

UEMASUL



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, NATURAIS E LETRAS - CCANL  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**Diferentes arranjos populacionais para a cultura da soja na região sul maranhense**

**RANIEL DE MIRANDA CIRQUEIRA**

Estreito – MA

2025

Rua Godofredo Viana 1300 – CEP. 65901-480 – Imperatriz/MA. Fone (99)3524-5387  
C.N.P.J 26.677.304/0001-81 - Criada nos termos da Lei nº. 10.525, de 03.11.2016





C578d

Cirqueira, Raniel de Miranda

Diferentes arranjos populacionais para a cultura da soja na região sul maranhense. Raniel de Miranda Cirqueira. – Estreito, MA, 2025.

19 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Estreito, MA, 2025.

1. Desempenho agronômico. 2. Glycine max. 3. Eficiência produtiva. 4. Estreito- MA. I. Título.

CDU 633.34(812.1)

Ficha elaborada pela Bibliotecária: **Beatriz Araujo Serra CRB-13/1002**




DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS PARA A CULTURA DA SOJA  
NA REGIÃO SUL MARANHENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como requisito básico para a conclusão do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras.


Data de aprovação: 23/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **DEUCLEITON JARDIM AMORIM**  
Data: 29/07/2025 09:49:07-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Dr. Deucleiton Jardim Amorim  
Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho – UNESP

Documento assinado digitalmente  
 **ANDRESSA LAYANE FERREIRA LINHARES**  
Data: 29/07/2025 11:34:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Ms. Andressa Layane Ferreira Linhares  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Documento assinado digitalmente  
 **IVONE RODRIGUES DA SILVA**  
Data: 29/07/2025 10:03:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Ivone Rodrigues Da Silva  
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural- SENAR



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me sustentado com força, sabedoria e fé durante toda esta caminhada. Foi pela graça d'Ele que cheguei até aqui, superando desafios e aprendendo a cada passo.

À minha esposa, Júlia Santos, minha companheira incansável, que esteve ao meu lado em todos os momentos, me apoiando com amor, paciência e incentivo. À minha filha, Yasmin, que é minha inspiração diária e razão do meu esforço e dedicação. Aos meus pais, Valtemir e Maria, por todo o amor, valores e ensinamentos que carregarei por toda a vida. À minha irmã, Maxilane, por seu apoio e carinho constantes.

Aos amigos que fizeram parte deste projeto e da jornada acadêmica, em especial Robson, Givaldo, Carlos Eduardo, Joyce, Nágila e Ricardo, pela parceria, troca de ideias, amizade e apoio em todas as etapas.

Ao meu orientador, professor Deucleiton Jardim Amorim, pela orientação atenta, pelos conselhos e pela dedicação no acompanhamento deste trabalho. À professora Ruth de Abreu Araújo, coorientadora, pelo suporte e disponibilidade ao longo do curso.

Agradeço de forma especial ao senhor Barto, por ter gentilmente cedido a área que possibilitou a execução deste projeto, e à família Moraes, pelo apoio e contribuição ao desenvolvimento da pesquisa. Ao senhor Cirilo, gerente da Fazenda Pindaré, por disponibilizar as sementes de soja utilizadas no projeto, demonstrando confiança e parceria.

Também deixo meu reconhecimento a Uemasul, pela estrutura e base acadêmica ofertada, que foram fundamentais na minha formação, e à universidade, por ter me proporcionado este espaço de crescimento pessoal e profissional.



## RESUMO

A soja é uma cultura de grande relevância para o agronegócio brasileiro, exigindo práticas agronômicas otimizadas para maximizar sua produtividade. Este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e a produtividade da cultivar 80I82RSF IPRO Olimpo sob diferentes densidades de plantio, visando identificar o arranjo populacional mais eficiente e compreender os efeitos dessa variável sobre o crescimento da planta. O experimento foi conduzido em campo no município de Porto Franco – MA, utilizando quatro densidades (5, 10, 15 e 20 plantas  $m^{-1}$ ), com delineamento em blocos casualizados com seis repetições. As variáveis avaliadas foram número de nós, número de vagens, produtividade ( $scs\ ha^{-1}$ ), altura de plantas e diâmetro do caule. Os resultados indicaram que o número de nós e o número de vagens diminuíram com o aumento da densidade, sendo a menor densidade (5 plantas  $m^{-1}$ ) a mais favorável para o desenvolvimento morfológico individual. O diâmetro do caule também foi reduzido nas densidades mais altas devido à maior competição por recursos. A altura das plantas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Já a produtividade foi superior na densidade intermediária (15 plantas  $m^{-1}$ ) com média de 141,4  $sc\ ha^{-1}$ , evidenciando melhor equilíbrio entre desenvolvimento individual e ocupação da área. Conclui-se que a densidade de 15 plantas  $m^{-1}$  é a mais indicada para a cultivar 80I82RSF IPRO Olimpo nas condições avaliadas, por proporcionar maior rendimento por área e uso eficiente dos recursos disponíveis.

Palavras-chave: Desempenho agronômico. *Glycine max*. Eficiência produtiva.





## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Análise química e física do solo.....	12
<b>Tabela 2</b> - Resultados do número de nós, número de vagens e produtividade (sc ha-1) do genótipo de soja 80I82RSF IPRO Olimpo nas densidades de 5, 10, 15 e 20 plantas m-1.....	14
<b>Tabela 3</b> – Resultados da altura de plantas (cm) e diâmetro do caule (mm) do genótipo de soja 80I82RSF IPRO Olimpo nas densidades de 5, 10, 15 e 20 plantas m-1. ....	15



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Preparo do solo e semeadura da soja..... 11
- Figura 2** - Avaliação da altura, diâmetro do caule, secagem das plantas e pesagens de grãos..... 12







## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) é uma das mais relevantes do agronegócio brasileiro destacando-se pela sua importância econômica, social e ambiental. Introduzida no Brasil no início do século XX, a cultura passou por um processo de adaptação e desenvolvimento tecnológico, que permitiu sua expansão em larga escala, especialmente nas regiões do Cerrado (AMÉLIO *et al.*, 2011). Desde da década de 1960 investimentos em pesquisa e no desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições tropicais impulsionaram significativamente a produtividade da oleaginosa (APROSOJA, 2023). Essa evolução é resultado direto do melhoramento genético e de práticas agrônomicas eficientes que posicionaram o Brasil como um dos principais produtores e exportadores mundiais de soja (AGÊNCIA GOV, 2024).

A soja representa uma das principais culturas agrícolas do Brasil com destaque para a safra 2023/2024, em que o país colheu cerca de 147,3 milhões de toneladas, com produtividade média a 3.202 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2025). O estado do Maranhão contribuiu com aproximadamente 4,4 milhões de toneladas, cultivadas em 1,3 milhão de hectares. Entretanto, as condições climáticas locais, marcadas por temperaturas elevadas e forte déficit de pressão de vapor durante as horas mais quentes do dia, impõem desafios adicionais, especialmente quanto ao consumo hídrico das plantas (CONAB, 2025).

A produtividade das culturas agrícolas está diretamente ligada à capacidade das plantas em captar e utilizar de forma eficiente a luz solar e os nutrientes disponíveis no solo (HU *et al.*, 2024). A luz é o principal insumo da fotossíntese, processo fundamental para a produção de biomassa, enquanto a nutrição mineral fornece os elementos essenciais para o funcionamento metabólico, desenvolvimento estrutural e formação dos órgãos reprodutivos (TAIZ *et al.*, 2009). No entanto, a eficiência desses processos depende de fatores como a densidade de plantio e a arquitetura do dossel que influenciam tanto a interceptação luminosa quanto a absorção dos nutrientes.

No cultivo da soja inúmeros experimentos têm buscado identificar a densidade de plantas ideal para maximizar a produtividade. A pesquisa realizada na região do Cone Sul de Rondônia analisou o desempenho de diferentes cultivares de soja sob variadas densidades populacionais. Foi concluído que apesar da amplitude das densidades testadas ter pouco interferido na produtividade de grãos, recomendou-se o estabelecimento de densidades específicas para cada



cultivar como 13 plantas por metro linear para BRS 7080IPRO e BRS 7180 IPRO, e 16 plantas por metro linear para BRS 7981 IPRO (VEDANA, 2023)

Uma alta densidade de plantas pode aumentar a competição por luz, água e nutrientes, reduzindo a área foliar efetivamente exposta ao sol e comprometendo o desempenho fisiológico das plantas (DU *et al.*, 2015; TAO *et al.*, 2018). Em plantas mais altas ou com maior área foliar podem favorecer a captação de radiação solar no terço superior, mas também intensificam o sombreamento no terço inferior do dossel o que pode reduzir a atividade fotossintética das folhas localizadas nessas regiões (PILAU & ANGELOCCI, 2015). Esse efeito de sombreamento compromete o desenvolvimento reprodutivo, podendo resultar em menor número de vagens/planta e comprometendo na produtividade (SRINIVASAN *et al.*, 2017).

Diante desse cenário, ainda se faz necessário investigar a densidade de plantas mais adequada às condições específicas do Maranhão, considerando os aspectos climáticos e edáficos da região. Para isso, este estudo ocorreu na avaliação de uma única cultivar de soja, visando identificar a densidade populacional ideal que proporcione maior eficiência produtiva e uso racional dos recursos disponíveis.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVOS GERAIS

Estudar os efeitos do desenvolvimento e produtividade de soja da cultivar 80I82RSF IPRO OLIMPO sob diferentes densidades de plantio.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o arranjo populacional mais eficiente para maximizar o rendimento por área;
- Analisar como a densidade de plantio interfere nas variáveis de crescimento e nos componentes de produtividade.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. LOCALIZAÇÃO

O Trabalho foi realizado no município de Porto Franco, estado do Maranhão, situado na zona rural (6° 28' 40.8" S 47° 14' 23.2" W). A região apresenta condições adequadas para o cultivo mecanizado da soja, o que viabilizou a condução do experimento em campo.



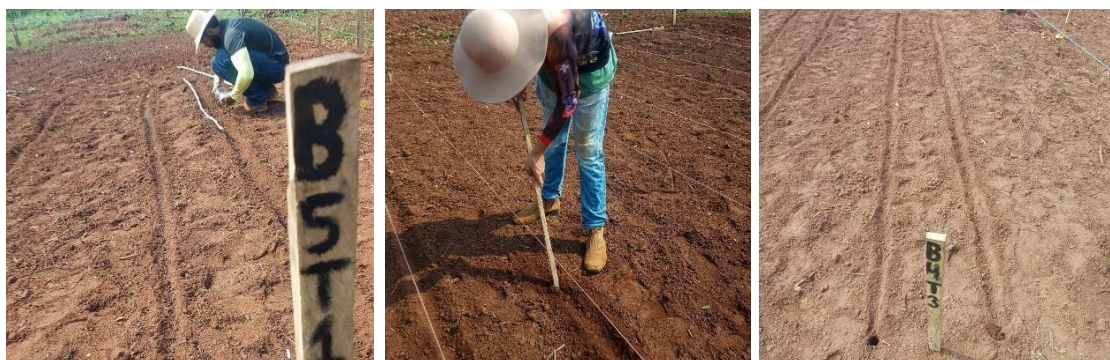
### 3.2. PREPARO DA ÁREA

O preparo do solo e as adubações foram executados com base nos resultados da análise de solo (Tabela 1), obedecendo às exigências nutricionais da cultura da soja. Essas práticas proporcionam um ambiente adequado para o desenvolvimento das plantas e a condução dos tratamentos propostos.

### 3.3. MATERIAL VEGETAL

O material genético utilizado foi o genótipo 80I82RSF IPRO OLIMPO. As sementes foram adquiridas na fazenda Agropecuária Pindaré, localizada na zona rural do município de Estreito – MA. O espaçamento entre fileiras adotado foi de 0,50 metro entre linhas em consonância com a prática regional de cultivo mecanizado (Figura 1).

**Figura 1** - Preparo do solo e semeadura da soja.



Fonte: Cirqueira (2025).

### 3.4. DESIGN EXPERIMENTAL

Os diferentes arranjos populacionais de plantas foram estabelecidos pela variação do número de plantas por metro linear (plantas  $m^{-1}$ ), sendo 5, 10, 15 e 20 plantas  $m^{-1}$ , o que resultou em densidades de 100, 200, 300 e 400 mil plantas  $ha^{-1}$ , respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e seis repetições. Cada parcela foi composta por duas linhas de 3 metros de comprimento. A área útil da parcela foi delimitada pelas duas linhas centrais e 1 metro no centro do comprimento, enquanto as extremidades foram utilizadas como bordaduras. As avaliações das variáveis foram realizadas ao final do ciclo da cultura, no estágio fenológico R8 (120 dias).



**Tabela 1** - Análise química e física do solo.

pH CaCl	P meh	S	K	Ca	Mg	Al	H + Al	M.O.	B	Cu
-		mg.dm <sup>-3</sup>			cmolc.dm <sup>-3</sup>			dag.kg <sup>-1</sup>		mg.dm <sup>-3</sup>
4,8	0,6	8	21	1,2	0,6	0,4	3,1	1,4	0,22	2,6
Fe	Mn	Zn	SB	CTCT	V	m	Ca	Mg	K	Textura
	mg.dm <sup>-3</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>			%				Média
45	13,6	0,4	1,85	4,95	37	18	24	12	1	

Fonte: Cirqueira (2025).

### 3.5. AVALIAÇÕES

No estágio R8 foi determinada a altura da planta no campo com auxílio de régua graduada, bem como o número de nós e número de vagens. Para o diâmetro do caule as mensurações foram feitas na região abaixo do nó cotiledonar utilizando paquímetro digital. Para o peso de grãos as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa por 24 horas com temperatura constante de 70°C. Após secagem, os grãos foram separados das palhas e pesados em balança de precisão com 4 casas decimais (Figura 2).

**Figura 2** - Avaliação da altura (A), diâmetro do caule (B), secagem das plantas (C) e pesagens de grãos (D).



Fonte: Cirqueira (2025).

### 3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o programa estatístico Infostat v. 2012. Os dados foram analisados quanto aos pressupostos de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilks. As comparações das médias foram analisadas com o teste Tukey com 5% de probabilidade.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação das diferentes densidades do genótipo de soja 80I82RSF IPRO Olimpo evidenciou variações morfológicas importantes entre os tratamentos, especialmente em relação ao número de nós, número de vagens e diâmetro do caule.

Os resultados demonstraram que o número de nós foi significativamente influenciado pela densidade de plantio (Tabela 2). A densidade de 5 plantas por metro ( $\text{plantas m}^{-1}$ ) resultou em média de 54,3 nós, seguido por 10 plantas  $\text{m}^{-1}$  (44,3 nós), 15 plantas  $\text{m}^{-1}$  (33,8 nós) e 20 plantas  $\text{m}^{-1}$  (23,1 nós). A maior emissão nodal em relação as densidades podem ser justificadas pela menor competição intraespecífica por recursos naturais, favorecendo o crescimento vegetativo individual. WANG, LIN e LI (2024), afirmam que ambientes menos densos promove a expressão de estruturas morfológicas como ramos e nós, potencializando o crescimento em volume da planta. MILADINOVIC e DORDEVIC (2003), também nos afirmam que em menores densidades populacionais proporciona maior interceptação de luz por planta, promovendo o desenvolvimento de estruturas vegetais, como ramos e nós.

O número de vagens apresentou diferenças significativas, acompanhando a tendência observada nos nós (Tabela 2). A densidade de 5 plantas  $\text{m}^{-1}$  obteve média de 120,5 vagens, seguida pelas densidades de 10 plantas  $\text{m}^{-1}$  (98,9 vagens), 15 plantas  $\text{m}^{-1}$  (68,8 vagens) e 20 plantas  $\text{m}^{-1}$  (42,5 vagens). O acúmulo de vagens foi favorecido pela maior disponibilidade de luz e nutrientes nas menores populações, o que contribui para a manutenção de estruturas reprodutivas. Conforme observado por FENG *et al.*, (2020) a intensidade do sombreamento em cultivos adensados reduz a assimilação de carbono nas folhas inferiores, comprometendo a formação e retenção de vagens nessas regiões do dossel.

A produtividade não apresentou respostas significativa (Tabela 2), embora tenha sido mais expressiva na densidade de 15 plantas  $\text{m}^{-1}$  com 141,4 sc  $\text{ha}^{-1}$ , em comparação as demais densidades, que obtiveram 123,1 sc  $\text{ha}^{-1}$  na densidade com 10 plantas  $\text{m}^{-1}$ , 110,1 sc  $\text{ha}^{-1}$  na densidade com 20 plantas  $\text{m}^{-1}$  e 84,2 sc  $\text{ha}^{-1}$  na densidade com 5 plantas  $\text{m}^{-1}$ . Esses dados sugerem a exigência de uma densidade de plantas que proporciona o melhor aproveitamento da área cultivada, equilibrando a produtividade individual das plantas e o número de plantas por hectare. Em densidades mais baixas apesar do maior desenvolvimento individual a baixa ocupação da área de plantio limita o rendimento total. Já em densidades mais elevadas o aumento da competição por luz, água e nutrientes reduz o desempenho de cada planta. Esse conceito é corroborado por



CARCICHI e CIAMPITTI (2019) que definem a densidade ótima como aquela em que ocorre o máximo rendimento por hectare, variando de cerca de 97.000 e 127.000 plantas por hectare conforme o potencial de produção do ambiente. Além disso, XU *et al.*, (2021) demonstram que o aumento a densidade eleva a interceptação de luz e acumulação e massa, resultando em até 22,8% de ganho de produtividade, embora possa intensificar a competição entre plantas.

**Tabela 2** - Resultados do número de nós, número de vagens e produtividade (sc ha-1) do genótipo de soja 80I82RSF IPRO Olimpo nas densidades de 5, 10, 15 e 20 plantas m-1.

Densidade	Número de nós	Número de vagens	Produtividade sc ha <sup>-1</sup>
5 plantas m <sup>-1</sup>	54,3 ± 3 a	120,5 ± 11 a	84,2 ± 14,7 a
10 plantas m <sup>-1</sup>	44,3 ± 3 ab	98,9 ± 11 ab	123,1 ± 14,7 a
15 plantas m <sup>-1</sup>	33,8 ± 3 bc	68,8 ± 11 bc	141,4 ± 14,7 a
20 plantas m <sup>-1</sup>	23,1 ± 3 c	42,5 ± 11 c	110,1 ± 14,7 a

Fonte: Cirqueira (2025).

Valores expressos como média ± erro padrão. Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores apresentados em escala original.

Para a altura de plantas a média entre as densidades não foram significativos, acompanhando a mesma tendência estatística no número de nós e número de vagens (Tabela 3). Na densidade de 5 plantas m<sup>-1</sup> resultou na média de 63,3 cm, seguida por 10 plantas m<sup>-1</sup> (61,6 cm), 15 plantas m<sup>-1</sup> (62,7 cm) e 20 plantas m<sup>-1</sup> (64,2 cm). A homogeneidade do crescimento sugere que mesmo diferentes densidades de plantio a altura de plantas foi pouco afetada. Algo semelhante encontrado por CARMO *et al.*, (2017) na qual não foi observado diferenças estatísticas para altura de plantas de soja, independente da época de semeadura e o espaçamento das plantas. Esse comportamento pode ser explicado pela baixa plasticidade fenotípica da altura da planta em comparação com outras características morfológicas mais sensíveis ao ambiente, como número de nós ou diâmetro do caule. Segundo WU *et al.*, (2022) a altura de plantas tende a apresentar menor variabilidade em resposta a mudanças do arranjo populacional, sobretudo quando as condições edafoclimáticas são adequadas, sem restrições hídricas ou nutricionais. Além disso, cultivares modernas de soja frequentemente possuem arquitetura mais compacta e internódios mais uniformes, justamente para reduzir variações excessivas em altura, o que favorece a colheita mecanizada e reduz riscos e acamamento (LIU *et al.*, 2016).



O diâmetro do caule apresentou diferença estatística e redução progressiva com o aumento da densidade (Tabela 3). Na densidade de 5 plantas  $m^{-1}$  obteve maior média de 11,5 mm, seguido de 10 plantas  $m^{-1}$  (10,1 mm), 15 plantas  $m^{-1}$  (9,5 mm) e 20 plantas  $m^{-1}$  (8,2 mm). A redução do diâmetro em densidades mais elevadas pode ser atribuída à maior competição por fotoassimilados que são preferencialmente destinados a diferentes órgãos da planta. Segundo SUHRE *et al.*, (2014), o aumento da densidade resulta em uma redistribuição dos fotoassimilados para estruturas reprodutivas ou para o crescimento apical, em detrimento do espessamento do caule. Além disso, WENHAI, M. *et al.*, (2019) destacaram que a limitação de recursos em alta densidade reduz a taxa de assimilação líquida e a alocação de biomassa em tecidos de sustentação como o caule. Isso indica que competição entre plantas a competição entre plantas embora tenha sido suficiente para afetar o diâmetro do caule, não foi intensa o bastante para provocar alterações relevantes na altura.

**Tabela 3** – Resultados da altura de plantas (cm) e diâmetro do caule (mm) do genótipo de soja 80I82RSF IPRO Olimpo nas densidades de 5, 10, 15 e 20 plantas  $m^{-1}$ .

Densidade	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do caule (mm)
5 plantas $ha^{-1}$	63,3 ± 1,4 a	11,5 ± 0,4 a
10 plantas $ha^{-1}$	61,6 ± 1,4 a	10,1 ± 0,4 ab
15 plantas $ha^{-1}$	62,7 ± 1,4 a	9,5 ± 0,4 bc
20 plantas $ha^{-1}$	64,2 ± 1,4 a	8,2 ± 0,4 c

Fonte: Cirqueira (2025).

Valores expressos como média ± erro padrão. Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores apresentados em escala original.

## 5. CONCLUSÃO

O número de nós é reduzido com o aumento da densidade. A menor densidade (5 plantas  $m^{-1}$ ) proporciona maior emissão nodal devido à menor competição entre plantas.

O número de vagens segue a mesma tendência do número de nós, sendo que as menores densidades favorecerem a formação de vagens, com destaque para 5 plantas  $m^{-1}$ .

Em relação a produtividade não houve diferença estatística, mas a densidade de 15 plantas  $m^{-1}$  proporciona um rendimento de 141,4 sc  $ha^{-1}$ , evidenciando melhor aproveitamento da área cultivada.



O diâmetro do caule é reduzido com o aumento do número de plantas, sendo que a menor densidade proporcionou maior espessura devido à menor competição entre plantas.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. Linha do tempo com cultivares conta a história da soja no Brasil. Brasília, DF: **Agência Gov**, 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202502/linha-do-tempo-com-cultivares-conta-a-historia-da-soja-no-brasil>. Acesso em: 1 jun. 2025.

AMÉLIO, N.; ALMEIDA, L. A.; MENDONÇA, J. A. C. A cultura da soja no Brasil: características agronômicas e avanços tecnológicos. In: LOPES, M. A.; BARROS, A. H. C. (org.). A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**, 2011. p. 179–195. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/906861/1/amelio.soja.2011.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2025.

APROSOJA BRASIL. A soja: **Aprosoja Brasil**, 2023. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CARCIOCHI, W. D.; CIAMPITTI, I. A. Agronomic Optimal Plant Density by Yield Environment in Soybean. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 5, ed. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7778>. Disponível em: <https://newprairiepress.org/kaesrr/vol5/iss6/6/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CARMO, E. L. *et al.* Desempenho agronômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, 2017. DOI: DOI: 10.5965/223811711712018061.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 25 abr. 2025.

DU, X. *et al.* Winter wheat biomass estimation using high temporal and spatial resolution satellite data combined with a light use efficiency model. **Geocarto International**, v. 30, p. 258–269, 2015.

FENG, L. *et al.* Delayed maize leaf senescence increases the land equivalent ratio of maize soybean relay intercropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 118, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126092>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S116103012030099X?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jun. 2025.



HU, P. *et al.* Estimating aboveground biomass dynamics of wheat at small spatial scale by integrating crop growth and radiative transfer models with satellite remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v. 311, 2024. ISSN 0034-4257.

LIU, W. *et al.* Relação entre o acúmulo de celulose e a resistência ao acamamento no caule de soja consorciada em revezamento [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Pesquisa de culturas de campo**, v. 196, p. 261-267, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429016302180>. Acesso em: 30 jun. 2025.

MILADINOVIC, J; DORDEVIC, VUK. **Morfologia e estágios de desenvolvimento da soja**. Sojaprotein, 71 p., 2011. ISBN: 978-86-80417-26-4. Disponível em: <https://fiver.ifvcs.rs/handle/123456789/3525>. Acesso em: 09 jul. 2025.

PILAU, F. G.; ANGELOCCI, L. R. Área foliar e interceptação de radiação solar pela copa de uma laranjeira. **Agrometeorologia**, Bragantia, Campinas, v. 74, n. 4, p. 476–482, 2015.

SRINIVASAN, V.; KUMAR, P.; LONG, S. P. Decreasing, not increasing, leaf area will raise crop yields under global atmospheric change. **Global Change Biology**, v. 23, p. 1626–1635, 2016.

SUHRE, J. J. *et al.* Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 5, p. 1631–1642, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0003>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj14.0003>. Acesso em: 09 jul. 2025.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 818 p. ISBN 9788536316147.

TAO, Z. Q. et al. Light interception and radiation use efficiency response to tridimensional uniform sowing in winter wheat. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 3, p. 566–578, 2018.

VEDANA, M. A. Análise da produtividade de cultivares de soja em função da densidade populacional de plantas. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia**, Campus Colorado do Oeste, Colorado do Oeste, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifro.edu.br/items/9c9f2864-f47f-44b5-ae12-0ea4bcb0b470>. Acesso em: 26 mai. 2025.

WANG, J.; LIN, X.; LI, X. The Role of Plant Density and Nutrient Management in Soybean Yield Optimization. **Legume Genomics and Geenetics**, v. 15, n. 6, p. 280-290, 2024. DOI: 10.5376/lgg.2024.15.0027. Disponível em: <https://cropscipublisher.com/index.php/lgg/article/view/4021>. Acesso em: 30 jun 2025.



WENHAI, M. *et al.* Medium-term effects of different types of N fertilizer on yield, apparent N recovery, and soil chemical properties of a double rice cropping system. *Field Crops Research*, v. 234, n. 15. 87-94, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.02.012> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037842901830635X?via%3Dihub>. Acesso em: 18 jul. 2025.

WU, Y. *et al.* Morphological and physiological variation of soybean seedlings in response to shade. *Sec. Plant Abiotic Stress*, v. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1015414>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.1015414/full>. Acesso em: 30 jun. 2025.

XU, C. *et al.* High Density and Uniform Plant Distribution Improve Soybean Yield by Regulating Population Uniformity and Canopy Light Interception. *Agronomy*, v. 11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091880>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1880>. Acesso em: 30 jun. 2025.

XUAN, J. *et al.* Effects of multiple planting densities on lignin metabolism and stem morphological characteristics in soybean under strip intercropping. *Agriculture*, Basel, v. 10, n. 8, p. 1177, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10081177>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/8/1177>. Acesso em: 09 jul. 2025.

