

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO TRINEXAPAQUE-ETÍLICO NAS CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E MATURAÇÃO ANTECIPADA DA SOJA**

JOSIEL MARCOS CARVALHO SOARES

**Jaboticabal
2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO TRINEXAPAQUE-ETÍLICO NAS CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E MATURAÇÃO ANTECIPADA DA SOJA**

Josiel Marcos Carvalho Soares

Orientador: Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

Coorientadora: MSc. Bruna Dal'Pizol Novello

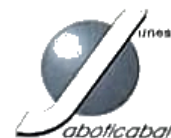
Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias -
UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para
graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP
1º Semestre/2025

- S676e Soares, Josiel Marcos Carvalho
- Efeito do trinexapaque-etílico nas características produtivas e maturação antecipada da soja / Josiel Marcos Carvalho Soares. -- Jaboticabal, 2025
47 p.
- Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
- Orientador: Pedro Luis da Costa Aguiar Alves
Coorientador: Bruna Dal'Pizol Novello
1. Soja. 2. Reguladores de Crescimento. 3. Colheita. 4. Produtividade. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
CÂMPUS JABOTICABAL



AUTOR

JOSIEL MARCOS CARVALHO SOARES

TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO

**EFEITO DO TRINEXAPAQUE-ETÍLICO NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E
MATURAÇÃO ANTECIPADA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

Coorientadora: Me. Bruna Dal'Pizol Novello

Área de Concentração: Engenharia Agrônômica

Data da defesa: 25/06/2025

(x) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Bruna Dal'Pizol Novello

Me. Bruna Dal'Pizol Novello

Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal)

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – UNESP

Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte

Docente do Departamento de Produção Vegetal

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – UNESP

Bruna Ferrari Schedenfeldt

Me. Bruna Ferrari Schedenfeldt

Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal)

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – UNESP

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 15/07/2025

Davi R. Rossatto

Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto

Chefe do Departamento

Oferecimento

Dedico este trabalho aos meus pais, que, com muito esforço e dedicação, trabalharam muito para me proporcionar uma educação e me apoiar em todas as minhas conquistas. Agradeço por suas orações, por todo o trabalho árduo e por sempre acreditarem em mim.

Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio e à dedicação de muitas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação e para o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força, saúde e sabedoria ao longo dessa caminhada.

Agradeço aos meus pais, João Soares Ferreira e Delzita Aparecida Carvalho Soares, por todo amor, valores e esforço que me trouxeram até aqui. Aos meus irmãos, Mauriza, José, Natanael e Ana Maysa, por serem minha inspiração diária e motivação para seguir em frente. E ao meu grande amigo Prof. Hélio Cabral, por acreditar em mim, me incentivar e apoiar meus sonhos sempre.

Ao meu orientador, Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves, pela orientação atenciosa, pela confiança depositada em mim e pelas inúmeras oportunidades que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional. À minha coorientadora, MSc. Bruna Dal'Pizol Novello, pela incansável dedicação, paciência e pelo companheirismo ao longo de toda a caminhada. Mais do que uma orientadora, tornou-se uma grande amiga, cuja presença e apoio fizeram toda a diferença nesta jornada.

À equipe do LAPDA, em especial aos doutorandos Letícia de Paula Leite, Heytor Lemos Martins e Bruna Ferrari Schedenfeldt, pelo auxílio técnico e pela amizade construída ao longo do trabalho. Aos amigos José Luiz Martins, Gabriel Mangili, Andrey Batalhão, Arthur Nardi, Ailton Martins e Gabriela Leandro, pela

parceria nos momentos de trabalho e pelas conversas, brincadeiras e companheirismo que deixaram essa jornada mais leve e divertida. E ao técnico José Valcir Fidelis Martins, pelo apoio e colaboração ao longo da condução dos experimentos.

Aos amigos que a Universidade me presenteou, Kailane do Nascimento, Ana Carolina Fantin, Felipe Machado e Gabrielle Christan por compartilharem comigo tantos momentos marcantes dentro e fora da sala de aula. Aos meus amigos do grupo PETAGRO, pelos aprendizados que levarei para a vida e pelos momentos de descontração que tornaram a trajetória acadêmica mais significativa e inesquecível. Ao nosso tutor, Prof. Dr. Alexandre Dalri, por todos os ensinamentos, pela dedicação e pela amizade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo auxílio financeiro para desenvolvimento desta pesquisa - (Proc. nº 2023/09782-3).

Por fim, a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória, deixo minha eterna gratidão.

Sumário

RESUMO	ix
SUMMARY.....	x
1.INTRODUÇÃO.....	11
2.REVISÃO DE LITERATURA	12
3.MATERIAL E MÉTODOS	22
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.CONCLUSÃO	44
6.LITERATURA CITADA.....	45

EFEITO DO TRINEXAPAQUE-ETÍLICO NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E MATURAÇÃO ANTECIPADA DA SOJA

RESUMO

O cultivo da soja em áreas de reforma de canaviais no estado de São Paulo enfrenta desafios devido à duração do ciclo da cultura, que, aliada à necessidade de condições climáticas favoráveis para a semeadura e colheita, pode resultar em atraso no plantio subsequente da cana-de-açúcar. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do trinexapaque-etílico nas características produtivas e na antecipação da colheita da soja “NEO 750 IPRO”. O experimento foi conduzido durante a safra 2023/24, utilizando um delineamento experimental de blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos consistiram de três formulações comerciais de trinexapaque-etílico (MODDUS®, UPL4000 e Trix®), aplicadas na dose de 250 g i.a. ha⁻¹ em cinco estádios fenológicos da cultura (R1, R2, R3, R4 e R5), além de um tratamento testemunha, dispostos em um esquema fatorial 3x5+T. Foram avaliados: altura da planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de ramificações, número de vagens por planta, teor relativo de clorofila total e componentes de produção. A maturação foi analisada em duas épocas distintas (104 e 110 dias após a semeadura - DAS), considerando a porcentagem de desidratação dos grãos. Aos 126 DAS, foram avaliados os componentes de produção e a produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que o trinexapaque-etílico, independentemente da formulação ou do estágio fenológico de aplicação, não apresentou influência significativa na antecipação da colheita da soja “NEO 750 IPRO” nem nos parâmetros produtivos avaliados. Esses resultados indicam uma limitada eficácia do trinexapaque-etílico em condições de campo para essa cultivar e nas condições experimentais testadas.

Palavras-chave: Soja, reguladores de crescimento, colheita, produtividade.

EFFECT OF TRINEXAPAQUE-ETHYL ON PRODUCTIVE CHARACTERISTICS AND EARLY MATURATION OF SOYBEAN

SUMMARY

The cultivation of soybeans in sugarcane field renewal areas in the state of São Paulo faces challenges due to the crop cycle duration, which, combined with the need for favorable climatic conditions for sowing and harvesting, can result in delays in the subsequent planting of sugarcane. This study aimed to evaluate the effect of trinexapac-ethyl in the productive characteristics and on advancing the harvest of the soybean cultivar “NEO 750 IPRO.” The experiment was conducted during the 2023/24 growing season, using a randomized block design with four replications. Treatments consisted of three commercial formulations of trinexapac-ethyl (MODDUS®, UPL4000, and Trix®), applied at a rate of 250 g a.i. ha⁻¹ in five phenological stages of the crop (R1, R2, R3, R4, and R5), along with a control treatment, arranged in a 3x5+T factorial scheme. The following parameters were evaluated: plant height (cm), first pod insertion height (cm), number of branches, number of pods per plant, relative total chlorophyll content, and production components. Maturation was analyzed at two distinct time points (104 and 110 DAS), considering the grain dehydration percentage. At 126 DAS, production components and yield were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at a 5% probability level. The results showed that trinexapac-ethyl, regardless of formulation or phenological stage of application, had no significant effect on advancing the harvest of “NEO 750 IPRO” soybeans or the evaluated production parameters. These findings indicate limited efficacy of trinexapac-ethyl under field conditions for this cultivar and the tested experimental conditions.

Keywords: Soybean, growth regulators, harvest, productivity.

1.INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal cultura de grãos do país e uma das mais relevantes do agronegócio brasileiro, destacando-se por sua expressiva produtividade e pelo papel estratégico nas exportações. Na safra 2023/24, aproximadamente 46,1 milhões de hectares foram cultivados com soja, resultando em uma produção estimada de 147,4 milhões de toneladas, consolidando o Brasil como o maior produtor e exportador mundial da oleaginosa (CONAB, 2024). No Estado de São Paulo, além do cultivo tradicional, a soja tem ganhado destaque como cultura de reforma de canaviais, trazendo benefícios econômicos, por agregar valor durante a renovação do canavial; ambientais, pela contribuição com a fixação biológica de nitrogênio; e sociais, ao gerar alternativa de renda ao produtor (PAVÃO et al., 2015; IEA, 2022).

Contudo, a duração do ciclo da soja, somada à dependência de condições climáticas favoráveis para o estabelecimento e a colheita, pode representar um entrave logístico para o planejamento da cultura subsequente, especialmente a cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2012). Nesse contexto, há crescente interesse por tecnologias que possibilitem antecipar a colheita da soja, sem comprometer a produtividade e a qualidade dos grãos. Além disso, essas estratégias podem contribuir para o aumento da eficiência do sistema produtivo como um todo, favorecendo o melhor aproveitamento da janela de cultivo e o incremento da produtividade da soja em ambientes de renovação de canavial (BUZZELLO,2010).

Entre as ferramentas com potencial para esse fim estão os reguladores de crescimento vegetal, substância sintética que, aplicada na planta, apresenta ações similares aos hormônios vegetais (Hawerroth, et al., 2015). Dentre eles, destaca-se o trinexapaque-etílico, composto já consolidado no manejo de culturas como o trigo e a cana-de-açúcar (Faria, et al., 2015). Sua aplicação em soja, no entanto, ainda é recente e carece de estudos conclusivos quanto à sua eficácia como maturador.

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso do trinexapaque-etílico, em diferentes formulações e momentos de aplicação, com foco na antecipação da colheita da soja e seus efeitos sobre características morfológicas e produtivas da cultura.

2.REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa de ampla importância agronômica, econômica e social no cenário agrícola mundial. O grão é amplamente utilizado para a produção de óleo vegetal, ração animal e produtos industriais, além de ser uma das principais fontes de proteína vegetal para consumo humano. O Brasil ocupa posição de destaque como maior produtor e exportador mundial da oleaginosa, com estimativas de produção de 168,3 milhões de toneladas na safra 2024/25, 14% ou 20,6 milhões de toneladas superior a safra 2023/24, cultivadas em mais de 47,16 milhões de hectares (CONAB, 2025).

No estado de São Paulo, a cultura tem ganhado cada vez mais espaço e, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), a variação da área plantada em relação à da safra 2023/24 é de 3,9 %, passando de 1.304,7 mil hectares para 1.305,6 mil hectares, com estimativas de produção que devem alcançar 5,49 milhões de toneladas na safra 2024/25 (CONAB, 2025). A soja é cultivada principalmente na reforma de canaviais, no qual o estado de São Paulo é o principal produtor nacional, e de acordo com a Conab, a produção de cana-de-açúcar em São Paulo está estimada em torno de 283,4 milhões de toneladas para a safra 2022/23. E a projeção da área destinada para a cultura no principal estado produtor está próxima a 4 milhões de hectares (CONAB,2025).

A produção de soja em sistemas de reforma de canavial pode ser uma forma de rotação de cultura com benefícios econômicos, pela produção de grãos nesse intervalo, ao invés do pousio, ocasionando benefícios ambientais, pois pode ser uma forma de fornecer N proveniente de fixação biológica ao solo, e sociais, devido a gerar mais uma alternativa de renda ao produtor no período de reforma (Pavão et al., 2015). Entretanto, o ciclo da soja tem uma duração de 100 a 160 dias a depender do cultivar e das condições climáticas. As cultivares mais utilizadas para semeadura no Brasil, por exemplo, geralmente apresentam um ciclo de 115 a 125 dias. Considerando a janela de semeadura e a grande dependência das condições ambientais, principalmente a precipitação pluvial, a cada ano a cultura da soja tem que se adaptar a diferentes épocas de semeadura (EMBRAPA, 2014).

Isto pode causar transtornos aos produtores de cana-de-açúcar do estado, pois para os produtores de cana-de-açúcar o ciclo da soja é considerado extenso

para o cultivo nas áreas de renovação de cana, o que inibe a expansão da cultura da soja na região. Analisam a soja como uma cultura que exige maior planejamento de safra, bem como conhecimentos técnicos sobre a cultura e a necessidade de ser utilizada de forma que não afete o planejamento da reforma do canavial (OLIVEIRA et al., 2012).

Segundo a Embrapa (2014) a colheita constitui uma importante etapa no processo produtivo da soja, principalmente pelos riscos a que está sujeita a lavoura destinada ao consumo ou à produção de sementes. A colheita deve ser iniciada tão logo a soja atinja o estágio R8 (ponto de colheita), a fim de evitar perdas na qualidade do produto. Nessa ocasião, deve-se atentar para que a colheita seja realizada com teor de umidade entre 13 e 15%, condições estas em que são minimizados os problemas de danos mecânicos e perdas na colheita.

Do ponto de vista botânico, a soja pertence à família Fabaceae, apresentando crescimento anual, hábito ereto ou prostrado, e sistema radicular pivotante com alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio (SEDIYAMA et al., 1985). O ciclo fenológico da planta é dividido em estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R), conforme o sistema proposto por Fehr e Caviness (1977). Esse modelo descreve de forma precisa a progressão da cultura desde a emergência até a maturação, sendo essencial para o manejo adequado das fases críticas de desenvolvimento.

Em relação aos estádios reprodutivos, estes, são denominados pela letra seguida dos números um até oito e descrevem detalhadamente o período florescimento-maturação. Os estádios reprodutivos abrangem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou seja, florescimento (R1 e

R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8).

Reguladores de crescimento: conceitos e aplicações

Os reguladores de crescimento vegetal são substâncias que atuam em processos fisiológicos específicos das plantas, influenciando seu desenvolvimento e arquitetura de forma direta. Esses compostos de origem sintética, podem estimular ou inibir o crescimento vegetal, dependendo da concentração utilizada, da época de aplicação e das condições ambientais (Taiz et al., 2017; Davies, 2004).

Esses reguladores mimetizam ou interferem no funcionamento de hormônios vegetais como auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno. Sua aplicação pode ser realizada em diversas culturas para controlar características como alongamento de colmos, espessamento de tecidos, floração, frutificação, senescência, formação de raízes e resistência a estresses abióticos (Taiz et al., 2017; Hartmann et al., 2011).

De acordo com Hawerth et al. (2015), o uso dos reguladores de crescimento tem sido disseminado principalmente em culturas como o trigo, o arroz, a cana-de-açúcar e o algodão, promovendo benefícios como a redução do acamamento, aumento da relação de colmo para raiz, e melhora da uniformidade de colheita. Além disso, em doses adequadas, alguns reguladores apresentam efeitos positivos em características produtivas e fisiológicas das plantas, sendo que, em determinadas situações, também podem atuar como maturadores.

No entanto, segundo Garcia (2014), os reguladores, por possuírem ação em níveis hormonais, exigem precisão quanto à dose e ao momento da aplicação. Aplicações fora do intervalo fisiológico ideal podem resultar em efeitos indesejados ou mesmo em prejuízos à produção. Esse fenômeno biológico é conhecido como hormese, em que baixas doses promovem estimulação do crescimento, enquanto doses elevadas podem causar inibição (BACHA, 2022; PIRES, 2014).

A aplicação de maturadores também tem sido estudada em leguminosas, como o amendoim e a soja, com o objetivo de antecipar a colheita e otimizar a janela de cultivo para culturas subsequentes (CARREGA, 2013). Em especial, compostos como o etefon e o trinexapaque-etílico têm sido avaliados com essa finalidade, com resultados variados conforme o estágio fenológico e as condições ambientais.

Reguladores de crescimento usados como maturadores

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nos vegetais podendo alterar os processos vitais ou estruturais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas (Espindula, 2010; Ferrari et al., 2008; Lamas, 2001). Os maturadores são substâncias sintéticas exógenas reguladoras de crescimento, similares aos grupos de hormônios vegetais existentes, que quando aplicadas diretamente nas plantas podem alterar os processos vitais e estruturais da planta, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar principalmente a colheita. Essas substâncias também agem modificando a

morfologia e a fisiologia da planta, podendo levar à alterações qualitativas e quantitativas na produção (Silva, 2010).

Os reguladores influenciam a resposta de muitos órgãos da planta, a depender do genótipo, da parte da planta, do estágio de desenvolvimento, da concentração, da interação entre os outros reguladores e de vários fatores ambientais ligados às condições da região de cultivo. Desse modo, a utilização dos maturadores passa a ser interessante nos casos em que se deseja ampliar os rendimentos, em função do aumento do potencial produtivo, sem a necessidade de incrementos em adubações ou novos materiais genéticos, o que aumentariam os custos da produção (Dourado Neto et al., 2014).

Na agricultura brasileira, os maturadores têm uso consolidado na cultura da cana de açúcar. Dentre os compostos mais utilizados, destacam-se o etefon, glifosato, sulfometuron-metílico e o trinexapaque-etílico — cada um com mecanismos de ação diferentes e conseqüentemente efeitos característicos sobre a fisiologia vegetal (Carrega, 2013).

No setor sucroenergético, os maturadores utilizados podem ser classificados em dois grupos principais: estressantes e não estressantes. Os maturadores estressantes atuam como inibidores de crescimento, reduzindo de forma significativa o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar. Essa limitação do crescimento redireciona o metabolismo da planta para o acúmulo de sacarose nos colmos, ao invés de seu uso para expansão celular. Como resultado, ocorre a antecipação do processo de maturação. Dentre os compostos comumente empregados nesse grupo, destacam-se o glyphosate, o trinexapaque-etílico e o sulfometurom-metílico (EMBRAPA, 2010).

Estudos realizados com culturas como o amendoim (Carrega, 2013) e o milho (Garcia, 2014), evidenciam o potencial agrônômico do uso de maturadores para antecipar a colheita. No entanto, esses efeitos variam conforme o estágio fenológico da aplicação, as condições climáticas e a cultivar utilizada.

Souza et al. (2022) verificaram que o maturador trinexapaque-etílico, quando aplicado durante o estágio vegetativo da soja, otimizou os componentes produtivos da cultivar BS 2606 IPRO, quando comparada à ausência do regulador de crescimento. De acordo com Linzmeyer et al (2008), a altura e o diâmetro de caule das plantas de soja são diretamente influenciados quando aplicadas diferentes doses de trinexapaque-etílico. Resultados obtidos por Buzzello (2014) mostram que a aplicação do fitorregulador na soja CD 214 RR determina a redução na estatura de plantas e, conseqüentemente, promove redução do acamamento das plantas. Ademais, Fioreze et al. (2014) constataram que a aplicação de trinexapaque-etílico na soja resultou na manutenção do conteúdo relativo de água das folhas, sem afetar as variáveis biométricas e a produção de grãos das plantas, sendo um indicativo do aumento da tolerância à seca em plantas de soja.

Menezes (2022) avaliou o uso de etefon e trinexapaque-etílico para antecipação da colheita da soja e não observou efeito significativo na desidratação dos grãos ou na produtividade da cultivar 'TMG 7067 IPRO'. Ainda assim, o uso desses compostos é promissor, especialmente em sistemas de sucessão com cana-de-açúcar, nos quais a antecipação da colheita da soja pode representar ganho logístico e operacional.

Caracterização do maturador trinexapaque-etílico

O trinexapaque-etílico é um composto pertencente ao grupo das acilciclohexanediona que mimetiza a estrutura química do ácido 2-oxogluterato RADEMACHER, 2000 (Figura 1). Amplamente utilizado como regulador de crescimento em diversas culturas, como trigo, cevada e cana-de-açúcar. O principal mecanismo de ação deste produto se dá pela redução dos níveis de giberelinas ativas na planta (principalmente GA1), uma vez que ele interfere nas fases finais da biossíntese desse hormônio (ADAMS et al., 1992; RADEMACHER, 2000; HEDDEN; SPONSEL, 2015).

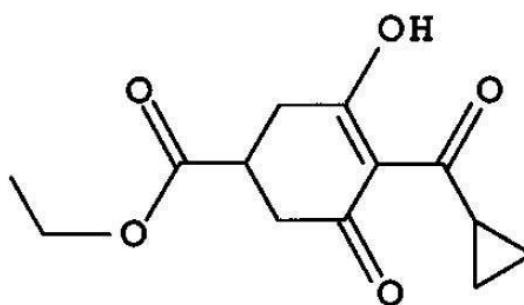


Figura 1. Estrutura química da molécula trinexapaque-etílico. Retirado de Rademacher (2000).

Em um primeiro momento, o trinexapaque-etílico atua inibindo a enzima GA20 3 β -hydroxylase, bloqueando a conversão de GA20 (giberelina inativa) em GA1 (geberelina biologicamente ativa) (Figura 2). Isso ocorre devido à competição entre o maturador e o 2-oxogluterato pelo co substrato Fe+2/ascorbato-dependente dioxigenase (ADAMS et al., 1992; HEDDEN, 2016).

Rademacher (2016) destaca que o trinexapaque-etílico pode, em determinadas situações, apresentar um efeito paradoxal nas plantas. Embora

sua aplicação seja normalmente associada à inibição da síntese de giberelinas ativas — especialmente pela interrupção da conversão de GA20 em GA1 —, estudos demonstram que o composto atua em mais de uma etapa da via biossintética. Além de impedir a hidroxilação na posição 3β necessária para a ativação da GA20 (ADAMS et al., 1992), o trinexapaque-etílico também bloqueia a hidroxilação na posição 2β, responsável pela conversão da GA1 em GA8, uma forma biologicamente inativa da giberelina (GRIGGS et al., 1991; HISAMATSU et al., 1998) — conforme ilustrado na Figura 2.

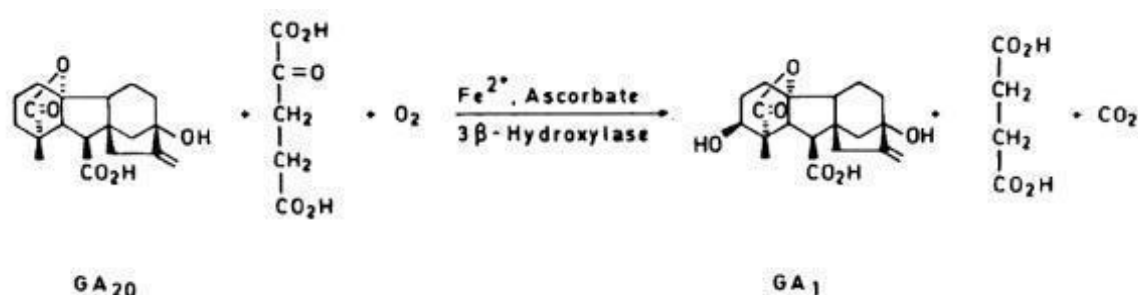


Figura 2. Conversão de GA20 em GA1 por meio da enzima 3β-hidroxilase (ADAMS et al., 1992).

Essa dupla ação inibitória favorece a manutenção de níveis mais altos de GA1 na planta por um período prolongado, o que pode explicar os efeitos fisiológicos positivos observados em diversos estudos com diferentes culturas (PIRES et al., 2013, 2019; BACHA et al., 2017, 2018). Além disso, como o trinexapaque-etílico mimetiza o ácido 2-oxoglutarato, ele compete diretamente pelo sítio ativo da enzima GA20 3β-hidroxilase, bloqueando sua ação. A consequência disso é o acúmulo de GA20, que, após a degradação do regulador, pode ser rapidamente convertida em GA1, gerando um pico de atividade

hormonal tardia que também pode contribuir para os efeitos positivos observados.

No mercado brasileiro existem sete formulações comerciais de trinexapaque-etílico registradas junto ao MAPA, sendo as mais usais, no momento, Moddus (Syngenta) e Trix (Ourofino). Ambos os produtos são formulados em concentrado emulsionável (EC) e tem 25% de concentração de trinexapaque-etílico (Agrofit, 2025). E em fase experimental, o UPL 4000 (UPL), em fase III de desenvolvimento, também formulado em concentrado emulsionável (EC) e com 25% de concentração de trinexapaque-etílico. Apresenta uma formulação concentrada emulsionável e é moderadamente tóxico (classe toxicológica III).

O trinexapaque-etílico é utilizado na cultura da cana-de-açúcar como um regulador vegetal que causa inibição ou redução do ritmo de crescimento, com objetivo de se reduzir a altura das plantas e evitar o acamamento (AMREIN et al., 1989), comumente utilizado em cana-de-açúcar para antecipação do acúmulo de sacarose. Ao se aplicar maturador, o metabolismo vegetativo diminui e a sacarose é acumulada rapidamente, o que permite o início antecipado da colheita (VIANA et al., 2008). Uma vez que este produto atua inibindo a alongação dos entrenós, ele é também utilizado como redutor de crescimento em culturas de inverno, evitando o acamamento recorrente nessas culturas (RADEMACHER, 2015). Segundo Resende et al. (2000), este é um fitorregulador que se, aplicado corretamente em época adequada, provoca o acúmulo de sacarose nos colmos, ajudando o planejamento e a maximização de melhor aproveitamento da cultura da cana-de-açúcar

Ademais, verificou-se que na cultura do milho foi possível antecipar a colheita com o uso de trinexapaque-etílico em até 7 dias, sem interferência nas características de produtividade do milho (Garcia, 2014). Para a cultura do amendoim, foi constatado por Carrega (2013) a diminuição do ciclo da cultura e antecipação da colheita da cultivar de amendoim rasteiro IAC 503 com o uso de trinexapaque-etílico.

3.MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em área pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, câmpus de Jaboticabal/SP, localizada na Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, no município de Jaboticabal/SP. A altitude do local é de 590 m e as coordenadas geográficas são: latitude 21°14'49.32"S e longitude 48°17'6.02"O. Segundo a classificação climática de Köppen-Geige, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e inverno seco (ANDRÉ; GARCIA, 2015).O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, apresentando topografia suavemente ondulada e condições de boa drenagem (ANDRIOLI; CENTURION, 1999). O solo foi preparado no sistema convencional com uma aração e duas gradagens. Após o preparo do solo, foi retirada uma amostra composta para fins de análises física e química de rotina (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas de uma amostra composta do solo extraída da camada de 0-20 cm de profundidade na área experimental.

pH	MO	P res	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺ ₊	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					-----		%	-----g.kg ⁻¹ -----		
5,3	19	31	4,9	27	10	17	0.0	41,4	74,6	56	220	230	550

Semeadura

A cultivar selecionada para o experimento foi a soja “NEO750 IPRO”, caracterizada por apresentar um ciclo médio, pertencente ao grupo de maturação relativa 7.5, com 118 dias de ciclo. Esta cultivar possui hábito de crescimento indeterminado, porte médio, ramificação baixa e demonstra excelente potencial produtivo, com alto peso de grãos. Além disso, é resistente ao Cancro da Haste, à Pústula Bacteriana e à nematoide de cisto da raça 3, e apresenta moderada resistência ao acamamento e à nematoide de cisto das raças 6, 9, 10, 14 e 14+. E tecnologia IPRO que confere resistência ao glifosato e a lagartas (Neogen,2025).

Antes da semeadura, as sementes foram submetidas a um tratamento prévio. Foram tratadas com fungicida, utilizando thiabendazole na dosagem de 150 g p.c./100 kg de sementes e thiram, com 280 ml p.c./100 kg de sementes. Além disso, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 200 g do produto comercial (Urelec) por 100 kg de sementes de soja.

A semeadura foi realizada no dia 01 de dezembro de 2023. Para isso, foi utilizada uma semeadora de quatro linhas, espaçadas a 0,45 m, a uma profundidade de 5 cm. A semeadora foi regulada para depositar 15 sementes por metro, visando uma distribuição adequada das plantas ao longo da área experimental.

Em relação à adubação de semeadura, foram utilizados 303 kg de NPK, com formulação 04-20-20. Essa recomendação foi baseada em análise química prévia do solo.

No período de realização do experimento, as temperaturas máxima e mínima, assim como as precipitações ocorridas, foram obtidas através do banco de dados da Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP, localizada no município de Jaboticabal, conforme apresentado na Figura 3.

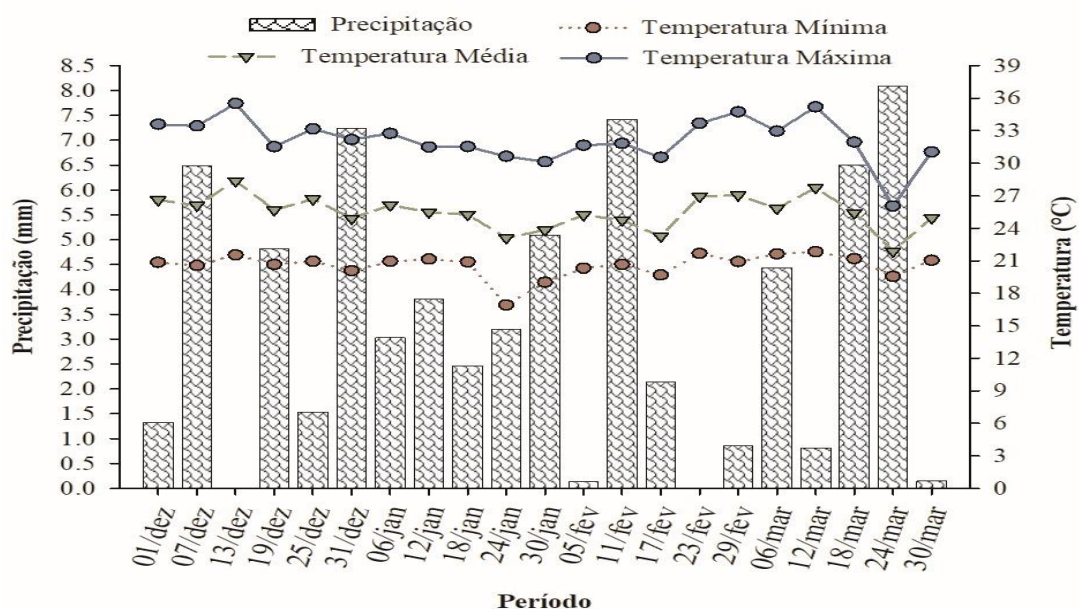


Figura 3: Médias semanais das temperaturas máximas, mínimas e precipitações medidas por meio de estação meteorológica localizada em Jaboticabal (SP).

Manejo Fitossanitário da Cultura

Para o controle de plantas daninhas, foi adotada a aplicação de glifosato na dose de 1,080 kg e.a. ha⁻¹, realizada no estágio fenológico V2 da cultura de acordo com a classificação de FEHR (1971). Essa medida visa garantir a

supressão eficaz das plantas infestantes, proporcionando um ambiente adequado para o desenvolvimento da soja.

O manejo das principais pragas e doenças foi conduzido através de pulverizações utilizando equipamento terrestre tratorizado. Foram aplicados defensivos agrícolas prescritos especificamente para a cultura da soja, de modo a realizar tanto medidas preventivas quanto curativas conforme necessário.

Para o manejo de pragas, o monitoramento foi realizado utilizando o método da batida de pano. Quando o nível de infestação atingiu um ponto crítico, as medidas de controle foram implementadas visando minimizar os danos causados pelas pragas e garantir o desenvolvimento saudável das plantas de soja (ÁVILA,2018).

Delineamento experimental e dimensões das parcelas

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), no qual os tratamentos foram distribuídos de acordo com um esquema fatorial 3x5+T, constituídos por três formulações de trinexapaque-etílico (Moddus, UPL4000 e Trix) aplicadas em cinco épocas distintas durante o estágio reprodutivo da cultura de soja (estádios fenológicos R1, R2, R3, R4 e R5), além de uma testemunha sem aplicação. Desta forma, totalizou-se 16 tratamentos (Tabela 2) em 4 repetições, resultando em 64 parcelas experimentais.

Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de semeadura, cada uma medindo seis metros de comprimento. A área útil de cada parcela foi definida como os 4 metros das duas linhas centrais, totalizando uma área de 3,6 metros quadrados por parcela.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos experimentais, fenologia da cultura e dias de aplicação após a semeadura (DAS).

Tratamento	Maturador	Princípio ativo	Dose	DAS	Estádio fenológico
T1	Moddus	trinexapaque-etílico	250 g i.a. ha ⁻¹	52	R1
T2				59	R2
T3				63	R3
T4				69	R4
T5				82	R5
T6	UPL 4000	trinexapaque-etílico	250 g i.a. ha ⁻¹	52	R1
T7				59	R2
T8				63	R3
T9				69	R4
T10				82	R5
T11	Trix	trinexapaque-etílico	250 g i.a. ha ⁻¹	52	R1
T12				59	R2
T13				63	R3
T14				69	R4
T15				82	R5
T16	Testemunha				

Aplicações dos reguladores de crescimento

As aplicações de trinexapaque-etílico foram realizadas em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja, de acordo com os critérios estabelecidos por Fehr e Caviness (1977). Essa abordagem tem como objetivo avaliar o efeito do maturador em diferentes fases de desenvolvimento da soja e seu impacto sobre os parâmetros de produção.

No estágio R1, que marca o início do florescimento da soja, caracterizado pela abertura da primeira flor em qualquer nó da haste principal, foi realizada a primeira aplicação do trinexapaque-etílico.

Já no estágio R2, correspondente ao pleno florescimento, caracterizado pela abertura de várias flores ao longo da haste principal, foi realizada a segunda aplicação do maturador.

Já para o estágio R3, que marca a formação das vagens, com vagens situadas no terço superior da haste principal, apresentando-se com até 1,5 cm de comprimento, foi realizada a terceira aplicação do trinexapaque-etílico.

No estágio R4, indicando a fase em que a maior parte das vagens está formada, com vagens do terço superior da planta apresentando-se com 2 e 4 cm de comprimento, foi realizada a quarta aplicação do trinexapaque-etílico.

Por fim, no estágio R5, marcando o início do enchimento de grãos, com grãos de 3 mm de comprimento em vagens localizadas nos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida, foi realizada a quinta e última aplicação do trinexapaque-etílico.

As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado (CO₂), equipado com uma barra contendo quatro pontas de pulverização do tipo Teejet TT 11002, espaçadas em 0,5 metros. O equipamento foi devidamente calibrado para garantir a distribuição uniforme do produto, com uma vazão equivalente a 200 litros por hectare, mantendo um deslocamento constante de 1 metro por segundo. A altura da barra em relação ao alvo foi ajustada para 0,5 metros, enquanto a pressão do pulverizador foi mantida em 2,0 kgf por centímetro quadrado.

Durante as aplicações, foram registrados o horário de início e término, bem como a cobertura do céu, a temperatura ambiente, a velocidade do vento e a umidade relativa do ar (conforme descrito na Tabela 3). Esses dados foram coletados de forma a considerar sua influência na avaliação dos resultados obtidos para cada tratamento. Essa abordagem permite uma análise detalhada das condições ambientais durante as aplicações e sua possível influência nos efeitos dos maturadores sobre a cultura da soja.

Tabela 3. Dados climáticos obtidos antes e após a aplicação.

		Estádios das aplicações				
		R1	R2	R3	R4	R5
Horário	Início	10:00	16:00	16:10	10:25	10:00
	Término	10:20	16:30	16:40	10:50	10:30
Cobertura do Céu		Céu Limpo (0/8)	Parcialmente Nublado (2/8)	Céu Limpo (0/8)	Parcialmente Nublado (4/8)	Nublado (8/8)
Temperatura	Início	30,2°C	29,8°C	25,7°C	28,5°C	26,1°C
	Término	30,4°C	29,7°C	25,6°C	29,0°C	27,0°C
Vento		Sem vento	Vento Leve	Sem vento	Vento Leve	Vento Leve
Umidade	Início	66%	55%	56%	72%	83%
	Término	64%	54%	55%	64%	80%

Coleta e avaliações durante o desenvolvimento

No estágio fenológico R6 da cultura da soja, foram coletadas plantas em 0,5 metros por parcela. Foram realizadas medições da altura das plantas, altura

de inserção da primeira vagem, número de vagens, número de ramificações e teor relativo de clorofila total (Clorofilog, Falker) de cada planta.

Análise de desidratação e maturação de grãos

No estágio fenológico R7 da cultura da soja, foram coletadas 50 vagens por parcela aos 104 e 110 DAS. Posteriormente, as 50 vagens foram debulhadas e os grãos de cada parcela foram pesados no dia da coleta. Em seguida, os grãos foram colocados em uma estufa a 65°C com circulação de ar forçada e, após 2 dias, foram pesados novamente. Visando monitorar a porcentagem de desidratação dos grãos e avaliar a possível contribuição do trinexapaque-etílico nesse indicador.

Colheita e avaliações

A colheita da cultura da soja foi conduzida no estágio fenológico R8, ocorrendo precisamente aos 126 dias após a semeadura. Este período de colheita foi prolongado devido a intempéries climáticas, especificamente a ocorrência de chuvas durante a fase final do ciclo da cultura, o que acarretou dificuldades operacionais para a execução da colheita.

Durante a colheita, foram colhidas as plantas dos 3 metros das duas linhas centrais de cada parcela, totalizando uma área de 2,6 m². Na sequência, foi feita a pesagem dos grãos de cada parcela, peso de 1000 grãos e umidade. A umidade foi corrigida para 13%. Após a coleta de todos estes dados, foi feito o cálculo de produtividade, kg ha⁻¹ e sc ha⁻¹.

Análise estatística

Os dados obtidos para as variáveis coletadas foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), utilizando o software Agroestat (Barbosa e Maldonado (2008). Quando a análise de variância indicou diferença significativa entre os tratamentos, foi realizado o teste de comparação de médias de Tukey, com nível de significância de 5% de probabilidade.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os resultados da altura de planta (ALT), altura de inserção da primeira vagem (ALTPV) e número de ramificações da haste principal (NRAM) da soja "NEO 750 IPRO" em resposta aos diferentes tratamentos com formulações de trinexapaque-etílico e estádios de aplicação (R1, R2, R3, R4 e R5). A análise estatística revelou que não houve diferenças significativas para altura da planta e altura da inserção da primeira vagem entre os tratamentos, enquanto para número de ramificações na haste houve significância estatística apenas para os tratamentos. Esses resultados indicam que os maturadores apresentam um impacto limitado em parâmetros de crescimento em altura e arquitetura da planta quando aplicados na cultivar estudada.

Tabela 4. Altura de planta (ALT), altura de inserção da primeira vagem (ALTPV), número de ramificações da haste principal (NRAM), e teor relativo de clorofila total da soja "NEO 750 IPRO " em resposta aos tratamentos.

Tratamentos		ALT (cm)	ALTPV	NRAM	CLOROFILA
Formulação (A)	MODDUS	80,19 a	17,74 a	4,19 ab	36,78 a
	UPL 4000	79,53 a	17,55 a	3,69 b	36,52 a
	TRIX	77,04 a	16,51 a	4,33 a	35,96 a
Testemunha	-----	75,32 ^{NS}	17,36 ^{NS}	4,36 ^{NS}	36,62 ^{NS}
--					
Estádio fenológico (B)	R1	83,44 a	17,32 a	3,67 a	36,71 a
	R2	81,17 ab	17,16 a	4,47 a	37,67 a
	R3	78,18 abc	16,88 a	3,81 a	35,63 a
	R4	75,17 c	17,60 a	4,19 a	36,24 a
	R5	76,55 bc	17,38 a	4,22 a	35,86 a
F (A)		2,44 ^{NS}	2,54 ^{NS}	4,15*	0,9 ^{NS}
F (B)		6,12 **	0,25 ^{NS}	2,39 ^{NS}	1,56 ^{NS}
F (AXB)		1,66 ^{NS}	0,55 ^{NS}	1,30 ^{NS}	2,31*
F (AXB) x T		2,14 ^{NS}	0,90 ^{NS}	1,65 ^{NS}	0,44 ^{NS}
CV (%)		6,04	10,70	17,94	6,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, ** significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação.

Para altura da planta, os valores médios variaram entre 75,32 cm (testemunha) e 80,19 cm (MODDUS), com o tratamento TRIX proporcionando uma altura intermediária de 77,04 cm. Essa pequena variação entre os tratamentos pode ser atribuída ao modo de ação dos maturadores, que geralmente agem inibindo a síntese de giberelinas, hormônios responsáveis pelo alongamento celular. Apesar de a redução na altura de planta ser um efeito

desejado em muitas culturas para prevenir o acamamento, no caso da soja, essa característica não é tão crítica devido à sua arquitetura de crescimento, conforme descrito por Zagonel e Fernandes (2007). Além disso, a interação com os fatores genéticos da cultivar pode ter contribuído para a ausência de resposta significativa, já que a cultivar "NEO 750 IPRO" possui características de crescimento compactas.

A altura de inserção da primeira vagem (ALTPV) também não apresentou diferenças significativas, com valores médios entre 16,51 cm (TRIX) e 17,74 cm (MODDUS). Todos os tratamentos mantiveram a ALTPV acima do limite crítico de 10 cm recomendado para colheita mecanizada, como indicado por Resende e Carvalho (2007). Esse resultado demonstra que, independentemente do tratamento, a cultivar é adequada para operações mecanizadas, o que reduz perdas durante a colheita. A ausência de variação expressiva entre os tratamentos pode estar relacionada à menor influência dos maturadores na distribuição de fotoassimilados entre as partes basais da planta, um processo mais dependente de fatores genéticos e ambientais.

O número de ramificações da haste principal (NRAM), por outro lado, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. O maior número médio de ramificações foi observado no tratamento com a aplicação do TRIX (4,33), enquanto o UPL 4000 proporcionou o menor valor (3,69). Esse aumento no número de ramificações em TRIX pode estar relacionado ao seu impacto no balanço hormonal da planta, especialmente na redução da dominância apical promovida pela inibição da síntese de giberelinas. A redistribuição de citocininas para gemas laterais, promovida pelo trinexapaque-etílico, contribui para o

aumento das ramificações, como descrito por Coll et al. (2001). Esse efeito pode ser vantajoso, pois ramificações adicionais podem contribuir para o aumento do número de estruturas reprodutivas, desde que os recursos metabólicos da planta sejam suficientes para suportar o desenvolvimento das mesmas.

Quanto às épocas de aplicação (estádios), houve significância para altura, com a aplicação no estágio fenológico R1 (início do florescimento) resultando na maior altura média (83,44 cm) e R4 na menor (77,17 cm). Esse comportamento reflete o impacto do estágio fenológico no momento da aplicação. Aplicações precoces (R1 e R2) coincidem com estágios de crescimento ativo, nos quais o efeito dos maturadores é diluído pelo aumento natural do alongamento celular. Já aplicações em R4 e R5 ocorrem em estágios reprodutivos mais avançados, nos quais o crescimento vertical já está reduzido devido à alocação de recursos para a formação de estruturas reprodutivas (Werner et al., 2015). Além disso, esse resultado pode estar associado ao efeito hormético do trinexapaque-etílico, que varia conforme o estágio de desenvolvimento. Em estudo com *Eucalyptus urograndis*, (Pires et al. 2019) observaram aumento de até 12,8% na altura das mudas com aplicação foliar de 60 g i.a. ha⁻¹, em fases de crescimento ativo. Isso reforça que a resposta à aplicação depende do metabolismo da planta no momento do tratamento.

Os valores de teor relativo de clorofila total não apresentaram diferenças significativas entre os maturadores ou estágios fenológicos isoladamente, mas houve interação significativa, indicando que a combinação entre maturador e estágio pode influenciar a clorofila. Os valores variaram de 35,96 (TRIX) a 36,78 (MODDUS), sem impacto relevante nos processos fotossintéticos, alinhado ao

esperado para o trinexapaque-etílico, que atua na inibição de giberelinas sem interferir diretamente na clorofila. A estabilidade dos teores de clorofila sugere que o trinexapaque-etílico não comprometeu o metabolismo fotossintético das plantas, o que é positivo para a preservação da produtividade em cenários onde a sua aplicação seja considerada.

Esses resultados indicam que os maturadores tiveram impacto limitado em parâmetros de crescimento vertical e que a escolha do momento de aplicação é crucial para maximizar seus efeitos. Aplicações tardias em estádios reprodutivos (R4 e R5) mostraram maior potencial para modificar características como altura e número de ramificações, enquanto os efeitos na altura da primeira inserção e teor relativo de clorofila foram mínimos e não diferiram entre os tratamentos.

A Tabela 5 apresenta os resultados do número de vagens por planta (NVAG) e da massa de vagens por planta (MVAG) em resposta aos diferentes tratamentos com maturadores e épocas de aplicação na cultivar de soja "NEO 750 IPRO". A análise revelou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o número e para massa de vagens por planta. No entanto, as análises para o fator época de aplicação tiveram significância sobre ambas as variáveis. Esses resultados indicam que o momento da aplicação é um fator importante no desempenho dos componentes de produção, enquanto a formulação dos reguladores de crescimento utilizados não influenciou nestas características produtivas.

Tabela 5. Número de vagens (NVAG), e massa de vagens (MVAG) da soja "NEO 750 IPRO " em resposta aos tratamentos.

Tratamentos		NVAG	MVAG (g)
Formulação (A)	MODDUS	68,97 a	22,03 a
	UPL 4000	63,12 a	22,18 a
	TRIX	71,42 a	22,68 a
Testemunha	-----	66,93 ^{NS}	21,15 ^{NS}
Estádio fenológico (B)	R1	58,98 bc	20,47 ab
	R2	76,97 a	24,42 ab
	R3	56,37 c	18,87 b
	R4	70,82 abc	22,15 ab
	R5	76,05 ab	25,59 a
F (A)		1,65 ^{NS}	0,07 ^{NS}
F (B)		5,02**	2,73*
F (AXB)		0,60 ^{NS}	0,72 ^{NS}
F (AXB) x T		0,01 ^{NS}	0,15 ^{NS}
CV (%)		21,92	26,01

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, ** significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação.

Os valores médios do número de vagens por planta variaram entre 63,12 (UPL 4000) e 71,42 (TRIX) entre os tratamentos, enquanto a testemunha apresentou uma média intermediária de 66,93. Apesar de TRIX proporcionar o maior valor absoluto, as diferenças entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas. Essa ausência de resposta pode ser explicada pela alta variabilidade intrínseca ao número de vagens, como evidenciado pelo coeficiente de variação (CV = 21,92%). Estudos prévios, como o de Souza et al. (2013), também indicaram que maturadores à base de trinexapaque-etílico,

quando aplicados em estádios avançados, podem não impactar significativamente o número de vagens em cultivares de soja de ciclo precoce.

As épocas de aplicação, no entanto, apresentaram diferenças significativas. A aplicação em R2 resultou no maior número médio de vagens (76,97), enquanto R3 apresentou o menor valor (56,37). A superioridade de R2 pode ser atribuída à coincidência do momento de aplicação com estádios reprodutivos iniciais, nos quais a planta está intensificando a formação de estruturas reprodutivas. Este resultado corrobora Zagonel et al. (2002), que destacaram a importância do manejo hormonal em estádios críticos de desenvolvimento para melhorar a eficiência na alocação de fotoassimilados.

Para a massa de vagens por planta, os valores médios variaram entre 22,03 g (MODDUS) e 22,68 g (TRIX) entre os tratamentos, sem diferenças significativas. A testemunha apresentou a menor massa média (21,15 g), o que sugere uma leve tendência de aumento em resposta aos maturadores, embora não seja estatisticamente significativo. Esse comportamento pode refletir o impacto limitado dos maturadores sobre o enchimento das vagens quando aplicados em estádios reprodutivos tardios.

As épocas de aplicação (estádios), por outro lado, influenciaram significativamente a massa das vagens. A aplicação em R5 resultou na maior massa média de vagens (25,59 g), enquanto R3 apresentou o menor valor (18,87 g). Este padrão sugere que as aplicações em estádios tardios favorecem o enchimento das vagens, possivelmente devido ao direcionamento de recursos metabólicos para as estruturas reprodutivas durante a senescência foliar, como descrito por Werner et al. (2015). O estágio R5 é caracterizado pelo enchimento

de grãos, quando a planta já completou a maior parte de seu ciclo vegetativo e reprodutivo, concentrando a alocação de nutrientes nas vagens (Farias, 2007).

Os resultados indicam que o momento da aplicação dos maturadores desempenha um papel crucial na definição do número e da massa das vagens, enquanto a formulação do maturador teve efeito limitado. Aplicações precoces, como em R2, foram mais eficazes na formação de vagens, enquanto aplicações tardias, como em R5, favoreceram o enchimento das vagens. Esses resultados destacam a importância de alinhar o manejo dos maturadores ao ciclo fenológico da cultura, maximizando o impacto nos componentes produtivos.

No entanto, a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos sugere que fatores externos, como condições ambientais e características intrínsecas da cultivar "NEO 750 IPRO", podem ter mascarado os efeitos dos maturadores. Estudos futuros podem explorar o uso de maturadores em cultivares de ciclos mais longos ou sob condições controladas, a fim de melhor entender as interações entre maturadores, estádios fenológicos e componentes de produção.

A Tabela 6 apresenta os dados relacionados à massa de 1000 grãos (PMG) e à produtividade da soja "NEO 750 IPRO" (kg ha^{-1} e sc ha^{-1}) em resposta aos tratamentos com etil trinexapac e diferentes estádios de aplicação. Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas para peso de mil grãos nem para produtividade entre os tratamentos e épocas de aplicação.

Tabela 6. Efeito dos tratamentos sobre a massa de 1000 grãos e produtividade da soja 'NEO750IPRO' (kg ha⁻¹ e sc ha⁻¹).

Tratamentos		PMG (g)	Produtividade	
			Kg ha ⁻¹	Sc ha ⁻¹
Formulação (A)	MODDUS	92,02 a	2171,56 a	36,19 a
	UPL 4000	93,15 a	2197,45 a	36,62 a
	TRIX	93,87 a	2173,19 a	36,05 a
Testemunha	-----	94,85 NS	2052,56 NS	34,20 NS
Estádio fenológico (B)	R1	95,20 a	2314,75 a	38,57 a
	R2	92,99 a	2080,16 a	38,28 a
	R3	89,64 a	1984,03 a	33,06 a
	R4	93,34 a	2210,16 a	36,84 a
	R5	93,89 a	2297,21 a	38,28 a
F (A)		0,44 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}
F (B)		1,29 ^{NS}	1,71 ^{NS}	1,71 ^{NS}
F (AXB)		1,17 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,63 ^{NS}
F (AXB) x T		0,32 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,85 ^{NS}
CV (%)		6,7692	17,39	17,39

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, ** significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação.

Os valores de PMG variaram entre 92,02 g (MODDUS) e 94,85 g (testemunha), sem diferença estatística entre os tratamentos. Esses resultados são consistentes com o trabalho de Menezes (2022), que destacou a estabilidade da PMG em cultivares de soja submetidas a tratamentos com maturadores. Isso ocorre porque a massa de grãos é fortemente determinada pela genética da cultivar, tornando-a menos responsiva a alterações hormonais exógenas promovidas por reguladores de crescimento. De acordo com Souza et

al. (2013), maturadores à base de trinexapaque-etílico, como MODDUS, tendem a ter impacto limitado na PMG, especialmente em cultivares de ciclo precoce.

Com relação à produtividade da cultura, os valores variaram entre 1984,03 kg ha⁻¹ (R3) e 2314,75 kg ha⁻¹ (R1), sendo que a testemunha apresentou 2052,56 kg ha⁻¹. Embora não tenha havido significância estatística, as aplicações em R1 e R5 se destacaram com os melhores resultados absolutos. Essas fases coincidem com o início do florescimento (R1) e o final do enchimento dos grãos (R5), estágios críticos nos quais os maturadores podem modular o balanço hormonal da planta e melhorar a alocação de fotoassimilados para estruturas reprodutivas. Menezes (2022) também observou que a eficácia dos maturadores está relacionada ao momento da aplicação, com maior potencial em estádios que otimizam a redistribuição de recursos metabólicos.

Entre os maturadores, MODDUS e UPL 4000 proporcionaram produtividades médias superiores à da testemunha, embora sem significância estatística. Esses maturadores, que possuem trinexapaque-etílico como princípio ativo, atuam na inibição da síntese de giberelinas, resultando em uma melhor redistribuição de nutrientes e maior eficiência na alocação de recursos para as vagens e grãos (Coll et al., 2001). Essa resposta, ainda que limitada, reforça a necessidade de ajustes nos protocolos de manejo, como doses específicas e épocas de aplicação alinhadas às características da cultivar e às condições ambientais. Por outro lado, TRIX apresentou produtividade semelhante à testemunha, o que pode indicar uma variação na eficácia das formulações de trinexapaque-etílico, como observado por Zagonel e Fernandes (2007).

As épocas de aplicação também não demonstraram efeitos significativos na produtividade, mas os valores absolutos sugerem que aplicações em R1 e R5 proporcionaram melhores resultados. Esses estádios fenológicos representam momentos críticos no ciclo da soja: o início do florescimento é um período de alta demanda metabólica para a formação de estruturas reprodutivas, enquanto o final do enchimento dos grãos é quando a planta direciona grande parte de seus recursos para o desenvolvimento das sementes (Werner et al., 2015). Essas tendências sugerem que, mesmo sem significância estatística, o momento da aplicação é um fator crucial para maximizar o impacto dos maturadores.

A ausência de significância estatística nos parâmetros analisados pode estar relacionada à alta variabilidade experimental, fator comum em estudos de campo com soja, devido às complexas interações entre fatores genéticos, ambientais e de manejo. Além disso, durante o período experimental, houve escassez hídrica e ocorrência de altas temperaturas, condições que podem ter intensificado essa variabilidade e prejudicado a expressão dos efeitos dos maturadores. Menezes (2022) também ressalta que condições climáticas desfavoráveis e as particularidades das cultivares são capazes de mascarar ou reduzir os efeitos esperados em estudos com maturadores, especialmente sob condições de elevada variabilidade ambiental.

Embora os resultados da Tabela 3 não tenham apresentado significância estatística, os valores absolutos indicam que o manejo adequado dos maturadores, especialmente em estádios críticos como R1 e R5, pode contribuir para melhorar os componentes produtivos da soja. Estudos futuros podem explorar o uso de maturadores em cultivares de ciclos mais longos, em diferentes

condições ambientais e sob manejo mais ajustado, a fim de avaliar seu real potencial em maximizar a produtividade.

A Tabela 7 apresenta os resultados da porcentagem de maturação dos grãos de soja "NEO 750 IPRO" aos 104 e 110 dias após a semeadura (DAS), considerando diferentes tratamentos com maturadores (MODDUS, UPL 4000 e TRIX) e épocas de aplicação nos estádios fenológicos R1 a R5. O objetivo dessa análise é verificar a eficácia dos maturadores em acelerar o processo de desidratação dos grãos, promovendo uma antecipação da maturação. No entanto, os resultados indicam que não houve influência significativa dos tratamentos ou das épocas de aplicação sobre a maturação, uma vez que nenhuma das comparações apresentou significância estatística.

Tabela 7. Avaliação de desidratação dos grãos da soja “NEO750IPRO” expressa em % de maturação.

Tratamentos		% Maturação (104 DAS)	% Maturação (110 DAS)
Formulação (A)	MODDUS	12,1 a	8,3 a
	UPL 4000	12,4 a	8,5 a
	TRIX	13,8 a	9,7 a
Testemunha	-----	11,7 ^{NS}	8,2 ^{NS}
Estádio fenológico (B)	R1	12,3 a	11,11 a
	R2	13,2 a	9,4 a
	R3	12 a	8,3 a
	R4	12,6 a	8,0 a
	R5	12,8 a	7,7 a
F (A)		1,03 ^{NS}	1,07 ^{NS}
F (B)		0,25 ^{NS}	1,74 ^{NS}
F (AXB)		1,72 ^{NS}	1,88 ^{NS}
F (AXB) x T		0,18 ^{NS}	0,12 ^{NS}
CV (%)		34,98	43,92

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, ** significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação.

Os valores de maturação aos 104 DAS variaram entre 11,5% para a testemunha e 13,8% para o tratamento com TRIX. Aos 110 DAS, a variação foi entre 7,7% (R5) e 11,1% (R1), indicando uma flutuação nos níveis de maturação, mas sem diferenças estatísticas que possam comprovar a eficácia dos maturadores em acelerar o processo. Esses resultados corroboram as observações de Menezes (2022), que também não encontrou efeitos significativos de maturadores na antecipação da maturação da soja. Menezes ressalta que, embora esses produtos tenham efeito potencial na modulação

hormonal, fatores ambientais, genéticos e a variabilidade experimental podem mascarar os efeitos esperados, especialmente em experimentos a campo.

As análises de variância para os fatores isolados e para as interações não foram significativas, demonstrando a ausência de efeitos dos maturadores independentemente da formulação e da época de aplicação. Esses resultados estão em concordância com estudos, como o de Souza et al. (2013), que apontaram a alta variabilidade de resposta dos maturadores em diferentes condições de cultivo e ressaltaram que, para muitas cultivares de soja, os maturadores têm efeito limitado na antecipação do ciclo, principalmente em ambientes de campo.

Os resultados obtidos demonstram que, nas condições experimentais realizadas, a utilização de trinexapaque-etílico não promoveu alterações significativas na antecipação da maturação ou melhorias expressivas nas características produtivas da soja 'NEO 750 IPRO'. A alta variabilidade experimental associada às condições climáticas adversas observadas durante o estudo, especialmente a escassez hídrica e as altas temperaturas, pode ter contribuído para a limitação da eficácia dos maturadores avaliados. Esses resultados destacam a necessidade de novos estudos que explorem diferentes doses, cultivares mais sensíveis, épocas alternativas de aplicação e ambientes mais controlados, visando esclarecer melhor as interações entre trinexapaque-etílico, características genéticas e condições ambientais, com o objetivo de otimizar o manejo agrônomo da cultura da soja.

5.CONCLUSÃO

Os resultados indicam que, sob as condições testadas, as formulações com etil trinexapac (MODDUS, UPL 4000 e TRIX) quando aplicadas nos estádios reprodutivos não proporcionaram melhorias significativas no desenvolvimento, rendimento ou aceleração da maturação da soja "NEO 750 IPRO".

6.LITERATURA CITADA

- ADAMS, R.; KERBER, E.; PFISTER, K.; WEILER, W. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935 (cimectacarb). **In:** Progress in plant growth regulation. Edited by C.M. Karssen, L.C. van Loon and D. Vreugdenhil. Dordrecht: Kluwer Academic, pp. 818-827, 1992.
- ANDRE, R. G. B.; GARCIA, A. Alguns aspectos climáticos do município de Jaboticabal - SP. **Nucleus**, v.12, n.2, 2015.
- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>.
- ANDRIOLI, I., & CENTURION, J. F. (1999). Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. **In** Congresso Brasileiro de Ciência do solo (Vol. 27, p. 32).
- AMREIN, J.; RUFENER, M.; QUADRANTI, M. The use of CGA 163'935 as a growth regulator in cereals and oilseed rape. **In:** BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1989, Proceedings, Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p. 2-12.
- ÁVILA, C. J. Manejo integrado de pragas (MIP) na cultura da soja: um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais/Crébio José Ávila, Viviane Santos. - Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, p 43, 2018.
- BACHA, A. L. Efeito do etil-trinexapac no metabolismo primário do eucalipto em condições de deficiência hídrica. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2022.
- BACHA, A.L.; MARTINS, P.F.R.B.; ALVES, P.L.C.A.; PAULA, R.C. Trinexapac-ethyl causes stimulatory effect on eucalyptus initial growth under nutritional deficiency. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 48, p. 94-100, 2018.
- BACHA, A.L.; MARTINS, P.F.R.B.; CARREGA, W.C.; ALVES, P.L.C.A.; PAULA, R.C. Trinexapac-ethyl causes stimulatory effect on the initial growth of Eucalyptus urograndis clones. **Journal of Agricultural Science**, v.9, n.10, p.189-197, 2017.
- BUZZELLO, G. L. Uso de reguladores no controle do crescimento e no desempenho agrônomo da cultura da soja cultivar CD 214 RR. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ITFPRA/PPGA, Pato Branco, 157 f. 2010.

- CARREGA, W. C. Utilização de maturadores para antecipação da colheita do amendoim rasteiro. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal 39 p., 2013.
- COLL, L. C. et al. Reguladores de crescimento em plantas: conceitos e aplicações. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 13, n. 2, p. 125-139, 2001.
- Coll, JB, Rodrigo GN, Garcia BS & Tamés RS. Etileno y poliaminas. In: Coll JB, Rodrigo GN, Garcia BS & Tamés RS (Eds.) **Fisiología Vegetal**, Madrid: Ediciones Pirámide. p. 357- 367
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento: Soja. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 10 jun 2025.
- DAVIES, P. J. *Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology*. 3. ed. Dordrecht: **Kluwer Academic Publishers**, 2004.
- DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante do desempenho agrônomo de milho e feijão. **Bioscience Journal** v. 30, n. 1, p. 371-379, 2014.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2014.
- ESPINDULA, M. C. et al. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.
- FARIA, A. T. Efeito do trinexapaque-etílico no crescimento e na produtividade da cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 491–497, 2015.
- FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, AL.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Circular Técnica, EMBRAPA soja, Londrina, n. 48, 2007. 9 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- FERRARI, S. et al. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.
- FIOREZE, S. L.; GUIMARÃES, V. F. Manutenção do status hídrico de plantas de soja induzida por Etil-Trinexapac. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 166–172, 18 set. 2015.

GARCIA, R. A. DE F. Utilização de maturadores para antecipação da colheita do milho. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 22 p., 2014.

GRIGGS, D.L.; HEDDEN, P.; TEMPLE-SMITH, K.E.; RADEMACHER, W. Inhibition of gibberellin 2 β -hydroxylases by acylcyclohexanedione derivatives. **Phytochemistry**, v.30, n.8, p.2513-2517, 1991.

HARTMANN, H. T. et al. *Plant propagation: principles and practices*. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011.

HAWERROTH, F. et al. Reguladores de crescimento, importância, perspectivas e utilização. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144698/1/Agropeccat-v29-n2-Maio-Ago-2016-p50-2.pdf>>.

HEDDEN, P. Gibberellin biosynthesis in higher plants. **Annual Plant Reviews**, v.49, p.37-72, 2016.

HEDDEN, P.; SPONSEL, V.M. A century of gibberellin research. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.34, n.4, p.740-760, 2015.

HISAMATSU, T.; KOSHIOKA, M.; KUBOTA, S.; KING, R.W. Effect of gibberellin A4 and GA biosynthesis inhibitors on growth and flowering of stock [Matthiola incana (L.) R. Br.]. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.67, n.4, p.537-543, 1998.

IEA, Instituto de Economia Agrícola. Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, Ano Agrícola 2020/21, Junho de 2021. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=15947>.

LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Algodão: Tecnologia de produção. Embrapa agropecuária oeste, Embrapa Algodão, Dourados, 2001. 296p.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.F.; SANTOS, D.; BENCKE, M.H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.3, p.373-379, 2008.

MENEZES, M. R. Uso de maturadores para a antecipação da colheita da soja. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 41 p. 2023.

NEOGEN SEMENTES. Neo 750. Neogen Sementes, 2020. Disponível em: <https://www.neogensementes.com.br/neo-750/>. Acesso em: 01 jul. 2025.

OLIVEIRA, A. F.; PEREIRA, C. N.; VIEIRA, P. A. Análise da rotação de grãos na área de reforma de canavial. CONGRESSO DA SOBER: Agricultura e Desenvolvimento Rural com Sustentabilidade, 50., 2012, Vitória. Anais... Vitória, 2012. Trabalho 1102.

PAVÃO, Marcos A. et al. Cultivo e produção de soja em reforma de canavial. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 17-25, 2015.

PIRES, R. N.; BACHA, A. L.; NEPOMUCENO, M. P.; ALVES, P. L. C. A. Can trinexapac-ethyl stimulate the initial growth of eucalyptus? **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 385-395, jan./mar., 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509815326>

PIRES, R.N.; PEREIRA, F.C.M.; NEPOMUCENO, M.P.; ALVES, P.L.C.A. Effects of the simulated drift of ripeners on *Eucalyptus urograndis*. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.12, p.78-86, 2013.

Pires, R. N.; Bacha, A. L.; Nepomuceno, M. P.; Alves, P. L. C. A. (2019). Pode o etiltrinexapac estimular o crescimento de mudas de eucalipto? **Ciência Florestal**, 29(1), 385–395.

RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. **Annual Plant Reviews**, v.49, p.359-403, 2016.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p.501-531, 2000.

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.34, n.4, p.845-872, 2015.

SILVA, M. A. Biorreguladores: nova tecnologia para maior produtividade e longevidade do canavial. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 1-4, 2010.

SOUZA, I.; SILVA, T.; ALBRECHT, L. Manejo da aplicação de trinexapac ethyl na soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 16-21, 202

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 690 p., 2017.
- TERASAWA, J. M. et al. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 765–773, set. 2009.
- VIANA, R. S. et al. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana de açúcar. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 65-71, 2008.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimuladores na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. Londrina: **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n.2, p.222-228, 2001.
- WERNER, C. et al. Fisiologia da senescência em plantas: uma revisão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 50, n. 8, p. 668-677, 2015.
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMAT, H. Nitrogen doses and plant densities with and without a growth regulator affecting wheat, cultivar OR-1. **Rural Science**, v. 32, p. 25-29, 2002.
- ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses and timing of growth reducer application affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331- 339, 2007.