



GABRIELA SANTANA DE SOUZA

**RESPOSTA DE LINHAGENS DE SOJA DE DIFERENTES
GRUPOS DE MATURAÇÃO AOS FITO-HORMÔNIOS**

**LAVRAS-MG
2026**

GABRIELA SANTANA DE SOUZA

**RESPOSTA DE LINHAGENS DE SOJA DE DIFERENTES GRUPOS DE
MATURAÇÃO AOS FITO-HORMÔNIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Orientadora

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
Coorientador

**LAVRAS-MG
2026**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Souza, Gabriela Santana de.

Resposta de linhagens de soja de diferentes grupos de maturação aos
fito-hormônios / Gabriela Santana de Souza. - 2026.
39 p. : il.

Orientadora: Flávia Flávia Maria Avelar Gonçalves

Coorientador: Magno Antônio Patto Ramalho

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2026.
Bibliografia.

1. Glycine max. 2. melhoramento genético de plantas. 3. reguladores de
crescimento.. I. Flávia Maria Avelar Gonçalves, Flávia. II. Antônio Patto Ramalho,
Magno. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

GABRIELA SANTANA DE SOUZA

**RESPOSTA DE LINHAGENS DE SOJA DE DIFERENTES GRUPOS DE
MATURAÇÃO AOS FITO-HORMÔNIOS**

**RESPONSE OF SOYBEAN LINES FROM DIFFERENT MATURITY GROUPS TO
PHYTOHORMONES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de março de 2026.

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

Dra. Maisa Curtolo

Dr. Eric Vinicius Vieira Silva

UFLA

UFLA

CORTEVA

CORTEVA



Documento assinado digitalmente

FLAVIA MARIA AVELAR GONCALVES

Data: 26/06/2026 18:14:30-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Orientador

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
Coorientador

**LAVRAS-MG
2026**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida, a saúde e a força necessária para chegar até aqui.

À minha família, em especial aos meus pais, Cleuzio e Enia, à minha irmã Daniela, à minha avó Nadir e ao meu avô Valdivino (in memoriam), por sempre me apoiarem, incentivarem minha trajetória acadêmica e estarem sempre ao meu lado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a toda a equipe do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – Mestrado Profissional, pela oportunidade e pelas condições oferecidas para a realização deste curso.

Aos professores Magno Antônio Patto Ramalho, Flávia Maria Avelar Gonçalves, Aurinelza Batista Teixeira Condé, Giovana Augusta Torres, João Cândido de Souza e José Ailton Rodrigues Nunes, por todo o conhecimento compartilhado e pela paciência em cada disciplina ministrada.

À professora Flávia Maria Avelar Gonçalves, pela orientação precisa e pelos ensinamentos compartilhados durante todo o curso.

À Corteva empresa em que trabalho, em especial aos líderes Cristiano Nunes e à Maisa Curtolo, por fornecerem as condições necessárias para a realização deste mestrado profissional e pelo entendimento da importância desta capacitação.

Aos colegas de turma, em especial ao Renan, à Milena, ao Gustavo, ao Benhur e à Giovana, pelas semanas de intenso aprendizado e pela excelente companhia durante este período.

Ao Éric Vinicius Vieira Silva e ao Orlando Gonçalves Brito, pelo auxílio fundamental na elaboração e interpretação dos dados.

Aos colegas de trabalho que auxiliaram na condução e implementação do ensaio.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

RESUMO

O aumento da produtividade da soja (*Glycine max*) depende da integração entre o potencial genético das cultivares e o uso de tecnologias de manejo fisiológico e fitossanitário entre outros. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de linhagens de soja pertencentes a diferentes grupos de maturação relativa (GMR), submetidas a tratamentos com fito-hormônios, e identificar possíveis interações entre esses fatores. O experimento foi conduzido em Porto Nacional - TO, na safra de 2024, utilizando um delineamento em parcelas subdivididas (Split-plot). O fator principal consistiu em 24 cultivares de ciclos precoce, semiprecoce e tardio, enquanto as subparcelas receberam sete tratamentos hormonais (Ácido Giberélico isolado em doses crescentes; combinações de Cinetina + GA₃ + AIB; e controle). Foram avaliadas variáveis fenológicas, morfológicas e componentes de rendimento. Os resultados indicaram efeitos significativos das linhagens, dos tratamentos fito-hormonais e da interação entre ambos para produtividade e acamamento. A diversidade genética vinculada ao GMR foi determinante nas características agrônômicas, com os grupos de maior ciclo apresentando teto produtivo superior, porém também maior suscetibilidade ao acamamento. O tratamento B1 (Cinetina + GA₃ + AIB, 1 L) foi o mais eficaz, proporcionando a maior média de produtividade (1373,33 kg.ha⁻¹). O desdobramento mostrou que linhagens 8EMG4 (semiprecoce) e 8HTM8 (tardio) foram as mais responsivas ao B1, com incrementos superiores a 15%. A matriz de correlação de Pearson revelou forte associação positiva entre produtividade, altura de planta e acamamento ($r = 0,84$), enquanto o peso de 100 sementes (P100) apresentou variação pouco influenciada pelo manejo hormonal, refletindo maior controle genético. Conclui-se que a maximização do sucesso produtivo na cultura da soja depende da escolha criteriosa do GMR integrada ao uso balanceado de reguladores de crescimento, o que favorece o aumento de estruturas produtivas, exigindo atenção especial quanto ao risco de acamamento das linhagens mais vigorosas.

Palavras-chaves: *Glycine max*; melhoramento genético de plantas; reguladores de crescimento

ABSTRACT

The increase in soybean (*Glycine max*) productivity depends on the integration between the genetic potential of cultivars and the use of physiological management technologies among others. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of soybean lines belonging to different relative maturity groups (RMG), subjected to phytohormone treatments, and to identify possible interactions between these factors. The experiment was conducted in Porto Nacional - TO, during the 2024 harvest, using a split-plot design. The main factor consisted of 24 cultivars with early, semi-early, and late cycles, while the subplots received seven hormonal treatments (isolated Gibberellic Acid in increasing doses; combinations of Kinetin + GA_3 + IBA; and control). Phenological, morphological, and yield component variables were evaluated. The results indicated significant effects of the lines, phytohormonal treatments, and the interaction between both for yield and lodging. Genetic diversity linked to the RMG was determinant in agronomic characteristics, with longer-cycle groups presenting a higher yield ceiling, but also greater susceptibility to lodging. Treatment B1 (Kinetin + GA_3 + IBA, 1 L) was the most effective, providing the highest average yield (1373.33 kg.ha⁻¹). The interaction analysis showed that lines 8EMG4 (semi-early) and 8HTM8 (late) were the most responsive to B1, with increments exceeding 15%. Pearson's correlation matrix revealed a strong positive association between yield, plant height, and lodging ($r = 0.84$), while the 100-seed weight (P100) showed little variation influenced by hormonal management, reflecting greater genetic control. It is concluded that maximizing productive success in soybean crops depends on the careful choice of RMG integrated with the balanced use of growth regulators, which favors the increase of productive structures, requiring special attention regarding the lodging risk of more vigorous lines.

Keywords: *Glycine max*; plant breeding; growth regulators.

INDICADORES DE IMPACTO

O trabalho foi conduzido em Porto Nacional, Tocantins, região estratégica do MATOPIBA, avaliando o desempenho de 24 linhagens de soja com o propósito de abastecer programas de melhoramento genético nacionais e globais. A pesquisa apresenta impactos tecnológicos e econômicos significativos ao validar o uso de fito-hormônios como ferramenta para garantir a produção de sementes com vigor superior, essencial para o avanço de gerações e testagem em diferentes regiões geográficas. Os resultados demonstraram que o tratamento sinérgico (Cinetina + GA₃ + AIB) possibilitou incrementos de produtividade superiores a 15% em linhagens específicos, como as 8EMG4 (semiprecoce) e 8HTM8 (tardio). Ao identificar a forte correlação ($r = 0,84$) entre produtividade, altura de planta e acamamento, o estudo fornece parâmetros técnicos reais para a escolha criteriosa dos locais de ensaio e o manejo do risco estrutural conforme o grupo de maturação relativa. Em relação à política nacional de extensão, os impactos do trabalho podem ser classificados nas áreas de tecnologia e produção, meio ambiente e trabalho. Os impactos da pesquisa estão alinhados aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da organização das nações unidas (ONU), em especial à agricultura sustentável, à inovação tecnológica e ao crescimento econômico. Parâmetros esses que visam o foco em sustentabilidade, proteção ao meio ambiente e eficiência produtiva. Por isso, este estudo traz alternativas técnicas que atuam como uma ponte entre a pesquisa científica e a prática de campo, fornecendo sementes de alta qualidade para o abastecimento do setor de melhoramento e sugerindo linhagens mais produtivas que auxiliem a sociedade e o meio ambiente, ao permitir produzir sementes com maior vigor em menos espaço e com precisão técnica regional.

IMPACT INDICATORS

The study was conducted in Porto Nacional, Tocantins, a strategic region of the MATOPIBA agricultural frontier, evaluating the performance of 24 soybean lines with the purpose of supplying national and global plant breeding programs. The research presents significant technological and economic impacts by validating the use of phytohormones as a tool to ensure the production of seeds with superior vigor, essential for advancing generations and testing in different geographic regions. Results demonstrated that the synergistic treatment (Kinetin + GA₃ + IBA) enabled yield increments exceeding 15% in specific materials, notably the 8EMG4 (semi-early) and 8HTM8 (late) lines. By identifying a strong positive correlation ($r = 0.84$) between yield, plant height, and lodging, the study provides real technical parameters for the careful selection of trial sites and the management of structural risk according to the relative maturity group. Regarding the national extension policy, the impacts of the work can be classified in the areas of technology and production, environment, and labor. The research impacts are aligned with the United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDG), particularly sustainable agriculture, technological innovation, and economic growth. These parameters focus on sustainability, environmental protection, and productive efficiency. Therefore, this study provides technical alternatives that act as a bridge between scientific research and field practice, providing high-quality seeds for the plant breeding sector and suggesting more productive lines that assist society and the environment by allowing the production of higher vigor seeds in less space and with regional technical precision.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1	Cultura da soja	9
2.2	Melhoramento genético da soja	11
2.3	Grupo de Maturação	12
2.4	Fito-hormônio	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Local de condução do experimento	17
3.2	Condução experimental	18
3.3	Fatores avaliados	19
3.4	Análises estatísticas.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a produção mundial de soja tem apresentado crescimento contínuo, impulsionada pela demanda por proteína vegetal, óleo e biocombustíveis. Atualmente, Brasil, Estados Unidos e Argentina permanecem como os principais produtores globais, respondendo pela maior parte da oferta global (USDA, 2024). Alinhado a essa tendência mundial, o Brasil apresenta uma expansão consistente em sua fronteira agrícola. Prova disso é que na safra 2024/25, o país atingiu aproximadamente 169,6 milhões de toneladas em área superior a 47 milhões de hectares (CONAB 2025). Este desempenho deve ser superado na safra 2025/26, para a qual as projeções indicam um novo recorde de aproximadamente 177,6 milhões de toneladas, consolidando definitivamente a liderança brasileira no mercado internacional de soja (CONAB 2025).

Nesse contexto de expansão, a soja avançou não apenas em volume, mas também em qualidade, o que reflete a crescente tecnificação dos sistemas produtivos. Para isso, produtores têm adotado novas tecnologias e ferramentas fornecidas pelas empresas do setor agrícola e instituições. Isso porque a obtenção de grãos de alta qualidade depende da adoção de estratégias de manejo adequadas, que envolvem a escolha criteriosa das cultivares, o plantio na época recomendada e a implementação de práticas de manejo eficientes. Dessa forma, os principais fatores determinantes para alcançar altas produtividades incluem aspectos ambientais, genéticos e tecnológicos (Dallagnol et al., 2019).

Dentre os fatores genéticos, destaca-se o ciclo de vida das cultivares de soja, que é fortemente influenciado pelos estresses bióticos e abióticos. Por esse motivo, é crucial considerar a latitude, visto que seus efeitos impactam diretamente essas características. Uma vez que se inicia a floração quando o fotoperíodo se torna inferior a um limite crítico, o qual varia conforme a sensibilidade genética de cada cultivar. Somado a isso, devido à grande variabilidade de condições edafoclimáticas nas diferentes regiões produtoras, estratégias de melhoramento têm buscado aprimorar a adaptação das cultivares, considerando fatores como temperatura, precipitação, tipos de solo e fotoperíodo. Nesse sentido, para atender a essa diversidade, as cultivares são classificadas em grupos de maturação (Pereira et al., 2011), conforme a duração de seu ciclo de desenvolvimento, o que permite a seleção de cultivares mais adequadas para cada ambiente e favorece o máximo desempenho agrônomo.

O grupo de maturidade relativa (GMR) refere-se ao tempo necessário para que a planta complete seu ciclo, desde a semeadura até a maturidade fisiológica em uma determinada

microrregião. Nesse sentido, a escolha adequada do GMR é fundamental para que as plantas consigam expressar seu potencial produtivo, viabilizando a adaptação aos diversos cenários edafoclimáticos do território nacional. Visto que a duração do ciclo é determinada geneticamente pela sensibilidade aos fatores já mencionados, a adaptabilidade de uma cultivar torna-se estritamente dependente da localização geográfica, ajustando-se às condições específicas de fotoperíodo e temperatura de cada região (Bexaira et al., 2018).

Além da escolha adequada das cultivares, práticas complementares de manejo têm sido estudadas para otimizar o desempenho da lavoura e maximizar a produtividade, destacando-se o uso de reguladores de crescimento vegetal aplicados via foliar. Esses fitorreguladores têm demonstrado efeitos positivos sobre o desenvolvimento da soja, ao promoverem maior diferenciação, alongamento e divisão celular, o que amplia a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas. Tais benefícios incidem sobre diversas fases do ciclo de desenvolvimento das plantas, desde a germinação das sementes até a senescência, resultando, em última análise, em incrementos significativos na produtividade final (Araújo et al., 2021). Contudo, as respostas fisiológicas a esses estímulos podem variar conforme a especificidade de cada cultivar e seu respectivo grupo de maturação. Diante da necessidade de compreender essa interdependência entre o manejo fito-hormônio e a fenologia da cultura, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho agrônomo de cultivares de soja pertencentes a diferentes grupos de maturação submetidas a distintos tratamentos fito-hormonais, bem como identificar possíveis interações entre esses fatores sobre as características agrônômicas da cultura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max*) é uma planta oleaginosa autógama pertencente à família Fabaceae, a qual compreende espécies de relevância alimentar como o feijão, a lentilha e a ervilha. Do ponto de vista citogenético, apresenta número cromossômico $2n = 40$. O cultivo da soja é de grande importância para a economia mundial, impulsionado por sua versatilidade no processamento industrial e na composição de cadeias produtivas de proteína animal e biocombustíveis (Seixas, 2020).

A planta da soja possui um sistema radicular profundo e bem desenvolvido, com raízes principais que podem penetrar até 1,5 metros no solo. As raízes secundárias e terciárias são abundantes e contribuem para a fixação de nitrogênio, em razão da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (Sediyama, Silva, & Borém, 2015).

O caule da soja é ereto, ramificado e pode variar em altura de 30 cm a 1,5 metro, dependendo da variedade e das condições de cultivo. Geralmente é coberto por pequenos pelos, que lhe conferem textura pubescente (Sediyama, Silva, & Borém, 2015). As folhas são trifolioladas, compostas por três folíolos ovais ou lanceolados, alternadas e com estípulas na base. Durante o ciclo de crescimento, a planta passa por fases vegetativas e reprodutivas, sendo a formação de folhas um indicador chave do seu desenvolvimento (Hartman, West, & Herman, 2011).

As flores são pequenas e podem apresentar coloração branca, púrpura ou rosa, agrupadas em inflorescências do tipo racemo. A polinização é predominantemente autógama, ou seja, ocorre principalmente por autofecundação, favorecendo a produção de sementes geneticamente semelhantes à planta-mãe. Entretanto, há uma taxa pequena de cruzamento (crossing) natural, geralmente inferior a 1%, podendo variar de acordo com as condições ambientais e o manejo, mas representando uma fração mínima em relação ao total da reprodução da espécie. O fruto é uma vagem que contém de duas a quatro sementes. As vagens são cobertas por pequenos pelos (pubescentes) e apresentam coloração que varia do verde ao marrom conforme o estágio reprodutivo. A maturação ocorre de forma sequencial, iniciando-se pelos nós basais e progredindo para o ápice da planta (Sediyama, Silva, & Borém, 2015).

As sementes de soja possuem elevado valor nutricional, sendo compostas, em média, por cerca de 40% de proteína e 20% de óleo, embora esses teores possam variar conforme a cultivar e o ambiente. A coloração das sementes também é variável, podendo apresentar

tonalidades que vão do amarelo ao preto. Atualmente, os grãos constituem a principal fração comercializada da planta, com ampla versatilidade na alimentação humana e animal, além de servirem como matéria-prima essencial para a indústria de óleos e biocombustíveis (USDA, 2024).

A soja pertence ao grupo das dicotiledôneas e apresenta um sistema radicular bem desenvolvido, além da parte aérea composta por caule, folhas e órgãos reprodutivos. Quanto ao hábito de crescimento, as cultivares podem ser classificadas como de crescimento determinado ou indeterminado. O hábito determinado caracteriza-se pelo encerramento do desenvolvimento vegetativo após o início a fase reprodutiva, resultando em plantas de porte mais baixo e maturação uniforme. Por outro lado, o hábito indeterminado permite o crescimento contínuo da haste principal durante os estágios iniciais da reprodução, proporcionando plantas de porte elevado e com maior plasticidade fenológica frente a variações ambientais (José et al., 2019).

O desenvolvimento da soja é comumente dividido em dois grupos principais de estágios: vegetativos (V) e reprodutivos (R), conforme o sistema proposto por Fehr e Caviness (1977). O estágio inicial, VE, corresponde à emergência dos cotilédones, em seguida, ocorre o estágio VC, no qual os cotilédones estão completamente abertos e as bordas das folhas unifolioladas não se tocam mais. Após esse período, os estágios vegetativos são numerados sequencialmente (V1, V2, V3, ..., Vn), sendo cada novo estágio corresponde à formação de um novo nó na haste principal com folhas trifolioladas totalmente desenvolvidas (Farias et al., 2007).

O período juvenil refere-se ao intervalo após a emergência durante o qual a planta ainda não possui competência para iniciar a floração, mesmo sob fotoperíodos indutores. Esse período é fundamental para o estabelecimento da cultura e para a definição do potencial produtivo, sendo influenciado por fatores genéticos e ambientais, como temperatura e comprimento do dia (Sinclair & Hyeun, 1987). O uso do 'Período Juvenil Longo' foi o marco que permitiu a adaptação da soja ao Cerrado, impedindo a indução floral precoce típica de baixas latitudes.

Nos estágios reprodutivos, o ciclo é marcado pelo início da floração (R1), seguido pelo florescimento pleno (R2), formação das primeiras vagens (R3), desenvolvimento completo das vagens (R4), início do enchimento dos grãos (R5), grãos verdes ou vagens completamente cheias (R6), início da maturação das sementes (R7) e, por fim, maturação completa (R8), que marca o final do ciclo da cultura.

2.2 Melhoramento genético da soja

Com o avanço dos programas de melhoramento genético, tornou-se fundamental avaliar sua eficácia e verificar se, de fato, os processos de seleção promoviam incrementos no valor genético dos genótipos disponíveis. Nesse contexto, a estimativa do ganho ou progresso genético passou a constituir uma ferramenta essencial, permitindo mensurar a eficiência desses programas por meio de diferentes métodos estatísticos e experimentos. Essa abordagem possibilita não apenas quantificar a evolução das cultivares, mas também analisar o desempenho das distintas etapas do processo e identificar pontos críticos passíveis de aprimoramento (Toledo, 1990).

Nesse sentido, embora existam métodos como a seleção em linhagens puras, a maioria dos programas de melhoramento baseados em hibridação segue, conforme descrito por Lopes et al. (2002), quatro etapas principais: seleção dos genitores; realização de hibridações para gerar genótipos segregantes; avanço das gerações iniciais por meio de autofecundações; e, por fim, avaliação do desempenho agrônomo e seleção das linhagens experimentais.

A fase inicial consiste na escolha dos genitores, que devem ser portadoras de características desejáveis, como alta produtividade, resistência a pragas e doenças, e tolerância a estresses abióticos. Essa seleção pode ser realizada por meio de avaliações fenotípicas, visando estimar o valor genético dos indivíduos, ou com o auxílio de marcadores moleculares para a identificação de genes ou regiões genômicas de interesse.

Após a escolha dos genitores, procede-se à realização de cruzamentos direcionados. O objetivo é recombinar, em um único genótipo, os alelos favoráveis presentes em ambos os genitores. Esse processo resulta em uma população segregante com ampla variabilidade genética, o que permite a identificação e seleção de indivíduos com combinações fenotípicas superiores.

A fase intermediária, correspondente ao avanço das gerações de endogamia, é conduzida de forma rotineira com o propósito de desenvolver genótipos homozigotos, o que aumenta a confiabilidade dos testes de avaliação. Genótipos homozigotos permitem avaliações mais precisas devido à estabilidade genética e à maior disponibilidade de sementes para ensaios em diferentes locais e épocas de cultivo. No entanto, essa etapa prolonga o ciclo do programa de melhoramento e exige maior investimento de recursos humanos e financeiros. Tais limitações podem ser mitigadas pela seleção precoce de genótipos promissores, avançando-se apenas os melhores até a obtenção de linhagens superiores, o que evita o desperdício de recursos com cruzamentos inferiores (Lopes et al., 2002).

A etapa final compreende a avaliação do desempenho agrônômico e a seleção das linhagens experimentais. As linhagens avançadas são testadas em diferentes locais e safras, mediante a disponibilidade de sementes, para avaliar seu desempenho quanto ao rendimento de grãos, resistência a pragas e doenças e à tolerância a estresses abióticos. As linhagens que demonstram desempenho superior são selecionadas para testes adicionais e, eventualmente, registradas como novas cultivares. Este processo contínuo e sistemático é fundamental para atender às crescentes demandas da cadeia produtiva e contribuir para a segurança alimentar global (Borém et al., 2009).

2.3 Grupo de Maturação

A classificação de cultivares de soja em grupos de maturação relativa (GMR) representou um avanço significativo na forma como os agricultores selecionam sementes e planejam suas estratégias produtivas. Antes da adoção do sistema GMR, a categorização das cultivares era realizada exclusivamente com base na duração do ciclo de desenvolvimento, utilizando termos como superprecoce, precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio. A introdução do GMR trouxe padronização e maior precisão à caracterização dos ciclos das cultivares, facilitando a comparação entre diferentes genótipos e o planejamento experimental (Alliprandini et al., 2009).

Com essa abordagem, as empresas passaram a estruturar programas específicos para o desenvolvimento de novos genótipos adaptados às condições edafoclimáticas de cada região, otimizando o processo de seleção e lançamento de cultivares. O uso dos grupos de maturação relativa ampliou a possibilidade de cruzamentos direcionados e, consequentemente, o desenvolvimento de linhagens mais adaptadas ao ambiente alvo, promovendo ganhos superiores em produtividade, eficiência e desempenho agrônômico (Sediyama et al., 2016). Esse avanço contribuiu para tornar os programas de melhoramento genético mais eficientes e alinhados às demandas técnicas de cada mercado regional.

Contudo, a classificação baseada apenas na duração do ciclo de desenvolvimento apresentava limitações práticas, visto que o desenvolvimento da soja pode variar expressivamente em função de fatores ambientais, especialmente temperatura e fotoperíodo (Câmara, 2000). Uma mesma cultivar, quando semeada em diferentes regiões do país, pode apresentar durações distintas de ciclo devido à variação na intensidade e duração da luminosidade local. Essa imprevisibilidade dificultava o planejamento dos tratamentos culturais e da colheita, impactando diretamente a eficiência das operações agrícolas (Sinclair; Hyeun,

1987).

A necessidade de uma classificação mais precisa se tornou evidente diante do crescente desenvolvimento de novas cultivares e da expansão da soja para diferentes regiões brasileiras. Em resposta a essa demanda, após a promulgação da Lei de Proteção de Cultivares, em 1997, o sistema de GMR passou a ser adotado no Brasil, oferecendo maior precisão na estimativa da duração do ciclo e melhor adaptação das recomendações de manejo (Brasil, 1997; Alliprandini et al., 2009).

O sistema de GMR considera o tempo, em dias, necessário para que uma cultivar atinja a maturidade fisiológica, contabilizado desde a semeadura até o final do ciclo, levando em consideração as condições ambientais específicas, especialmente temperatura e fotoperíodo. Esse método permite prever, de forma mais acurada, o desempenho de uma cultivar em diferentes localidades, possibilitando o ajuste das estratégias de manejo conforme a região de plantio (Marcos Filho, 2015).

A produção de soja no Brasil ocorre em diferentes regiões que podem ser agrupadas em escalas maiores, chamadas de macrorregiões, como Centro-Oeste, Sul, e partes do Sudeste, Norte e Nordeste, cada qual com características ambientais e agrônômicas próprias. Dentro dessas áreas mais amplas, existem subdivisões menores, denominadas microrregiões, nas quais fatores locais, como práticas de manejo, nível tecnológico empregado e desafios específicos de solo e clima, influenciam diretamente o sistema produtivo. Esse detalhamento regional é essencial para que entidades de pesquisa e melhoramento desenvolvam técnicas, cultivares e recomendações que atendam às necessidades particulares de cada localidade, ajustando o potencial produtivo à diversidade de ambientes existentes (Nepomuceno et al., 2021).

As cultivares de soja são agrupadas por números de GMR, que variam de 000, 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 até 10, totalizando 13 grupos. Os valores mais baixos de GMR são recomendados para áreas de latitude mais elevadas, como a região Sul do Brasil, enquanto os valores mais altos são indicados para regiões próximas ao Equador e para o Centro-Oeste. (Nepomuceno et al., 2021).

A duração do ciclo da soja, considerando as condições ideais de cada grupo de maturidade, geralmente varia de 90 a 150 dias. Por exemplo, cultivares com GMR entre 5.0 e 8.0 são preferencialmente cultivadas nas regiões Sul, enquanto o Centro-Oeste concentra cultivares com GMR de 7.0 a 9.0 e, nas áreas próximas ao Equador, predominam cultivares com GMR entre 9.0 e 10.0 conforme representado na Figura 1 (Kaster, M.; Farias, J. R. B., 2011).

Figura 1 – Amostra Distribuição dos grupos de maturidade de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude



Fonte: Kaster, M.; Farias, J. R. B. (2011).

A definição dos GMR desempenha papel estratégico no planejamento agrícola, permitindo que os produtores escolham cultivares compatíveis com as condições ambientais e os sistemas de cultivo de cada região. Esse sistema aprimorou o processo de recomendação, conferindo maior precisão na indicação de cultivares para as diferentes microrregiões brasileiras e promovendo melhor adaptação às características locais. Além disso, favoreceu o alinhamento das práticas de manejo e das operações de campo, tornando a produção mais eficiente e previsível.

A escolha inadequada do grupo de maturação pode acarretar problemas significativos. Por exemplo, o uso de cultivares de GMR baixo (ciclo precoce) em regiões próximas ao Equador, onde o fotoperíodo é relativamente constante e as temperaturas são geralmente elevadas, pode ocasionar florescimento precoce, porte reduzido das plantas e diminuição do potencial produtivo. Em contrapartida, cultivares de GMR elevado (ciclo tardio), quando utilizadas em regiões de maior latitude, podem ter ciclo excessivamente prolongado, tornando-se mais vulneráveis ao déficit hídrico ou a baixas temperaturas nos estágios finais do desenvolvimento.

No contexto das empresas privadas de melhoramento genético, o sistema GMR é fundamental para orientar programas de pesquisa voltados ao desenvolvimento de novas linhagens adaptadas a ambientes específicos. Esse critério baliza a produção de sementes

destinadas a testes em diferentes locais, tanto no Brasil quanto no exterior, garantindo a validação da adaptabilidade regional da nova cultivar.

2.4 Fito-hormônio

Os fito-hormônios, também chamados de hormônios vegetais, são compostos orgânicos produzidas naturalmente pelas plantas e responsáveis pela regulação de diversos processos fisiológicos e bioquímicos ao longo do ciclo de vida das plantas. Atuam como mensageiros químicos em concentrações extremamente baixas, promovendo a integração e o controle do crescimento, desenvolvimento, diferenciação celular, dormência, senescência, floração, frutificação, bem como as respostas a estímulos ambientais e estresses bióticos e abióticos (Taiz & Zeiger, 2017).

Os bioestimulantes, por sua vez, são produtos aplicados como o objetivo de mitigar os efeitos fisiológicos adversos provocados por condições de estresse, contribuindo para a manutenção dos processos metabólicos das plantas. Esses produtos podem ser compostos por combinações de dois ou mais reguladores de crescimento vegetal, além de substâncias como extratos vegetais ou hormônios vegetais, ácidos húmicos e fúlvicos (Santos et al., 2020). Sua aplicação pode influenciar diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, podendo ser aplicada tanto no tratamento de sementes quanto por meio de aplicação foliar (Cavalcante et al., 2020).

De acordo com Araújo et al. (2021) os fito-hormônios podem melhorar a absorção de água e nutrientes, promovendo diferenciação, alongação e divisão celular durante o crescimento das plantas, o que resulta em maior desenvolvimento e produtividade da cultura. Os hormônios vegetais presentes nesses produtos atuam como mensageiros químicos e são produzidos em células ou tecidos específicos da planta. Regulam processos internos por meio da interação com receptores e ativação de proteínas sinalizadoras, sendo sua ação influenciada por fatores como concentração hormonal, estágio de desenvolvimento da planta e condições ambientais. (Albrecht, 2020)

Esses efeitos combinados tornam o uso de reguladores de crescimento uma estratégia eficaz para otimizar o desempenho agrônômico da soja (Adapar, 2010). Para compreender como a planta coordena seu metabolismo de forma natural, é fundamental observar as funções específicas dos principais grupos de fito-hormônios sintetizados endogenamente e os resultados esperados de sua atividade no organismo vegetal, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Os efeitos específicos dos fito-hormônio são os seguintes

Grupos Fito-hormônios	Função	Resultado Esperado
Ácido Abscisico	Induz fechamento dos estômatos, regula resposta ao estresse hídrico e salino, controla maturação e dormência de sementes	Maior tolerância a seca, atraso ou sincronização na germinação
Auxina (AIB)	Promove enraizamento, alongação dos caules, desenvolvimento de raízes laterais, regula formação de vagens e frutos	Sistema radicular mais profundo, melhor fixação de nitrogênio, plantas mais produtivas e arquitetura equilibrada
Cinetina	Estimula divisão celular, promove formação de brotos e ramificações, retarda envelhecimento das folhas	Maior número de ramos produtivos, folhas verdes por mais tempo, aumento da produtividade
Etileno	Regula amadurecimento dos frutos, abscisão de folhas e vagens, resposta ao estresse mecânico e patógenos	Amadurecimento uniforme dos grãos, queda controlada das folhas, resistência a danos físicos
Giberelina	Estimula crescimento e alongação dos caules e folhas, quebra dormência de sementes, influencia floração	Crescimento vigoroso dos caules, germinação uniforme, floração antecipada

Fonte: Taiz & Zeiger (2017); ADAPAR (2010); Albrecht (2020); Araújo et al. (2021); Santos et al. (2020); Cavalcante et al. (2020).

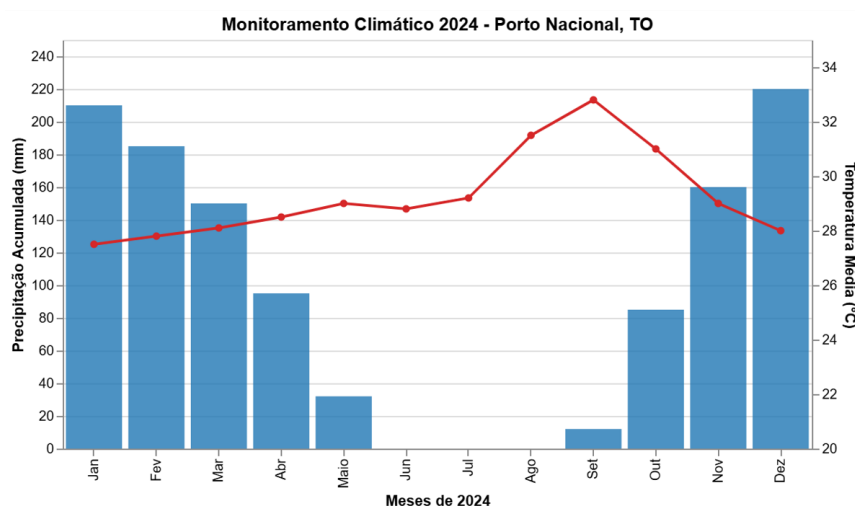
A síntese das informações apresentadas evidencia que os fito-hormônios desempenham papéis fundamentais na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal, atuando de maneira integrada para modular processos fisiológicos essenciais. Cada grupo hormonal possui funções específicas que influenciam diretamente a expressão do potencial produtivo, desde a germinação e o estabelecimento do sistema radicular até a floração, a maturação e as respostas adaptativas a estresse bióticos e abióticos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido na safra de 2024, na estação experimental da Corteva Agriscience, situada no município de Porto Nacional, na região norte do estado do Tocantins. O local apresenta altitude média de aproximadamente 228 metros, latitude 10°42'47" S e longitude 48°25'30" W. O clima da região é classificado como tropical, com estação seca bem definida, temperatura média anual em torno de 27 °C e pluviosidade anual variando entre 1200 e 1600 mm. Porto Nacional integra a macrorregião Centro-Norte, reconhecida também como parte do complexo agrícola do MATOPIBA, e está inserida na microrregião Vale do Tocantins.

Gráfico 1 – Precipitação pluvial acumulada mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) registradas durante o ano de 2024 no município de Porto Nacional – TO



Fonte: Dados obtidos na Estação Meteorológica da Corteva Agriscience.

Para essa localidade, recomenda-se a utilização de cultivares de soja com grupos de maturação relativa (GMR) entre 6.0 e 7.0, correspondentes a cultivares de ciclo precoce a semiprecoce, considerados mais adaptados às condições edafoclimáticas e à latitude da região.

Inicialmente, foi realizada análise química do solo para identificar as necessidades de calagem e adubação corretiva, com aplicação de fertilizantes e corretivos conforme as exigências da cultura da soja. A semeadura foi realizada de forma mecanizada no dia 23 de maio de 2024, utilizando-se uma semeadora-adubadora regulada para uma profundidade de

deposição de sementes entre 3 e 5 cm. O espaçamento entre linhas foi estabelecido entre 45 e 50 cm, com densidade populacional variando de 12 a 20 sementes por metro linear, ajustada conforme as exigências da cultivar utilizada. Antecedendo o plantio, as sementes foram tratadas com fungicidas sistêmicos e submetidas à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, garantindo o suprimento de nitrogênio via fixação biológica (FBN).

A nutrição das plantas foi realizada de forma híbrida: a adubação de arranque foi aplicada no sulco de semeadura e, ao longo do ciclo, o fornecimento nutricional foi complementado via fertirrigação por gotejamento. Esse sistema permitiu o parcelamento de macronutrientes, especialmente o potássio (K_2O), e micronutrientes como Boro e Zinco, fornecidos nos estádios de maior exigência fisiológica (floração e enchimento de vagens). A lâmina de irrigação foi gerenciada para manter a umidade do solo em níveis ideais, compensando a ausência de precipitações característica do período de entressafra na região do Tocantins.

O manejo fitossanitário foi conduzido de maneira preventiva e curativa, considerando o microclima úmido gerado pela irrigação e a pressão de pragas da entressafra regional. O controle de plantas daninhas foi efetuado em pré-emergência e complementado com aplicação de herbicida seletivo em pós-emergência (estádio V3). No controle de pragas, priorizou-se o monitoramento da Mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e do Percevejo-marrom (*Euschistus heros*), principais desafios no período seco, utilizando-se inseticidas dos grupos das diamidas e neonicotinoides. O programa de fungicidas consistiu em três aplicações de misturas de triazóis, estrobirulinas e carboxamidas, associadas a fungicidas multissítios, visando o controle da Ferrugem Asiática e da Mancha Alvo, garantindo a sanidade foliar e a integridade fisiológica das sementes para posterior semeadura.

A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando equipamento de pulverização autopropelido, ajustado para uma vazão de 200 L/ha, de acordo com as recomendações técnicas para cobertura adequada na cultura da soja.

3.2 Condução experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas (split-plot), com três repetições. Nas parcelas foram alocadas as linhagens de soja (Fator A), representando os diferentes grupos de

maturação (Tabela 2). As subparcelas foram constituídas pelos distintos tratamentos fito-hormonais (Fator B) (Tabela 3), aplicados via foliar.

Cada unidade experimental foi composta por duas linhas de 4,0 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. A área útil totalizou 3,0 m², adotando-se uma densidade de 13 plantas por metro linear, estabelecida mediante desbaste manual após a emergência.

Tabela 2 – Caracterização das linhagens de soja (Fator A) utilizadas no experimento quanto ao Grupo de Maturação Relativa (GMR) e classificação de ciclo

Linhagens	GMR
PS2, PS3, PS5, PS7	6L - Precoce
MG1, MG2, MG5, MG7	7E - Semi Precoce
TM2, TM3, TM5, TM6	7H - Tardio
PS1, PS4, PS6, PS8	7L - Precoce
MG3, MG4, MG6, MG8	8E Semi - Precoce
TM1, TM4, TM7, TM8	8H - Tardio

Fonte: Da autora (2025)

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos fito-hormonais (Fator B), componentes principais, doses totais e épocas de aplicação na cultura da soja

Fito-hormônio	Princípio Ativo	Dose Total	Aplicação (V2 & V4)
A1	Ácido Giberélico	2 g	2 x 1 g
A2	Ácido Giberélico	4 g	2 x 2 g
A3	Ácido Giberélico	6 g	2 x 3 g
A4	Ácido Giberélico	8 g	2 x 4 g
B1	Cinetina + AG ₃ + AIB	1 L	2 x 0,5 L
B2	Cinetina + AG ₃ + AIB	2 L	2 x 1,0 L
C1	Controle (Água)	-	-

Legenda: AG₃ = Ácido Giberélico; AIB = Ácido Butílico Indólico

Fonte: Da autora (2025)

3.3 Fatores avaliados

As avaliações foram realizadas durante o desenvolvimento da cultura e após a colheita, contemplando caracteres morfofisiológicos e componentes de rendimento. As características

avaliadas foram:

a) Dias para o florescimento (DF): Registrado como o número de dias decorridos entre a emergência das plântulas (estádio VE) e o momento em que 50% das plantas da parcela apresentavam ao menos uma flor aberta em qualquer nó da haste principal, caracterizando o estágio fenológico R1. As parcelas foram monitoradas diariamente a partir do estágio V4 para garantir a precisão do registro.

b) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV, cm): Mensurada no estágio de maturação fisiológica, compreendendo a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da vagem mais baixa na haste principal. A leitura foi realizada com auxílio de régua milimetrada obtendo a média geral por parcela.

c) Altura de planta (AP, cm): Determinada no estágio R8, medindo-se a distância entre o nível do solo e o ápice da haste principal. O valor final foi obtido pela média geral das plantas amostradas na parcela.

d) Índice de acamamento (IA): Avaliado visualmente na pré-colheita (estádio R8), seguindo uma escala de notas de 1 a 9. A escala adotada seguiu os seguintes critérios: notas de 1 a 9, que quantifica o grau de acamamento, sendo: 9 - Plantas completamente eretas; 7 - Pequena inclinação, pouco acamamento; 5 - Metade das plantas acamadas ou inclinadas; 3 - Maioria das plantas tombadas, difícil colheita e 1 - Acamamento total, quase impossível colher mecanicamente.

e) Peso de 100 sementes (P100, g): Após a colheita mecanizada, o beneficiamento e a limpeza dos grãos, foram coletadas aleatoriamente duas subamostras de 100 sementes por parcela. A massa foi determinada em balança analítica com precisão de 0,01g. A umidade obtemos pelo aparelho Ohaus das amostras e a referência de 13% de umidade, utilizando-se a seguinte equação:

$$P100_{corr} = P100_{obs} \times \left(\frac{100 - U_{obs}}{100 - U_{ref}} \right)$$

Em que:

$P100_{corr}$: peso de 100 sementes corrigido (g);

$P100_{obs}$: peso de 100 sementes observado (g);

U_{obs} : umidade da amostra (%);

U_{ref} : umidade de referência (13%).

f) Produtividade de grãos (PTS, kg · ha⁻¹): A massa total de grãos colhidos na área útil de cada parcela foi pesada e corrigida para a umidade padrão de 13%. Os

resultados foram convertidos para $kg \cdot ha^{-1}$ por meio da fórmula:

$$PTS (kg \cdot ha^{-1}) = \frac{M_{corr} kg}{A_{\acute{u}til} ha}$$

Em que:

M_{corr} é a massa da parcela corrigida e $A_{\acute{u}til}$ é a área efetivamente colhida convertida em hectares.

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Atendidos esses requisitos, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) conforme o modelo estatístico para o delineamento de parcelas subdivididas (split-plot), apresentado na Equação 1:

$$Y_{ijk} = \mu + p_k + \alpha_i (p\alpha)_{ki} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{(ijk)} \quad (1)$$

em que:

Y_{ijk} é a observação referente à i -ésima linhagem (fator A), submetido ao j -ésimo tratamento fito-hormônio (fator B), no k -ésimo bloco.

μ é a média geral, constante associada a todas as observações.

p_k é o efeito do bloco k (considerado como blocos principais).

α_i é o efeito fixo da i -ésima linhagem, aplicado nas principais (fator A).

$(p\alpha)_{ki}$ é o efeito da interação entre bloco e linhagem, este é o erro (a), usado para testar o (fator A).

β_j é o efeito fixo do j -ésimo tratamento fito-hormônio, aplicado nas subdivisões (fator B).

$(\alpha\beta)_{ij}$ é o Efeito da interação entre a i -ésima linhagem e o j -ésimo tratamento fito-hormônio.

e_{ijk} é o Efeito do erro aleatório associado à observação (resíduo geral). Este é o erro (b), usado para testar o Fator B e a Interação AxB.

Quando detectada significância estatística pelo teste F, as médias das cultivares e de suas interações foram submetidas ao teste de agrupamento de Scott-Knott. Este método foi selecionado por evitar ambiguidades na interpretação dos resultados e controlar o erro do Tipo

I em experimentos com grande número de tratamentos. As análises foram processadas no software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), adotando-se o nível de significância de 5% e 10% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou respostas distintas entre os caracteres agronômicos avaliados em função das linhagens (L), da aplicação de fito-hormônio (P) e da interação entre esses fatores (L×P) (Tabela 4)

Tabela 4 – Resumo das análises de variância para os caracteres agronômicos avaliados em soja, dias para o florescimento (DF), altura de planta (AP, cm), altura da inserção da primeira vagem (AIPV, cm), índice de acamamento (IA), peso total das sementes (PTS, g); peso de 100 sementes (P100, kg.ha⁻¹)

Caráter	Linhagens (L)	Fito-hormônio (P)	L × P	CV (L) %	CV (P) %
DF	290,87*	7,30ns	12,83ns	13,24	10,03
AP	1587,60*	109,21*	47,81ns	12,14	10,38
AIPV	231,16*	11,21ns	10,61ns	18,34	18,63
IA	53,94*	30,67*	2,96*	23,24	19,20
PTS	428612,7*	134440,5*	31566,3*	15,31	8,06
P100	127,15*	2,33ns	3,36*	11,81	7,65

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo. CV coeficiente de variação.

Fonte: Da autora (2026)

A variabilidade genética observada entre as linhagens foi o principal fator associado às diferenças na maioria das características agronômicas avaliadas (Tabela 4), o efeito isolado do fito-hormônio sobre a altura de planta (AP), o índice de acamamento (IA) e o peso total das sementes (PTS) evidencia o potencial desses reguladores em modular aspectos morfogênese da soja. Fito-hormônios atuam na regulação da divisão e do alongamento celular; de modo que alterações na altura e na sustentação das plantas indicam que o produto interferiu na dominância apical ou na deposição de tecidos estruturais (como lignina no caule). Incrementos produtivos decorrentes do uso de reguladores têm sido associados à melhoria da eficiência fisiológica e à otimização da alocação de biomassa reprodutiva, conforme relatado por Lisboa et al. (2018).

O fato de haver uma interação significativa ($L \times P$) indica que o desempenho das linhagens é moldado pela combinação específica entre sua genética e o manejo hormonal aplicado. Fica evidente que a resposta ao regulador de crescimento é uma característica individual de cada material, e não um efeito padrão. Portanto, tratar diferentes linhagens com a mesma estratégia hormonal pode levar a resultados variados. Esse cenário reforça a importância de um manejo de precisão, onde a escolha do fito-hormônio deve levar em conta

as necessidades e as limitações estruturais de cada linhagem especificamente. As diferenças no balanço hormonal endógeno entre linhagens podem resultar em respostas contrastantes à aplicação exógena. Conforme discutido por Ferreira et al. (2022), essa interação possui relevância prática, pois permite ajustar o manejo de acordo com o genótipo. Genótipos com maior suscetibilidade ao acamamento podem responder de forma distinta ao uso de reguladores, assim como linhagens com maior potencial produtivo podem apresentar alterações no peso de sementes.

A confiabilidade dos resultados é reforçada pelos coeficientes de variação (CV), que se mantiveram dentro de limites considerados adequados para experimentos de campo, segundo os critérios de Silva & Toledo (2017). Em suma, os resultados indicam que, embora a variabilidade genética determine grande parte do desempenho agrônomo, o manejo com fito-hormônios pode contribuir para modulação de características estruturais e produtivas, especialmente quando considerado em interação com o genótipo.

No conjunto das linhagens avaliadas (Tabela 5), observou-se o padrão esperado descrito no arcabouço dos Grupos de Maturação Relativa (GMR), segundo a qual linhagem de ciclo mais longo geralmente apresentam maior período de crescimento vegetativo antes do florescimento, resultando em plantas mais altas. Estudos como o de Steffler (2023) demonstram que cultivares de soja submetidas a diferentes manejos com reguladores vegetais apresentam incrementos de altura associados ao alongamento do período vegetativo, especialmente em linhagens semiprecoces e tardios.

No presente estudo, linhagens como 8EMG8, 8HTM1 e 7LPS4 exibiram dias para o florescimento (DF) acima da média geral (36,7 dias), enquanto linhagens mais precoces, como 6LPS5 e 7LPS1, floresceram antecipadamente e mantiveram porte reduzido, com altura de inserção da primeira vagem (AIPV) inferior ou próxima a 13 cm. Esse comportamento é fisiologicamente consistente com os resultados relatados por Barbosa et al. (2023), que observaram maior acúmulo de fotoassimilados e maior crescimento vegetativo em cultivares de ciclo mais longo manejadas com reguladores vegetais, especialmente giberelinas e citocininas.

Tabela 5 – Médias das linhagens de soja para os caracteres agrônômicos avaliados: dias para o florescimento (DF), altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), índice de acamamento (IA), peso total das sementes (PTS); peso de 100 sementes (P100)

Linhagem	DF (dias)	AP (cm)	AIPV (cm)	IA (nota)	PTS (kg.ha ⁻¹)	P100 (g)
7HTM6	31,09 b	62,38 b	12,04 b	2,71 a	1269,7 c	24,94 a
7EMG7	28,61 b	67,52 b	12,61 b	4,00 b	1146,8 c	25,62 a
7HTM3	28,14 b	72,14 a	11,47 b	4,23 b	1133,0 c	25,67 a
7EMG5	29,85 b	67,80 b	11,04 b	4,66 b	1184,4 c	24,53 a
6LPS3	30,52 b	68,00 b	11,61 b	4,61 b	1166,1 c	24,43 a
6LPS5	28,76 b	69,57 b	13,19 a	4,23 b	1205,0 c	26,01 a
7EMG2	30,19 b	71,95 a	12,28 b	4,09 b	1159,1 c	24,60 a
7LPS1	29,19 b	67,90 b	12,47 b	4,80 b	1172,9 c	26,05 a
7HTM5	35,42 a	70,04 b	12,38 b	5,52 c	1256,0 b	25,51 a
7HTM2	34,71 a	74,47 a	12,95 a	6,33 d	1272,3 b	24,11 a
8EMG3	35,57 a	73,04 a	12,04 b	5,61 c	1243,3 b	24,80 a
6LPS7	36,00 a	72,85 a	11,47 b	5,47 c	1341,4 b	24,00 a
6LPS2	34,85 a	77,57 a	11,66 b	6,14 d	1334,1 b	24,34 a
7LPS6	34,80 a	77,09 a	13,57 a	6,00 d	1324,2 b	26,04 a
7EMG1	41,57 a	75,38 a	13,00 a	7,14 e	1354,7 a	25,05 a
8EMG6	41,85 a	73,71 a	13,47 a	7,42 e	1362,0 a	26,01 a
7LPS8	42,95 a	75,23 a	12,95 a	7,14 e	1360,5 a	26,11 a
8HTM7	43,14 a	74,04 a	13,19 a	7,33 e	1348,7 a	26,38 a
8HTM4	43,66 a	76,04 a	12,57 b	7,19 e	1386,0 a	24,61 a
7LPS4	43,80 a	77,95 a	14,04 a	7,23 e	1395,2 a	26,50 a
8EMG4	42,85 a	78,14 a	12,80 a	7,38 e	1421,0 a	25,03 a
8HTM8	42,66 a	79,00 a	12,85 a	6,80 e	1419,2 a	25,23 a
8HTM1	44,71 a	74,90 a	13,42 a	6,95 e	1378,5 a	26,16 a
8EMG8	45,61 a	75,23 a	12,38 b	7,19 e	1383,7 a	24,53 a
Média Geral	36,69	73,08	12,73	5,83	1296,58	25,28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

6L – Precoce (PS2, PS3, PS5, PS7); 7E - Semiprecoce (MG1, MG2, MG5, MG7); 7H – Tardio (TM2, TM3, TM5, TM6); 7L – Precoce (PS1, PS4, PS6, PS8); 8E Semiprecoce (MG3, MG4, MG6, MG8); 8H – Tardio (TM1, TM4, TM7, TM8).

Fonte: Da autora (2026)

Nesta primeira etapa de caracterização, os resultados refletem o desempenho intrínseco do germoplasma, independentemente da interferência de tratamentos hormonais. A linhagem 7HTM6, embora classificada como tardia na legenda, apresentou ciclo intermediário (DF = 31,09 dias) e destacou-se pela elevada estabilidade estrutural, evidenciada pelo baixo índice de acamamento (IA = 2,71). É importante ressaltar que na escala de acamamento utilizada, o valor 1 representa a condição ideal (plantas eretas), enquanto o valor 9 indica acamamento total; portanto, a 7HTM6 demonstrou maior resistência mecânica comparada às demais. Por outro lado, a linhagem 6LPS7 (precoces) demonstrou eficiência

produtiva (1341,4 kg.ha⁻¹), conciliando um porte moderado, apesar do acamamento intermediário (IA = 5,47). Por fim, o desempenho da 8EMG4 confirma a correlação frequente entre produtividade e estrutura: obteve o maior rendimento (1421,0 kg.ha⁻¹), porém com o maior grau de acamamento (IA = 7,38), o que reforça a necessidade de manejos fitotécnicos que visem a modulação da arquitetura de plantas para suportar altos tetos produtivos.

Esse padrão é coerente com os resultados de Moreira, G.C. (2018), que verificou que doses crescentes de fitorreguladores, especialmente giberelina (AG₃), aumentam o acamamento em linhagens de maior potencial produtivo devido ao alongamento dos entrenós e maior massa vegetativa.

Da mesma forma, Barbosa et al. (2023) demonstram que combinações hormonais capazes de estimular alto número de vagens e grãos por planta também aumentam a predisposição ao acamamento, reforçando a tendência observada no presente estudo.

O peso de cem sementes (P100) apresentou médias superiores a 24 g e pouca variação entre as linhagens avaliadas, sugerindo que esse caráter é menos sensível às diferenças de ciclo, porte e grau de acamamento. Esse padrão de estabilidade entre genótipos corrobora estudos anteriores, como o de Gomes et al. (2012), que evidenciaram a predominância do controle genético sobre fatores ambientais para características ligadas ao tamanho da semente em soja. Resultados semelhantes foram reportados por Issa (2019), ao observar que o P100 se manteve estável mesmo diante de variações estruturais das plantas durante o beneficiamento.

Pela análise das médias de produtividade, acamamento e altura de plantas, observa-se que os fito-hormônios promoveram respostas distintas na cultura da soja. Nota-se que o sinergismo entre as classes de reguladores vegetais resultou em incrementos produtivos acompanhados de alterações morfológicas (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias da produtividade de grãos (PTS), índice de acamamento (IA) e altura de plantas (AP) de soja submetidas a diferentes tratamentos com fito-hormônios

Fito-hormônio	PTS (Kg.ha ⁻¹)	IA (Nota)	AP (cm)
B1	1373,33 a	6,72 d	74,44 b
B2	1341,94 b	6,58 d	73,42 b
C1	1339,17 b	6,51 d	73,40 b
A1	1262,22 c	5,75 b	72,08 a
A2	1248,33 c	6,04 c	71,19 a
A3	1242,50 c	5,52 b	72,01 a
A4	1239,72 c	4,93 a	71,96 a
Média Geral	1292,46	6,01	72,64

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

B1- Cinetina + AG₃ + AIB – 1L; B2 - Cinetina + AG₃ + AIB – 2L; C1 – Controle (Água); A1 - Ácido

Giberélico – 2g; A2 - Ácido Giberélico – 4g; A3 - Ácido Giberélico – 6g; A4 - Ácido Giberélico – 8g.
Fonte: Da autora (2026)

O desdobramento da interação indicam que a composição do fito-hormônio exerce influência direta sobre a relação entre produtividade e arquitetura de plantas. O tratamento B1 (Cinetina + AG₃ + AIB, 1 L) apresentou a maior produtividade (1373,33 kg.ha⁻¹), evidenciando a eficácia fisiológica da interação entre citocininas (divisão e retardamento da senescência), giberelinas (expansão celular) e auxinas (redistribuição de fotoassimilados). Estudos recentes, como o de Schumann (2023), reforçam que misturas hormonais tendem a promover vigor vegetativo mais acentuado, o qual, apesar de favorecer o rendimento, pode alterar a estabilidade estrutural do caule.

Entretanto, o aumento da produtividade nos tratamentos B1 e B2 foi acompanhado pelos maiores índices de acamamento (6,72 e 6,58). Esse *trade-off* é amplamente observado na literatura contemporânea: Fernandes (2023) verificou que reguladores de crescimento aplicados em pós-emergência podem elevar a altura de plantas e favorecer o acamamento, sobretudo sob forte estímulo hormonal.

Essa relação fisiológica é explicada pelo alongamento dos entrenós e pelo aumento da massa vegetativa, que ampliam a interceptação de luz, mas comprometem a resistência mecânica.

Por outro lado, a aplicação isolada de ácido giberélico (A1–A4) resultou em plantas de menor estatura e menor acamamento, porém com produtividades inferiores. Isso é coerente com os resultados de Steffler (2023), que mostrou que estímulos hormonais isolados tendem a modificar o crescimento de forma menos efetiva na formação de estruturas produtivas quando comparados às misturas.

Esses resultados reforçam que, na cultura da soja, o balanço hormonal proporcionado por misturas como no tratamento B1 é mais eficiente para maximizar o rendimento, mas aumenta a vulnerabilidade ao acamamento. Tal conclusão converge com os apontamentos de Fernandes (2023), que destaca a importância de manejar reguladores considerando a arquitetura da linhagem, o ambiente de cultivo e o risco de acamamento, sobretudo quando se objetiva colheita mecanizada com mínima perda.

As médias de produtividade obtidas para as 24 linhagens de soja sob diferentes manejos com fito-hormônios, bem como o desdobramento estatístico da interação entre os fatores, encontram-se detalhadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Médias da produtividade de soja (kg.ha⁻¹) submetidas a diferentes tratamentos com fito-hormônios em desdobramento da interação

Linhagem	A1	A2	A3	A4	B1	B2	C1
7HTM6	1251 b B	1248 b B	1255 b B	1260 b B	1310 a B	1295 a B	1288 a B
7EMG7	1140 a C	1145 a C	1138 a C	1150 a C	1160 a C	1148 a C	1152 a C
7HTM3	1120 a C	1125 a C	1118 a C	1130 a C	1165 a C	1150 a C	1145 a C
7EMG5	1175 a C	1180 a C	1172 a C	1185 a C	1210 a C	1195 a C	1190 a C
6LPS3	1155 b C	1160 b C	1152 b C	1165 b C	1205 a C	1185 a C	1180 a C
6LPS5	1195 b C	1200 b C	1192 b C	1205 b C	1260 a B	1215 b C	1210 b C
7EMG2	1148 a C	1155 a C	1145 a C	1160 a C	1180 a C	1170 a C	1165 a C
7LPS1	1165 a C	1170 a C	1162 a C	1175 a C	1200 a C	1188 a C	1192 a C
7HTM5	1240 b B	1245 b B	1238 b B	1252 b B	1315 a B	1285 a B	1280 a B
7HTM2	1260 b B	1265 b B	1258 b B	1272 b B	1320 a B	1290 a B	1285 a B
8EMG3	1235 a B	1240 a B	1232 a B	1245 a B	1265 a B	1255 a B	1250 a B
6LPS7	1325 b B	1330 b B	1322 b B	1338 b B	1405 a A	1365 a B	1370 a B
6LPS2	1315 b B	1320 b B	1312 b B	1328 b B	1395 a A	1355 a B	1360 a B
7LPS6	1305 b B	1310 b B	1302 b B	1318 b B	1385 a A	1345 a B	1350 a B
7EMG1	1335 b B	1340 b B	1332 b B	1348 b B	1425 a A	1375 a B	1380 a B
8EMG6	1345 b B	1350 b B	1342 b B	1358 b B	1435 a A	1385 a B	1390 a B
7LPS8	1340 b B	1345 b B	1338 b B	1355 b B	1440 a A	1380 a B	1385 a B
8HTM7	1330 b B	1335 b B	1328 b B	1342 b B	1420 a A	1370 a B	1375 a B
8HTM4	1365 b B	1375 b B	1362 b B	1380 b B	1455 a A	1410 a A	1405 a A
7LPS4	1375 b B	1385 b B	1372 b B	1392 b B	1465 a A	1420 a A	1415 a A
8EMG4	1395 c B	1405 c B	1388 c B	1415 c B	1560 a A	1490 b A	1485 b A
8HTM8	1390 c B	1400 c B	1385 c B	1420 c B	1545 a A	1485 b A	1478 b A
8HTM1	1355 b B	1365 b B	1352 b B	1370 b B	1445 a A	1395 a A	1400 a A
8EMG8	1365 b B	1372 b B	1360 b B	1378 b B	1440 a A	1405 a A	1410 a A
Média Geral	1284.29	1288.13	1282.79	1293.25	1367.08	1331.50	1328.96

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

6L – Precoce (PS2, PS3, PS5, PS7); 7E - Semi Precoce (MG1, MG2, MG5, MG7); 7H – Tardio (TM2, TM3, TM5, TM6); 7L – Precoce (PS1, PS4, PS6, PS8); 8E Semi – Precoce (MG3, MG4, MG6, MG8); 8H – Tardio (TM1, TM4, TM7, TM8).

B1- Cinetina + AG₃ + AIB – 1L; B2 - Cinetina + AG₃ + AIB – 2L; C1 – Controle (Água); A1 - Ácido Giberélico – 2g; A2 - Ácido Giberélico – 4g; A3 - Ácido Giberélico – 6g; A4 - Ácido Giberélico – 8g.

Fonte: Da autora (2026)

A análise do desdobramento da interação entre as linhagens e os fito-hormônios revela que a resposta produtiva é intrinsecamente depende do potencial genético e do grupo de maturação de cada linhagem (Tabela 7). Observa-se que a plasticidade fenotípica da soja, em resposta aos estímulos hormonais exógenos, não ocorre de forma homogênea, sendo modulada pela capacidade de dreno de cada linhagem.

Os tratamentos B1 e B2, caracterizados pela sinergia entre citocinina, giberelina e auxina, consolidaram-se como os indutores de maiores teto produtivo, com destaque para as linhagens 8EMG4 e 8HTM8 (1560,0 e 1545,0 kg.ha⁻¹, respectivamente). Fisiologicamente,

essa resposta superior ratifica a teoria de Taiz e Zeiger (2017) sobre a complementaridade hormonal: enquanto a citocinina promove a divisão celular e retarda a senescência, as giberelinas e auxinas otimizam a expansão dos tecidos e o direcionamento de fotoassimilados para componentes de rendimento.

Em contraposição, a magnitude da resposta produtiva foi reduzida em linhagens como 7EMG7, 7HTM3 e 7EMG5, que apresentaram baixa amplitude de variação entre os tratamentos hormonais. Segundo Fernandes (2023), esse comportamento pode refletir limitações metabólicas e fenológicas, impedindo o aproveitamento pleno de estímulos hormonais quando o ciclo, porte ou capacidade de dreno são restritivos.

Esse padrão indica que o benefício do manejo hormonal é maximizado em linhagens cujo “teto produtivo latente” permite maior conversão do estímulo hormonal em estruturas reprodutivas.

Além disso, os dados revelam um expressivo trade-off fisiológico: as linhagens que obtiveram os maiores ganhos produtivos também apresentaram os maiores índices de acamamento. Esse comportamento foi acentuado em linhagens de maior porte, como 8EMG4 e a 8HTM8. Evidências semelhantes foram descritas por Schumann (2023), que constatou que reguladores de crescimento capazes de intensificar o vigor vegetativo gerando um bom desenvolvimento do caule devido ao alongamento dos entrenós e ao aumento da massa aérea.

Para compreender as inter-relações entre os caracteres analisados, elaborou-se a matriz de correlação de Pearson (Tabela 8), permitindo identificar associações significativas entre produtividade, acamamento, porte e ciclo das plantas.

Tabela 8 – Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as características peso total das sementes (PTS), índice de acamamento (IA), altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), dias para o florescimento (DF) e peso de 100 sementes (P100) na cultura da soja

Caráter	PTS	IA	AP	AIPV	DF	P100
PTS	1,00	0,84*	0,72*	0,35	0,81*	0,22
IA	-	1,00	0,89*	0,41	0,78*	0,15
AP	-	-	1,00	0,55*	0,68*	0,10
AIPV	-	-	-	1,00	0,29	0,08
DF	-	-	-	-	1,00	0,12

* indicam significância ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2026)

A análise da correlação de Pearson evidenciou que a produtividade de grãos apresentou alta associação positiva e significativa com o índice de acamamento ($r = 0,84$),

com a altura de plantas ($r = 0,72$) e com os dias para o florescimento ($r = 0,81$). Essas interdependências demonstra que as linhagens mais produtivas tendem a apresentar maior altura e ciclos mais longos, o que a predispõe acamamento. Tal fato reforça a necessidade de atenção ao manejo e à escolha dos genótipos para evitar perdas na colheita.

Por sua vez, o acamamento esteve fortemente correlacionado com a altura de plantas ($r = 0,89$), confirmando que o porte elevado amplia o risco de tombamento das plantas, conforme destacado por Fernandes (2023). Em contrapartida, a variável peso de cem sementes (P100) não apresentou correlações significativas, comportamento atribuído ao seu forte controle genético e à menor plasticidade fenotípica frente aos estímulos hormonais (Ferreira et al., 2022).

Em síntese, a matriz de correlação revela que o incremento do rendimento agronômico está atrelado a um maior desenvolvimento vegetativo, exigindo monitoramento rigoroso do acamamento. Assim, a seleção de linhagens promissoras deve ser acompanhada de avaliações criteriosas para garantir eficiência produtiva e viabilidade operacional na cultura.

5 CONCLUSÃO

A variabilidade genética das linhagens é o fator principal na determinação da produtividade, da altura de planta e do acamamento, constituindo a base para a expressão do potencial produtivo sob manejo hormonal.

O sinergismo entre citocinina, giberelina e auxina (Tratamento B1) é uma estratégia eficiente para o incremento dos componentes de rendimento. No entanto, a predisposição ao acamamento não deve ser atribuída ao tratamento completo, mas especificamente ao uso de giberelina ((AG₃),) (AG₃) em doses elevadas, uma vez que a combinação de auxina e citocinina tende a favorecer o engrossamento do colmo e a estabilidade estrutural.

Existe uma interação entre o manejo hormonal e o ciclo fenológico: linhagens de ciclo longo (tardios e semiprecoces) apresentam maior plasticidade e resposta e produtiva, enquanto linhagens precoces possuem limitações ao aproveitamento dos estímulos hormonais.

Devido ao forte controle genético e à alta herdabilidade característica do peso de cem sementes, este parâmetro manteve-se estável e pouco influenciado por estímulos exógenos. O manejo hormonal priorizou a expansão dos componentes primários de rendimento (vagens e ramos), contudo, a capacidade de enchimento de grãos permaneceu limitada ao potencial intrínseco do genótipo.

O incremento do rendimento via fito-hormônios está associado ao aumento do número de vagens e ramos. Contudo, esse incremento encontra limitações no enchimento de grãos (dreno) e deve considerar as correlações genéticas entre produtividade e estatura, evitando-se a interpretação de um *trade-off* generalizado, mas sim de um ajuste fino entre a dose de (AG₃) e a resistência mecânica do genótipo.

A eficiência do uso de fito-hormônios exige recomendações individualizadas. Para tal, deve-se estabelecer curvas de dose-resposta específicas para cada linhagem, baseando-se no seu potencial genético, porte e, fundamentalmente, na sensibilidade de cada ciclo fenológico aos diferentes reguladores de crescimento.

REFERÊNCIAS

- ADAPAR. **Stoller**. 2010. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2023-02/stimulatesl.pdf. Acesso em: 17 nov. 2024.
- ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; BRACCINI, A. L.; LORENZETTI, J. B.; DANILUSSI, M. T. Y.; ÁVILA, M. R. **Avaliação econômica e financeira do uso de biorreguladores em soja**. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 3, n. 2, p. 487-504, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alessandro-Braccini/publication/340949071_Avaliacao_economica_e_financeira_do_uso_de_biorreguladores_em_soja/links/5ea6d7e0a6fdccd7945810a6/Avaliacao-economica-e-financeira-do-uso-de-biorregulador-em-soja.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.
- ALLIPRANDINI, L. F. et al. **Understanding soybean maturity groups in Brazil**. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 56, n. 3, p. 311-323, 2009.
- ARAÚJO, L. L. M.; RAMOS, D. T.; BRACHTVOGEL, E. L.; KOVALSKI, A. R. **Ação de Bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na Região Norte do Vale do Araguaia-MT**. *PesquisAgro*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 3–21, 2021. DOI: 10.33912/pagro.v4i1.1146. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/agro/article/view/128>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- BARBOSA, A. S.; PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; FERREIRA JUNIOR, O. J.; SANTOS, W F. **Efeitos de reguladores vegetais nas características agrônômicas de soja cultivada em baixa latitude**. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 16, n. 1, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/download/9862/7261/>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- BEXAIRA, K. P.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J.; ROCHA, T. S. M. da; RICHTER, G. L., SILVA, M. R. da; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S.; DUARTE JUNIOR, A. J.; CERA, J. C.; RIBAS, G. G.; UHRY JUNIOR, D.F.; MEUS, L.D.; ALVES, A.F.; BALEST, D. Grupo de maturidade relativa: **Variação no ciclo de desenvolvimento da soja em função da época de semeadura**. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Soja*. Goiânia - GO, Brasil. 2018.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 5a. edição. Viçosa: Editora UFV. p. v. 529, 2009.
- BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 abr. 1997.
- CÂMARA, G. M. S. **Ecofisiologia da soja**. Soja: tecnologia da produção II. Piracicaba: CPCP, 2000. p. 1-17.
- CAVALCANTE, W. S. S.; DA SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.;

NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. **Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja**. Irriga, Inovagri, Notas técnicas, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4186/2750>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, Brasília, DF, v.12 – Safra 2024/25, n.9 - Nono levantamento, p. 1-134, junho 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-9o-levantamento-2025.

CORTEVA AGRISCIENCE. **Cultivo Inteligente**: dados meteorológicos da Estação Meteorológica de Porto Nacional - TO. [S. l.]: Corteva/Agrosmart, 2024. Disponível em: <https://www.cultivo inteligente.com.br/>. Acesso em: 11 abril. 2025.

DALLAGNOL, A. **Os caminhos que levam à alta produtividade da soja**. Campo & Negócio. 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/os-caminhos-que-levam-a-alta-produtividade-da-soja/>. Acesso em 13 nov. 2024.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. EMBRAPA, 2007.

FERNANDES, F. F. **Mitigação do acamamento da soja pela aplicação em pós-emergência de herbicidas, reguladores de crescimento e biofertilizante**. 2023. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2023. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/3582/Tese_Completa____nao_publicavel_17134623191792_3582.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

FERREIRA, M.B. et al. **Aplicação de reguladores de crescimento em soja e seus efeitos fisiológicos e produtivos**. Scientia Agricola, 2022.

GARCIA, M.; OLIVEIRA, L.; SANTOS, R. **Advances in plant hormone research and their impact on crop productivity**. Journal of Agricultural Science, p.45-58, 2024.

GOMES, G. D. R.; BENIN, G., ROSINHA, R. C.; GALVAN, D.; PAGLIOSA, E. S.; PINNOW, C.; SILVA, C. L.; BECHE, E. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja em diferentes ambientes de cultivo**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, supl. 1, p. 2593–2604, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744117012.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2026.

HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; & HERMAN, T. K. **Crops that feed the world 2. Soybean worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests**. Food Security, v. 3, p. 5-17, 2011.

ISSA, B. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de soja em determinados pontos durante o beneficiamento**. 2019. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/27400/1/2019_BrunaIssa_tcc.pdf. Acesso em: 17 fev. 2026.

KAISTER, M.; FARIAS, J.R.B. **Regionalização dos testes de VCU e da indicação de**

cultivares de soja – 3ª Aproximação. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

LOPES, A.C.A.; VELLO, N.A.; PANDINI, F. **Variability and correlations among traits in soybean crosses.** Sci. agric. (Piracicaba, Braz.), Apr./June 2002, vol.59, no.2, p.341- 348. BILLORE, S. D; JOSHI, O. P. Genotypical variability for yield and quality in Glycine max (L.) Merrill. Soybean Genetics Newsletter, Ames, p.88-91, 1997.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MOREIRA, D. G. **Desempenho produtivo da soja submetida à aplicação de fitorreguladores em diferentes estádios fenológicos.** 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018. Disponível em:
https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1320/Dissertacao_Fase_Final__cas_2018_07_27__3__cas_assinada_15670997982325_1320.pdf. Acesso em: 17 fev. 2026.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B; NEUMAIER, N. **Características da soja.** EMBRAPA, 2021.

OLIVEIRA, J.P. et al. **Emergência e estabelecimento de plantas de soja em diferentes condições.** Revista Brasileira de Sementes, 2020.

PEREIRA, MJZ; KLEPKER, D.; MOREIRA, JUV. **Cultivares de soja: regiões norte e nordeste do Brasil.** EMBRAPA, 2011.

RODRIGUES, E. S. **Avaliação de características agronômicas em linhagens de soja de diferentes grupos de maturidade.** 2021. 77 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – UFV, Viçosa, 2021. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/859336/1/ID30968.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2026.

SANTOS, F. F.; SAVIOLI, J. S.; DOS SANTOS, L. G.; LEITE, F.; CASTALDO, J. H. **Uso de bioestimulantes na cultura da soja sobre tráfego controlado.** Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7096/6379>. Acesso em: 12 nov. 2024.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita.** Viçosa: UFV, p. 333, 2015.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Melhoramento da Soja.** Viçosa: UFV, 2016.

SEIXAS, C. D. S. **Tecnologias de produção de soja.** EMBRAPA, 2020. Disponível em
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123928>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SILVA, A.L. et al. **Influência da variabilidade genética em características agronômicas.** Revista Ciência Agronômica, 2021.

SILVA, J.; OLIVEIRA, M. **Advances in plant hormone applications in agriculture.** Journal of Plant Science, p.123-135, 2024.

SILVA, R.D.; TOLEDO, R.J. Precisão experimental em ensaios de campo. **Revista Agropecuária**, 2017.

SINCLAIR, T. R.; HYEUN, J. T. Selection for short-day response under field conditions in soybean. **Crop Science**, v. 27, p. 157-160, 1987.

STEFFLER, V. A. **Efeito de reguladores de crescimento vegetal no crescimento e componentes de rendimento da cultivar de soja NEO 610 IPRO**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/30276>. Acesso em: 18 fev. 2026.

SCHUMANN, D. **Efeito de reguladores de crescimento vegetal nas características produtivas da soja**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, Ibirubá, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifrs.edu.br/bitstream/handle/123456789/1286/1234567891286.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 fev. 2026.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. (indique a edição/ano do seu exemplar - ex.: 6ª ed., 2017).

TOLEDO, J.F.F. de; ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A. de S.; MENOSSO, M.G. **Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.25, p.89-94, 1990.

USDA – U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <https://Soybeans | USDA Foreign Agricultural Service>. Acesso em: 08 jan. 2025.