas para o fator isolado cultivar (Quadro 3), verifica-se que a cultivar NEO7090 apresentou melhor desempenho para diâmetro do caule (DC) e a cultivar FTR3165 para a variável altura de inserção de primeira vagem (APV). A altura de inserção da primeira vagem é uma característica crucial para o ajuste da altura de corte da colhedora, visando atingir a máxima eficiência durante esta atividade, pois esse é um processo de produção que causa maiores perdas de grãos (Cruz *et al.*, 2016). Sediyaama *et al.* (1999) destaca que plantas com inserção da primeira vagem inferior a 0,12 m para áreas planas e 0,15 m para áreas com declive podem causar perdas de grãos. Nesse viés, os autores Guimarães *et al.* (2008) destacam que a altura de planta é uma das características que deve ser levada em consideração quando se pensa em introduzir uma nova cultivar em uma região, pois essa variável se relaciona com o rendimento de grãos, controle de plantas daninhas e as perdas durante a colheita mecanizada. Os autores destacam ainda que podem ocorrer variações na altura de plantas, que são influenciadas pelo período de semeadura, espaçamento de plantas, umidade, temperatura, fertilidade do solo e outras condições relacionadas ao meio ambiente. O diâmetro do caule é uma característica importante para a cultura da soja, pois, está ligado a fatores como: maior tolerância ao acamamento, maior abertura estomática e maior disponibilidade hídrica (Setubal, 2021). O mesmo autor obteve resultados significativos em relação ao diâmetro do caule quando submeteu a soja em



**Quadro 3** - DC e APV de cultivares de soja cultivadas com diferentes tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicações de doses de nitrogênio

VARIÁVEL	DAGMA 7921 IPRO	FT® 3165 IPRO	NEO 790 IPRO
DC	5,22 b	4,45 b	5,84 a
APV	5,35 b	6,10 a	5,18 b

\*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

tratamentos com adubação nitrogenada. Segundo Pereira *et al.* (2018) o diâmetro do caule pode reduzir devido a competição entre as plantas pela luz,

que faz com que as plantas designem maior quantidade de fotoassimilados para o crescimento.

## CONCLUSÃO

A utilização de *Azospirillum brasilense* apresenta efeito significativo sobre as características morfológicas das plantas de soja.

Comparando-se os resultados obtidos, observou-se que a utilização do *Azospirillum brasilense* proporciona os mesmos resultados que a adubação com fertilizantes minerais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anjos, L. H. C.; Rosas, A. & Fontana, A. (2016) - Pedodiversidade e potencial agrícola das terras em Rondônia. In: Souza, F.R.; Bergamin, A.C.; Cipriani, H.N.; Dias, J.R.M.; Marcolan, A.L.; Wadt, P.G.S. & Espíndula, M.C. - *Solos no Noroeste do Brasil: propriedades e potencialidades*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Ariati, J.C. (2021) - *Componentes fitométricos e de rendimento da soja em resposta a diferentes microrganismos e métodos de inoculação*. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba, Universidade Federal de Santa Catarina. 50 p.
- Bertolin, D.C.; Sá, M.E.; Arf, O.; Furlani Junior, E.; Colombo, A.S. & Melo de Carvalho, F.L.B. (2010) - Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. *Bragantia*, vol. 69, n. 2, p. 339-347. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011>
- Bourscheidt, M.L.B.; Carneiro e Pedreira, B.; Pereira, D.H.; Zanette, M.C. & Devens, J. (2019) - Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. *Scientific Electronic Archives*. vol. 12, n. 3, p. 137-147.
- Carniel, J.V. (2022) - *Respostas da soja à inoculação com Bradyrhizobium japonicum e Azospirillum brasilense*. Trabalho de Conclusão de Curso. Chapecó, Universidade Federal da Fronteira do Sul. 37 p.
- Carvalho, R.L.S.; Nascimento, B.I.S.; Querino, C.A.S.; Silva, M.J.G. & Sanchez Delgado, A.R. (2016) - Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 18, p. 123-142. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.43228>
- CEPEA (2023) - *Índices: exportação do agronegócio*. [https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_Export\\_jan-dez\\_2023\(1\).pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Export_jan-dez_2023(1).pdf)
- CONAB (2023) - *Perspectivas para a agropecuária*. CONAB, Vol. 11. <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria>
- Crispino, C.C.; Franchini, J.C.; Moraes, J.Z.; Sibaldelle, R.N.R.; Loureiro, M.F.; Santos, E.N.; Campo, R.J. & Hungria, M. (2001) - *Adubação nitrogenada na cultura da soja*. Embrapa, Comunicado técnico, 75, p. 6. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/460181/1/comTec075.pdf>
- Cruz, S.C.S.; Sena Junior, D.G.; Santos, D.M.A.; Lunezzo, L.O. & Machado, C.G. (2016). Cultivo de soja sob diferentes densidades de sementes e arranjos espaciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, vol. 3, n. 1, p. 1-6. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.431>
- Dalolio, R.S.; Borin, E.; Cruz, R.M.S. & Alberton, O. (2018) - Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. *Journal of Agronomic Sciences*, vol. 7, p. 1-7.
- Franca, R.R. (2015) - Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. *Revista Geografias*, vol. 11, n. 1, p. 44–58. <https://doi.org/10.35699/2237-549X.13392>

- Fernandes, J. S. (2016). *Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada na Brachiaria decumbens*. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Dourados, Universidade Federal Da Grande Dourados. 49p.
- Guimarães, F.S.; Rezende, P.M.; Castro, E.M.; Carvalho, E.A.; Andrade, M.J.B. & Carvalho, E.R. (2008) - Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 32, n. 4, p. 1099-1106.
- Hirakuri, M.H. & Lazzarotto, J.J. (2014) - *O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro*. Embrapa Soja. 37p. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990000/o-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro>
- Huergo, L.F. (2006) - *Regulação do metabolismo do nitrogênio em Azospirillum brasilense*. Tese de Doutorado. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 2006. 187 p.
- Hungria, M. & Nogueira, M.A. (2014) - *Tecnologia de coinoculação: rizobium e Azospirillum em soja e feijoeiro*. Embrapa soja. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101148/1/folder-coinoculacao-2-copy.pdf>
- Judd, W. S.; Campbell, C. S.; Kallogg, E. A.; Donogwue, M. J. (2009) – *Sistemática vegetal: um estoque filogenético*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 632 p.
- Köppen, W. & Geiger, R. (1928) - *Clima der Erde*. Mapa de parede 150cmx200cm. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- Hymowitz, T. (1970) - On the Domestication of the Soybean. *Economic Botany*, vol. 24, p. 408-421. <https://doi.org/10.1007/BF02860745>
- Mendes, R.M.S.; Lucena, E.M.P. & Medeiros, J.B.L.P. (2015) - *Princípios de Fisiologia Vegetal*. 2ª ed. Fortaleza, eduCAPES, 129 p.
- Pereira, M.W.; Meert, L.; Neto, A.M.O.; Guerra, N.; Krenski, A. & Willwock, L. (2018) - Características agrônomicas de soja em função de espaçamentos entre linhas de semeadura. *Colloquium Agrariae*, vol. 14, n. 3, p.187-193. <https://doi.org/10.5747/ca.2018.v14.n3.a241>
- Pes, L.Z. & Arenhardt, M.H. (2015) - *Fisiologia Vegetal*. Colégio Politécnico da UFSM. [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/09\\_fisiologia\\_vegetal.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/09_fisiologia_vegetal.pdf)
- R Core Team (2018) - *R: A language and environment for statistical computing*. VIENA, AU: R Foundation for Statistical Computing. 2673 p.
- Reis, V.M.; Pedraza, R.O. & Teixeira, K.R.S. (2010) - *Diversidade e relação filogenética de espécies do gênero Azospirillum*. Embrapa Agrobiologia, Documentos 273. p. 24. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84635/1/DOC273-10.pdf>
- Sediyama, T.; Teixeira, R.C. & Reis, M.S. (1999) - *Melhoramento da soja*. In: Borém, A. (Ed) - *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa-MG: UFV, p. 478-533.
- Setubal, I.S. (2021) - *Marcha de absorção de nutrientes em soja sob adubação nitrogenada em regime hídrico pleno e deficitário*. Dissertação de Mestrado. Teresina, Universidade Federal do Piauí. 108 p.
- Wei, T. & Simko, V. (2021) - *R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix*. (Version 0.92). <https://github.com/taiyun/corrplot>