

INFLUÊNCIA DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA CEVADA

PADILHA, Ana Carolina Pichibilski ¹

BARETA JUNIOR, Eloi²

RESUMO

A cevada (*Hordeum vulgare L.*) é um cereal que possui destaque em nível de importância socioeconômica mundial. Sua produtividade pode ser afetada por diversos fatores, mas um que ocasiona grandes perdas de produtividade, é o acamamento. Afim de mitigar as perdas por acamamento. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência dos reguladores de crescimento Trinexapac-ethyl (Moddus®) e Etefom 720 (Ethrel®) em diferentes doses e épocas de aplicação no desenvolvimento da cevada na cidade de Candói – PR. No estudo de caso foi utilizada a cultivar princesa, com oito tratamentos (doses únicas e sequenciais dos produtos, assim como a mistura dos mesmos). Foram avaliadas a altura de plantas, distanciamento entre nós, acamamento, componentes de rendimento produtivo e produtividade. Os resultados demonstraram que Trinexapac-ethyl foi significativamente superior ao Etefom 720. A aplicação sequencial de Trinexapac-ethyl (T5: 0,2 L + 0,3 L) alcançou máxima produtividade, seguido pelo T2 (0,3 L Trinexapac-ethyl), com uma produtividade inferior ao T5, porém ainda significativa em relação aos demais tratamentos, já as demais doses prejudicaram o enchimento de grãos. No caso do Etefom 720, reduziu a produtividade em até 7% em comparação à testemunha. Conclui-se que a aplicação sequencial de Trinexapac-ethyl é a estratégia mais eficaz para otimizar a produtividade e controlar o acamamento em cevada, representando uma ferramenta importante para suprir a demanda das maltarias.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare L.* Trinexapac-ethyl. Etefom 720. Acamamento.

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare L.*) is a cereal of significant global socioeconomic importance. Its productivity can be affected by several factors, but lodging is one that causes major productivity losses. In order to mitigate losses due to lodging, this study aimed to evaluate the influence of the growth regulators Trinexapac-ethyl (Moddus®) and Etephon 720 (Ethrel®) at different doses and application times on barley development in the city of Candói – PR. The case study used the cultivar Princesa, with eight treatments (single and sequential doses of the products, as well as mixtures thereof). Plant height, node spacing, lodging, yield components, and productivity were evaluated. The results demonstrated that Trinexapac-ethyl was significantly superior to Etefom 720. The sequential application of Trinexapac-ethyl (T5: 0.2 L + 0.3 L) achieved maximum productivity, followed by T2 (0.3 L Trinexapac-ethyl), with lower productivity than T5, but still significant compared to the other treatments. The other doses impaired grain filling. In the case of Etefom 720, it reduced productivity by up to 7% compared to the control. It is concluded that the sequential application of Trinexapac-ethyl is the most effective strategy to optimize productivity and control lodging in barley, representing an important tool to meet the demand of malt houses.

Keywords: *Hordeum vulgare L.* Trinexapac-ethyl. Etefom 720. Lodging.

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (enga-anapadilha@camporeal.edu.br).

² Docente orientador(a) do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (prof_eloijunior@camporeal.edu.br).

1 INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare L.*) é um cereal que possui destaque em nível de importância socioeconômica mundial, se aproximando cada vez mais do arroz, milho e trigo (Frandaloso; De Paz; Aguiar, 2025). Esta gramínea é originária do Oriente Médio, e foi introduzida no Brasil no ano de 1583 apenas com variedades forrageiras. Somente em 1920 iniciou-se a pesquisa com a cevada cervejeira, com foco na produção do malte, e conseqüentemente a cerveja (Carpentieri-Pipolo *et al.*, 2023).

No Brasil a cevada é considerada a terceira cultura mais cultivada no inverno, ficando atrás do trigo e da aveia, sendo oriunda de uma produção quase exclusiva da região Sul, sendo o Paraná considerado o estado de maior produção (Gromowski, 2025). Na safra de 2024, segundo Custódio (2024) a área plantada de cevada foi de 125,8 mil ha, com uma produção de 442 mil toneladas, com um rendimento médio de 3.517 Kg/ha. Já na região de Guarapuava -PR, que é líder nacional na produção da cultura, a área plantada chegou a 30,4 mil ha cultivados, com uma produção de 143,7 mil toneladas, com um rendimento médio de 4.720 kg/ha (Agro Regional, 2025). Apesar do cereal ser altamente difundido no Brasil, a quantidade produzida ainda não tem suprido as maltarias brasileiras, pois o consumo anual é em torno de 830 mil toneladas, sendo mais que o dobro do que se produz no país (Borsoi; Matos, 2024).

A produtividade da cevada pode ser afetada por diversos fatores, mas um que tem ocasionado grandes perdas, variando entre 7% a 35%, é o acamamento da cultura (Syngenta, 2022). O acamamento se define pelo tombamento de plantas na lavoura, e pode ser causado por ventos e chuvas fortes, excesso de adubação nitrogenada e pelo uso de cultivares mais suscetíveis. Tal feito atrapalha principalmente na colheita, resultando na perda direta de produtividade, mas também influencia na qualidade do grão, pois limita a translocação de carboidratos da planta para as espigas (Lopes *et al.*, 2024).

Segundo De Mello (2019) uma das estratégias realizadas para mitigar as perdas de produtividade por acamamento, é a utilização de reguladores de crescimento. Neste caso, estas substâncias atuam diretamente no desenvolvimento das plantas, sendo capazes de promover ou inibir processos fisiológicos específicos, se destacando principalmente na redução de estatura, atuando também na mitigação e/ou no estímulo de senescência de folhas, assim como no uso para maturação de frutos (Balena; Lazaretti, 2023).

De acordo com Hoppe (2024) um regulador de crescimento amplamente reconhecido é o Trinexapac-ethyl (Moddus®), ele atua diretamente na biossíntese de giberelinas, o hormônio responsável por promover o crescimento do caule, dessa forma, interrompe o alongamento

celular, e conseqüentemente reduz a estatura das plantas, e aumenta o diâmetro do colmo, resultando na diminuição do acamamento. Por outro lado, utiliza-se também o regulador Etefom 720 (Ethrel 720®), o qual estimula a produção endógena do etileno, sendo assim, aumenta o crescimento das raízes e inibe o hormônio de crescimento da planta, a auxina, resultando na redução de estatura da planta (Nunes; Ecco; Da Costa Figueiredo, 2022).

Os reguladores de crescimento podem reduzir o acamamento e contribuir consideravelmente na produtividade da cevada, porém é necessário se atentar a correta utilização do produto, pois se aplicado no momento inadequado ou com uma dose fora de recomendação, pode ocasionar danos, como por exemplo a retenção de espigas (Frandaloso; De Paz; Aguiar, 2025). De acordo com Follings (2019), seguindo a escala de Zadoks *et al.* (1974), recomenda-se realizar a aplicação do Trinexapac-ethyl nos estádios GS 30 - 32 (1° nó perceptível ou 1° nó visível e 2° nó perceptível), com a dose de 0,4 a 0,5 L/ha, e no caso do Etefom 720, aplicação ideal no estágio GS 37 (folha bandeira somente visível), sem dose específica definida pois o produto não possui registro para a cultura da cevada.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos reguladores de crescimento Trinexapac-ethyl e Etefom 720 em diferentes doses e épocas de aplicação no desenvolvimento da cultura da cevada na cidade de Candói-PR.

2 METODOLOGIA

Este estudo de caso foi conduzido durante o período de junho a outubro de 2025, sob a supervisão do Engenheiro Agrônomo Luiz Rodrigo Grigoletto, na Fazenda São Pedro, propriedade que pertence ao Grupo Illich, situada no município de Candói, estado do Paraná, com altitude de 930m, latitude de 25°36'48.7" S e longitude de 52°03'37.7" W. O clima na região de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é subtropical mesotérmico úmido (Peel *et al.*, 2007), caracterizado por ser um clima temperado sem estação seca, com verões frescos e temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C. A precipitação média anual registrada para a localidade é de aproximadamente 1.944 mm (Neumann *et al.*, 2009).

Para este estudo foi utilizada a cultivar de cevada Princesa, sendo semeada em 03 de junho de 2025 com população de 243 plantas/m². A adubação de base foi com 150 kg/ha de MAP e 125 kg/ha de Cloreto de Potássio (KCl), e na cobertura 125 kg/ha de ureia. O estudo contou com e com 8 tratamentos, sem repetições (Quadro 1), em parcelas de 3 m de largura x 35 m de comprimento.

Quadro 1 - Doses dos produtos utilizadas para os tratamentos nas parcelas do estudo.

Tratamento	Dose/ha	
	1ª Aplicação (22/07)	2ª Aplicação (01/08)
T1	Testemunha	Testemunha
T2	-	0,3 L Trinexapac-ethyl
T3	-	0,4 L Trinexapac-ethyl
T4	-	0,5 L Trinexapac-ethyl
T5	0,2 L Trinexapac-ethyl	0,3 L Trinexapac-ethyl
T6	0,2 L Trinexapac-ethyl	0,2 L Etefom 720
T7	-	0,2 L Etefom 720
T8	0,2 L Etefom 720	0,1 L Etefom 720

Fonte: A Autora (2025).

O manejo fitossanitário de toda a área de estudo foi o mesmo, e iniciou no dia 07 de julho, com o uso de fungicidas, inseticidas, herbicidas e inoculantes, separados em duas aplicações, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Manejo fitossanitário realizado no dia 07 de julho de 2025.

Produtos e doses							
Starsol® (Adjuvante) 0,02 l/ha	Wetcit Gold® (Óleo) 0,16 l/ha	Kasan Max 750® (Mancozebe) 1,52 kg/ha	Aminol 806® (2,4-D-dimetilamina) 0,6 l/ha	Ally® (Metsulfurom) 5,6 g/ha	Magic® (Iprodiona) 1 l/ha	Rovral® (Iprodiona) 0,016 l/ha	Closer® (Sulfoxaflor) 0,032 l/ha
Forspray® (Adjuvante) 0,1 l/ha	Grap Nod Al® (Inoculante) 0,125 l/ha	Ecotrich® (<i>Trichoderma</i>) 0,062 kg/ha	Meli X Turbo® (Inoculante) 07 l/ha				

Fonte: A Autora (2025).

Já a primeira aplicação de reguladores de crescimento foi realizada no dia 22 de julho, nos tratamentos 5, 6 e 8, quando a cevada ainda estava alongando o primeiro nó – GS 30 (Figura 1). A temperatura no momento da aplicação estava cerca de 24°C e a umidade em 42%.

Figura 1 – Primeiro nó de cevada alongando (estádio GS 30).



Fonte: A Autora (2025).

A segunda aplicação de reguladores de crescimento foi realizada no dia 01 de agosto em todos os tratamentos, seguindo a dosagem e o produto de cada tratamento, exceto a testemunha (T1), quando a cevada estava com o primeiro nó visível e o segundo perceptível – GS 32 (Figura 2). A temperatura no momento da aplicação estava cerca de 24°C e a umidade em 34%.

Figura 2 – Primeiro nó visível e segundo nó perceptível da cevada (estádio GS 32).



Fonte: A Autora (2025).

As aplicações foram realizadas com bomba costal, faixa de aplicação de 2 metros, com ponta leque simples 11001, e vazão de 70 L/ha.

No dia 13 de agosto foi realizada a segunda aplicação de fungicidas, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – Manejo fitossanitário realizado no dia 13 de agosto de 2025.

Produtos e doses			
Starsol® (Adjuvante)	Rizospray Extremo® (Óleo)	Kasan Max 750® (Mancozebe)	Fox Xpro® (Bixafem+Protiocozonazol+Trifloxistrobina)
0,02 l/ha	0,168 l/ha	1,5 kg/ha	0,5 l/ha

Fonte: A Autora (2025).

Nas datas de 22 de agosto e 01 de setembro, com a cultura no estágio de emborrachamento (GS 49), foram coletadas amostras nas 8 parcelas para avaliação dos parâmetros de altura de planta e distanciamento entre nós. Foram escolhidos quatro pontos de um metro quadrado ao acaso e realizada a coleta de cinco plantas em cada ponto.

As medidas foram obtidas com o auxílio de uma trena, sendo definidas como plantas padrões apenas as plantas mãe, tanto para verificação dos parâmetros de altura como para o distanciamento entre nós. Para a altura de plantas foi considerada desde o 1º nó.

No dia 13 de setembro foi realizada a terceira aplicação de fungicidas e adicionado inseticida, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – Manejo fitossanitário realizado no dia 13 de setembro de 2025.

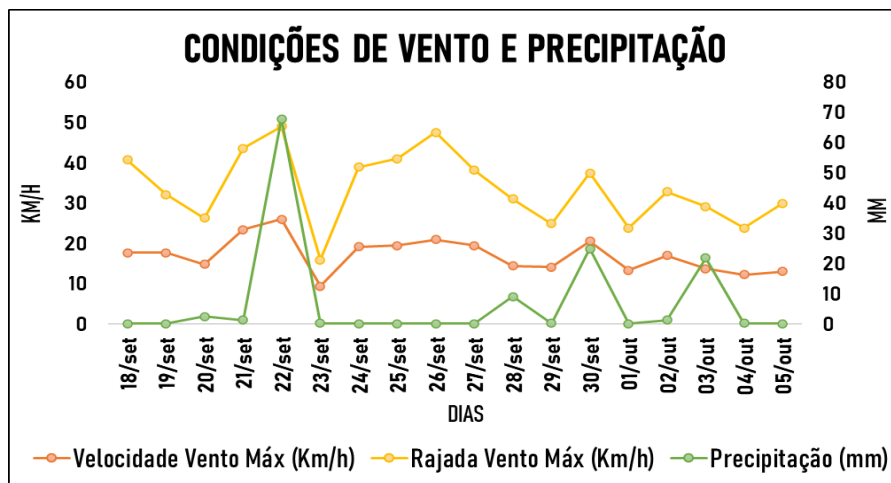
Produtos e doses		
Wetcit Gold® (Óleo) 0,16 l/ha	Closer® (Sulfoxafior) 0,02 l/ha	Armero® (Protioconazol+Mancozebe) 2l/ha

Fonte: A Autora (2025).

Já nas datas de 24 de setembro e 01 de outubro, no início da maturação fisiológica (GS 83) novamente foram coletadas amostras nas oito parcelas para avaliação da altura de planta e distanciamento entre nós. A metodologia para coleta e avaliações foram as mesmas realizadas anteriormente.

No decorrer do estudo, a cevada teve um desenvolvimento sem acamamento até meados do mês de setembro, porém neste período o acamamento passou a ocorrer, pois se intensificaram as rajadas de vento, chegando a cerca de 50 km/h no dia 22 de setembro, somada a alta precipitação neste mesmo dia, cerca de 70 mm (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Condições de vento e precipitação da área de estudo de acordo com estação meteorológica da fazenda, no período de 17 de setembro a 05 de outubro de 2025.



Fonte: A Autora (2025).

Durante a vistoria da lavoura na data de dia 29 de setembro, observou-se todo o efeito destas condições climáticas, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Imagem aérea do perímetro de estudo no dia 29 de setembro de 2025.



Fonte: A Autora (2025).

Em 06 de outubro foi realizada a dessecação da área para se ter a padronização visando a colheita, os produtos utilizados podem ser visualizados no Quadro 5.

Quadro 5 – Dessecação realizada no dia 06 de outubro de 2025.

Produtos e doses		
Starsol® (Adjuvante)	Rizospray Extremo® (Óleo)	Sapek Max® (Glufosinato)
0,025 l/ha	0,168 l/ha	0,458 kg/ha

Fonte: A Autora (2025).

No dia 09 de outubro foi realizada a avaliação do acamamento dos tratamentos, onde foi avaliada cada uma das parcelas com uma nota de 0 a 100% de acamamento, de acordo com a porcentagem de área acamada em cada parcela.

E por fim, no dia 14 de outubro, com o estágio da planta em GS 92 (grão duro), foi realizada a coleta de espigas para a estimativa de produtividade. Neste caso, foram cortadas as espigas em 4 pontos aleatórios de 1 m linear em cada uma das parcelas.

Após a coleta de espigas, foi realizada a contagem de espigas por metro, posteriormente sendo transformada em espigas por m², a quantidade de grãos por espiga, o peso de mil sementes (PMS), com o auxílio de uma balança de precisão, e a umidade dos grãos, com o auxílio de um medidor de umidade, sendo realizada posteriormente a estimativa da produtividade.

Para a estimativa da produtividade foi utilizada a seguinte fórmula:

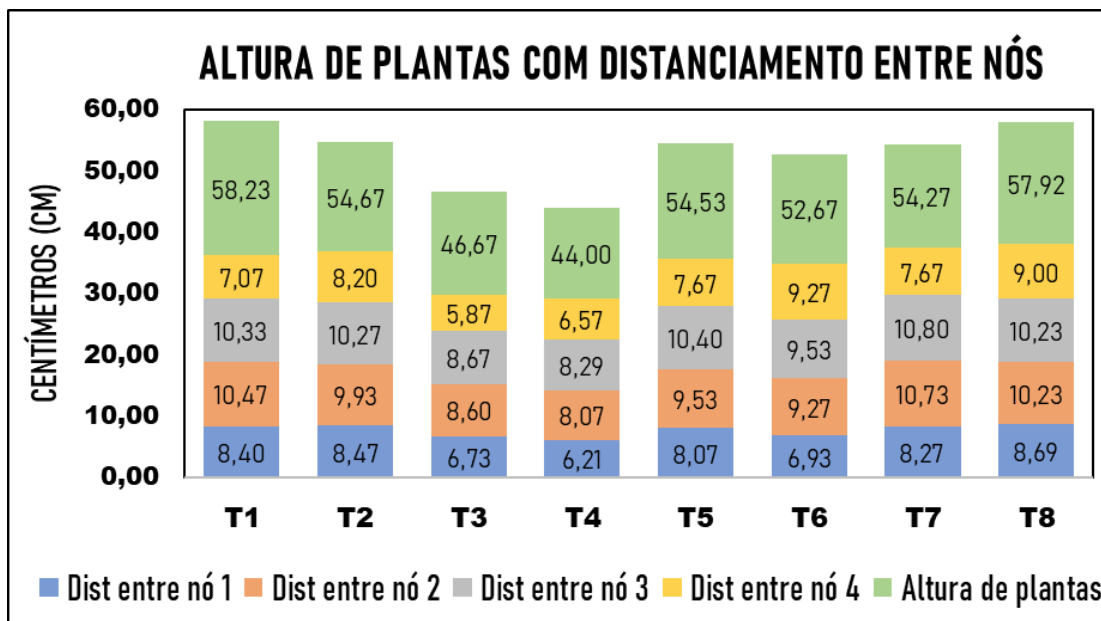
$$\text{Produtividade (kg/ha)} = \text{Espigas/m}^2 \times \text{Grãos/espiga} \times \frac{\text{PMS}}{1000} \times 10$$

Com todas as avaliações já realizadas, os dados foram digitalizados e as médias foram obtidas, possibilitando a geração dos gráficos para a apresentação de resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira avaliação realizada foi da altura das plantas de cevada e o distanciamento entre nós, os dados obtidos podem ser visualizados no Gráfico 2. Observa-se que os tratamentos contendo Trinexapac-ethyl, principalmente nas maiores doses e em aplicação única (T3 e T4), promoveram redução expressiva na altura total das plantas, atingindo valores próximos a 44–46 cm, em comparação à testemunha (T1), com 58,23 cm. O tratamento com dose baixa de Trinexapac-ethyl (T2), o tratamento com duas aplicações de Trinexapac-ethyl (T5), a mistura dos dois reguladores (T6) e a aplicação única de Etefom 720 (T7), praticamente se igualaram em altura, não apresentando resultados expressivos. Já o sequencial com Etefom 720 (T8) apresentou leve redução da altura, com o menor efeito observado em comparação ao Trinexapac-ethyl.

Gráfico 2 – Altura de plantas com distanciamento entre nós após 30 dias da aplicação dos reguladores de crescimento, plantas já em emborrachamento, no estágio GS 49.

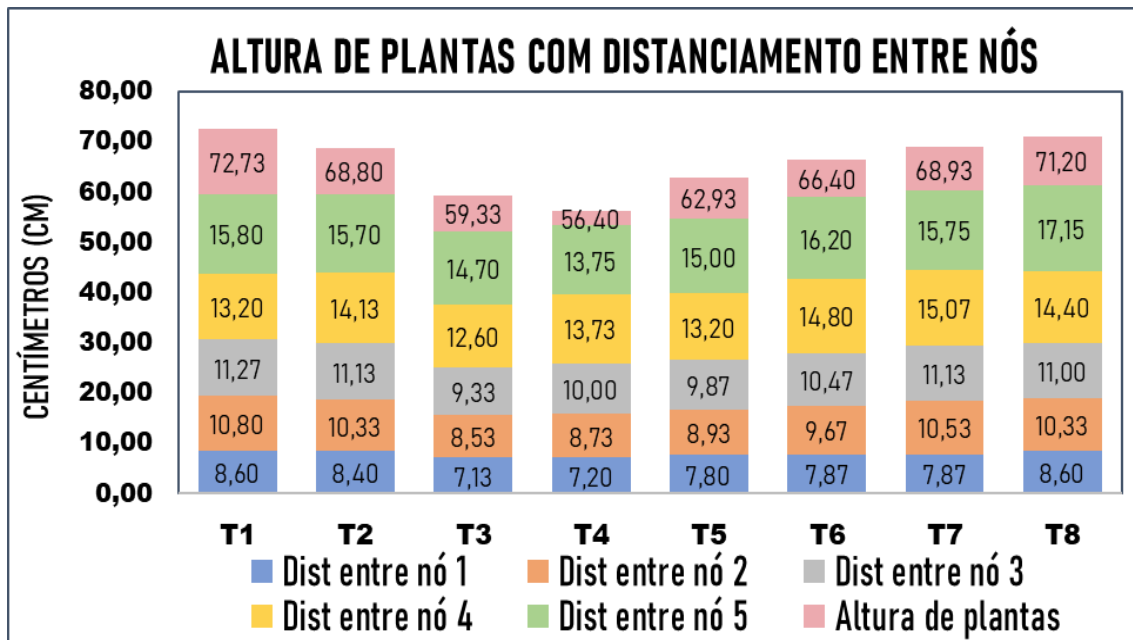


Fonte: A Autora (2025).

O fato do Trinexapac-ethyl ter se destacado como regulador de crescimento neste estudo, corrobora ao estudo apresentado por Tidemann *et al.* (2020) onde em estudo comparativo com o Etefom 720, o Trinexapac-ethyl apresentou maior capacidade de reduzir altura de plantas e consequentemente reduzir o acamamento, sendo considerado promissor para uso em cevada.

O Gráfico 3 demonstra os resultados referentes a altura das plantas e o distanciamento entre nós da segunda avaliação realizada. É possível observar que o menor porte de planta se manteve nos tratamentos 3 (0,4 L/ha de Trinexapac-ethyl) 4 (0,5 L/ha de Trinexapac-ethyl), e também o tratamento 5 (sequencial de Trinexapac-ethyl) acabou ganhando espaço e se tornou o terceiro com menor porte de planta, pois seus entre nós superiores conseguiram manter o encurtamento. Já o tratamento com menor dose de Trinexapac-ethyl (T2) e os que possuíam Etefom 720 (T6, T7 e T8), não apresentaram resultados relevantes em altura, visto que variaram de 66 a 71 cm, e a testemunha (T1) possuía cerca de 72 cm.

Gráfico 3 - Altura de plantas com distanciamento entre nós após 60 dias da aplicação dos reguladores de crescimento, plantas iniciando maturação fisiológica, no estágio GS 83.

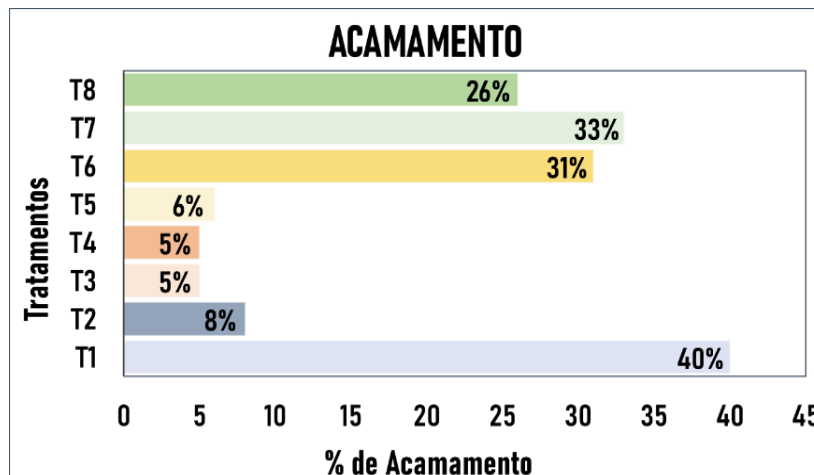


Fonte: A Autora (2025).

O gráfico acima sustenta os mesmos resultados observados no Gráfico 2, pois o Trinexapac-ethyl apresentou maior potencial para reduzir entre nós e altura de plantas em comparação ao Etefom 720. Um fator que pode estar relacionado a baixa performance do Etefom 720 é a época de aplicação do estudo, pois de acordo com a descrição dos estádios fenológicos dos cereais de inverno proposta por Zadoks *et al.* (1974), o momento de aplicação do Etefom 720 pode variar entre o GS 37 (folha bandeira somente visível) e GS 45 (bainha da folha bandeira inchada – emborrachamento), porém neste estudo as aplicações foram realizadas no GS 31 (1º nó perceptível) e GS 32 (1º nó visível e 2º nó perceptível), sendo assim, foi aplicado fora da janela ideal, o que pode acabar impedindo melhor performance do produto (Follings, 2019).

O Gráfico 4 apresenta a porcentagem de área acamada em cada uma das parcelas do estudo, apresentando variação de 5% nos tratamentos com maiores doses únicas de Trinexapac-ethyl (T3 e T4) a 40% testemunha (T1), demonstrando a eficácia diferenciada dos reguladores de crescimento no controle desta variável. A testemunha (T1) apresentou o maior acamamento (40%), confirmando que sem aplicação de reguladores, a cevada é altamente suscetível ao acamamento. Os tratamentos com Trinexapac-ethyl apresentaram desempenho superior, com redução drástica do acamamento, já os tratamentos com Etefom 720 apresentaram eficácia intermediária. Embora os tratamentos com Etefom 720 tenham reduzido o acamamento em comparação à testemunha, sua eficácia foi significativamente inferior aos tratamentos com Trinexapac-ethyl. A aplicação sequencial realizada no T5 foi ligeiramente menos eficaz que as doses únicas de Trinexapac-ethyl (T3 e T4), mas manteve acamamento praticamente nulo, confirmando que ambas as estratégias de aplicação deste produto são altamente eficazes.

Gráfico 4 – Porcentagem de acamamento dos tratamentos no dia 09 de outubro de 2025.



Fonte: A Autora (2025).

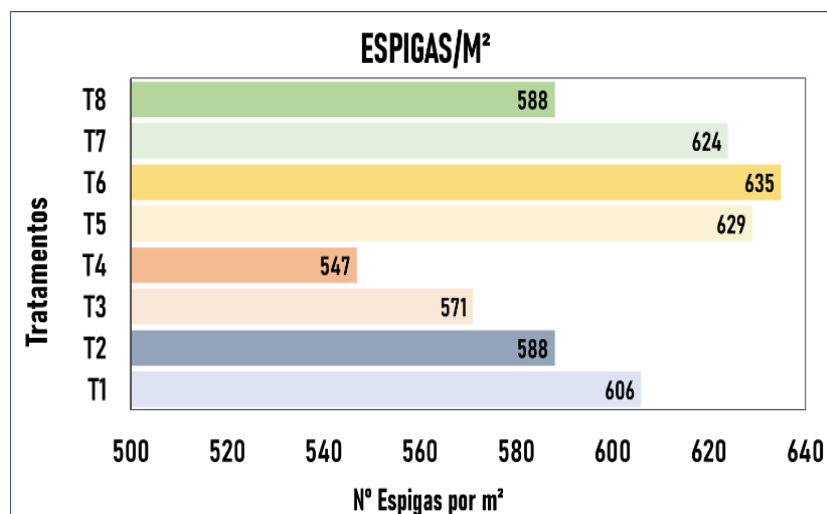
Com os dados apresentados, ficou evidente uma correlação entre a altura de plantas e acamamento nos tratamentos com Trinexapac-ethyl, confirmando o princípio fundamental de que plantas mais altas apresentam maior suscetibilidade ao acamamento. A testemunha (T1), que apresentou a maior altura, também apresentou o maior acamamento, enquanto os tratamentos que mais reduziram a altura também apresentaram os menores acamamentos. Os resultados obtidos com a aplicação de Trinexapac-ethyl corroboram com os dados encontrados por Tonet (2023), o qual também observou redução no índice de acamamento.

Já os tratamentos com Etefom 720 não apresentaram a mesma correlação linear entre altura e acamamento. O T7 (dose única) reduziu a altura em 3,8 cm em relação à testemunha, e

o acamamento encontrado foi de 33%. O T8 (sequencial) praticamente não reduziu a altura, mas o acamamento da parcela ficou em 26%. Este resultado sugere que o Etefom 720 atua através de um mecanismo diferente do Trinexapac-ethyl para reduzir o acamamento. Liu *et al.* (2025) investigaram os mecanismos pelos quais o Etefom 720 aumenta a resistência ao acamamento em milho e demonstraram que este regulador aumenta significativamente o conteúdo de lignina no colmo, conferindo resistência mecânica.

Se tratando dos parâmetros avaliados no pós colheita, o número de espigas por m² pode ser observado no Gráfico 5. Os tratamentos que apresentaram maior número de espigas por m² foram T5 (sequencial Trinexapac-ethyl), T6 (mistura dos dois) e T7 (dose única Etefom 720), variando de 624 a 635 espigas/m². A menor quantidade de espigas pode ser observada no T4 (0,5 L/ha de Trinexapac-ethyl), com uma enorme diferença de 88 espigas em relação ao tratamento que se destacou (T6). A testemunha (T1) ainda apresentou mais espigas que o T2, T3, T4 e T8, variando de 18 a 59 espigas a mais por m².

Gráfico 5 – Nº de espigas por m².



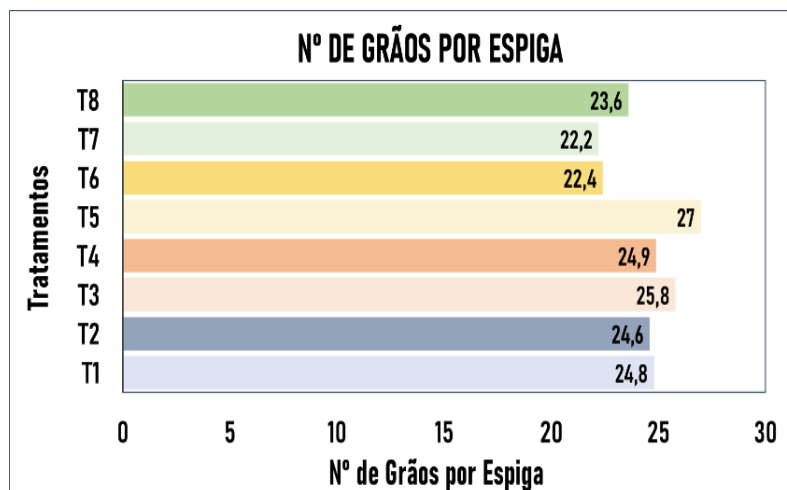
Fonte: A Autora (2025).

De acordo com o trabalho apresentado por Tonet (2023) era suposto que o Trinexapac-ethyl, ao inibir a biossíntese de giberelinas, redirecionasse energia da planta para o perfilhamento, resultando em maior número de espigas em todos os tratamentos com este produto, no entanto, os dados mostram um padrão mais complexo, onde apenas doses moderadas em aplicação sequencial o otimizam (T5 e T6). Portanto, é possível explicar este efeito reverso em T3 e T4 pelo estudo realizado por Miziniak, Matysiak e Kaczmarek (2017), pois com a aplicação de 0,2 L/ha de Trinexapac-ethyl, obteve-se 930 espigas de cevada por m², e com 0,4 L/ha 893 espigas de

cevada por m². Já o efeito do Etefom 720 pode ser explicado através do trabalho realizado por Al-Jamali, Turk e Tawaha (2002), onde aplicaram o Etefom nos estágios de perfilhamento, alongamento do colmo e floração, e como resultado, o regulador reduziu a produtividade de grãos nas aplicações realizadas nos estágios iniciais, perfilhamento e alongamento do colmo, e aumentou no estágio posterior de floração.

O parâmetro de número de grãos por espiga (Gráfico 6) variou entre os tratamentos, apresentando valores de 22,2 (T7 – dose única de Etefom 720) a 27,0 (T5 – sequencial Trinexapac-ethyl). Os tratamentos com Trinexapac-ethyl em dose única apresentaram desempenho similar a testemunha, o único que de fato se destacou foi a aplicação sequencial (T5), que atingiu o máximo de 27,0 grãos/espiga, representando aumento de 8,9% em relação à testemunha (24,8). Os tratamentos com Etefom 720 apresentaram os menores valores, sendo todos eles inferiores ao número de grãos por espiga alcançado pela testemunha.

Gráfico 6 – N° de grãos por espiga.



Fonte: A Autora (2025).

O resultado observado em T5 alinha-se com o estudo de Fernandes *et al.* (2023) que demonstra que o Trinexapac-ethyl, ao inibir a biossíntese de giberelinas, redireciona fotoassimilados para as estruturas reprodutivas, otimizando o enchimento de grãos sem prejudicar a capacidade fotossintética da planta. A estratégia sequencial de aplicação do T5 manteve um balanço hormonal adequado, permitindo que a planta maximizasse simultaneamente o controle de altura e o enchimento de grãos.

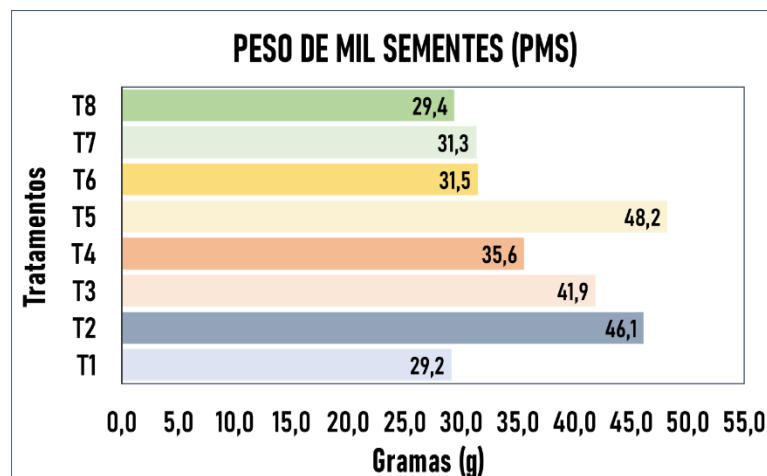
Em contraste, os tratamentos com Etefom 720 apresentaram redução significativa no número de grãos por espiga, este resultado está em conformidade com estudos recentes que

demonstram que o Etefom 720 prejudica o enchimento de grãos em cereais. Tidemann *et al.* (2020) relataram que o Etefom 720 reduz significativamente peso de grão em cevada malte, tal fato ocorre devido a liberação de etileno, que acelera a senescência foliar e reduz a translocação de carboidratos para os grãos em desenvolvimento. O trabalho desenvolvido por Foster *et al.* (1991), embora antigo, já estabeleceu a base científica para estes achados, demonstrando que o Etefom 720 reduz o número de grãos por espiga em 26-36% quando aplicado em estádios iniciais de desenvolvimento.

A combinação do T6 resultou em 22,4 grãos/espiga, indicando que o efeito prejudicial do Etefom 720 predomina mesmo na presença do Trinexapac-ethyl. Este resultado sugere que os mecanismos de ação destes reguladores são antagônicos: enquanto o Trinexapac-ethyl redireciona energia para as estruturas reprodutivas, o Etefom 720 acelera a senescência e reduz a disponibilidade de carboidratos, resultando em prejuízo líquido ao enchimento de grãos.

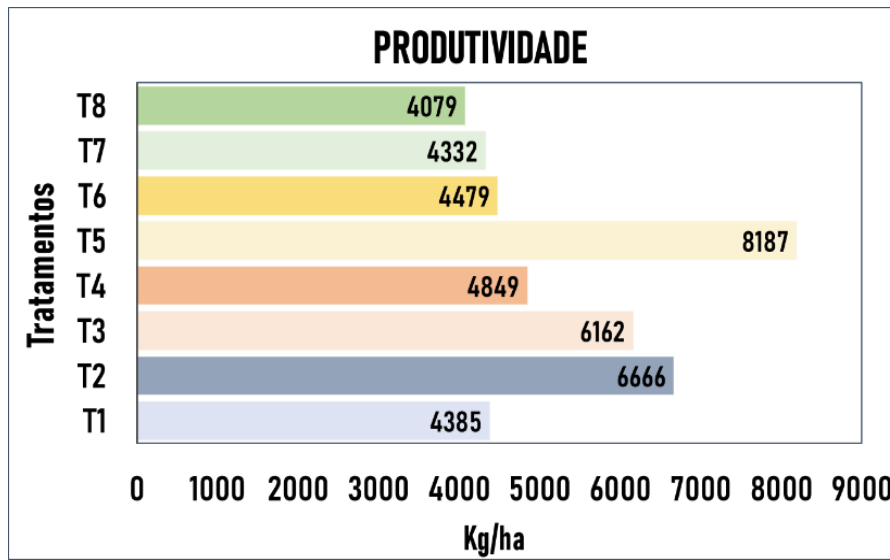
Por fim, se obteve os dados de PMS (Gráfico 7) e da produtividade (Gráfico 8). O PMS apresentou variação significativa entre os tratamentos, com valores de 29,2 g (T1 - testemunha) a 48,2 g (T5 - sequencial Trinexapac-ethyl), representando aumento de 65% no T5 em relação à testemunha. Os tratamentos com Trinexapac-ethyl apresentaram desempenho superior ao Etefom 720, com destaque para o T5 que atingiu o máximo de 48,2 g, seguido pelo T2 (46,1 g) e T3 (41,9 g), enquanto os tratamentos com Etefom 720 apresentaram os menores valores. A correlação positiva entre PMS e produtividade foi evidente, o T5, que apresentou o máximo de PMS, alcançou a máxima produtividade, enquanto o T8, com o mínimo de PMS, apresentou produtividade menor que a testemunha. O T2 (0,3 L/ha de Trinexapac-ethyl), apesar de apresentar PMS elevado, atingiu produtividade de 6.666 kg/ha, inferior ao T5.

Gráfico 7 – Peso de Mil Sementes (PMS).



Fonte: A Autora (2025).

Gráfico 8 – Produtividade em kg/ha.



Fonte: A Autora (2025).

A correlação entre PMS e produtividade foi forte, mas não perfeitamente linear, sugerindo que o PMS é um componente importante, mas não determinante isoladamente. O T2, apesar de apresentar PMS elevado (46,1 g), atingiu produtividade de 6.666 kg/ha, inferior ao T5 em 18,6%, demonstrando que a máxima eficiência produtiva depende da otimização simultânea de múltiplos componentes. Este resultado é consistente com a teoria de componentes de rendimento em cereais, onde a produtividade é determinada pela multiplicação de três componentes principais: número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga e peso de mil sementes. Serrago *et al.* (2025) investigaram a importância relativa de cada componente em cevada e demonstraram que o número de grãos por espiga explica 86% da variação em rendimento, enquanto o peso de grão explica apenas 13%.

O mecanismo pelo qual o Trinexapac-ethyl em aplicação sequencial otimiza simultaneamente todos os componentes do rendimento envolve o redirecionamento eficiente de fotoassimilados do colmo para as estruturas reprodutivas, mantendo a eficiência fotossintética durante todo o período crítico de enchimento. Fernandes *et al.* (2023) demonstraram que o Trinexapac-ethyl em doses moderadas (100-150 g/ha, equivalentes a 0,2-0,3 L/ha) aplicado em estádios iniciais, aumenta significativamente o peso de grão, resultando em aumento de produtividade. No presente estudo, o T5 recebeu aplicação sequencial que permitiu manter o balanço hormonal adequado durante todo o ciclo, evitando o estresse fisiológico causado por doses altas únicas que prejudicaram o enchimento de grãos (PMS). Este resultado confirma que

a estratégia de aplicação é tão importante quanto a dose total para otimizar a produtividade em cevada.

Em contraste, o Etefom 720 prejudica significativamente a produtividade através da redução do PMS. Tidemann *et al.* (2020) investigaram os efeitos de múltiplos reguladores de crescimento na qualidade de malte de cevada e demonstraram que o1) Etefom 720 reduz o peso dos grãos em mais de 2,5 g por 1000 sementes, afetando principalmente o enchimento de grãos através da aceleração de senescência foliar. No presente estudo, o T8 (aplicação sequencial) apresentou um dos menores valores de PMS e a menor produtividade geral, sugerindo que múltiplas aplicações de Etefom 720 prejudicam cumulativamente o enchimento de grãos. O T7 apresentou resultados ligeiramente melhores, mas ainda significativamente inferiores ao T5, confirmando que o Etefom 720 não é adequado para otimizar a produtividade de cevada.

Em análise geral, os resultados de produtividade obtidos se alinham diretamente a resposta hormonal das plantas, visto que a giberelina (GA) é o principal fitormônio responsável pelo alongamento celular e, conseqüentemente, pelo aumento da altura da planta, o excesso da mesma leva ao alongamento excessivo dos entrenós, fragilizando o colmo e induzindo o acamamento (Kappes, 2011). Em contrapartida, o etileno atua como um regulador que, em altas concentrações, pode inibir o alongamento e promover o fortalecimento estrutural da planta, contudo, a aplicação desregulada pode levar ao excesso de etileno, resultando em inibição de crescimento indesejada ou senescência precoce, o que reforça a necessidade de estudos aprofundados sobre doses e épocas de aplicação para maximizar a produtividade (Rodrigues; Fioreze, 2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a utilização de reguladores de crescimento é uma estratégia eficaz para mitigar perdas de produtividade causadas pelo acamamento em cevada, porém a escolha correta do produto e da estratégia de aplicação é fundamental para otimizar os resultados. Os resultados obtidos confirmam a superioridade do Trinexapac-ethyl (Moddus) em relação ao Etefom 720 (Ethrel) para a cultura da cevada, tanto no controle do acamamento quanto na manutenção e otimização da produtividade.

Conclui-se que a aplicação sequencial de Trinexapac-ethyl é a estratégia mais eficaz para otimizar a produtividade e controlar o acamamento em cevada, representando uma ferramenta importante para suprir a demanda das maltarias nacionais.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças, a minha família e amigos, pelo apoio emocional, ao meu supervisor Luiz Rodrigo Grigoletto pela disponibilidade e auxílio, ao meu orientador Eloi Bareta Junior pela orientação e apoio, aos demais professores que contribuíram com o conhecimento na trajetória até aqui, e aos colegas de curso, pelo companheirismo. A todos, meu muito obrigada!

6 REFERÊNCIAS

AGRO Regional. 2025. **Produção de cevada pode ser histórica no PR; Região de Guarapuava tem destaque.** Disponível em: <https://boletimagroregional.com/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

AL-JAMALI, Abbas Fadhil.; TURK, Munir Aziz.; TAWAHA, Abdel Rahman Mohammad Al. 2002. Efeito da pulverização com etefon em três estágios de desenvolvimento da cevada plantada em locais áridos e semiáridos do Mediterrâneo. **J. Agron. Crop Sci**, p. 254–259.

BALENA, Rodrigo.; LAZARETTI, Norma Schlickmann. Regulador de crescimento na cultura do trigo aplicado em diferentes estádios fenológicos. **Revista Cultivando o Saber**, p. 12-19, 2023.

BORSOI, Augustinho.; MATOS, Viviane Ferreira. Características agronômicas e produtividade cultivares de cevada em diferentes populações de plantas em Cascavel/PR. **Revista Cultivando o Saber**, p. 1-11, 2024.

CARPENTIERI-PIPOLO, Valeria.; *et al.* **Linha do tempo da pesquisa com cevada cervejeira no Brasil.** 1 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2023, 37 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 05 set. 2025.

CUSTÓDIO, Paloma. **Produção de cevada cresce 13%, mesmo com recuo da área cultivada.** 2024. Agro Estadão. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/>. Acesso em: 23 de nov. 2024.

DE MELLO, Richard Paglia. Efeito do regulador de crescimento na silagem de cevada. **Revista FABC**, ed. 38, p. 16, 2019. Disponível em: <https://fundacaoabc.org/>. Acesso em: 14 set. 2025.

FERNANDES, C. H. S.; ARRUDA, K. M. A.; TEJO, D. P.; ZUCARELLI, C. Agronomic traits of white oat treated with the growth regulator trinexapac-ethyl. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 2, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 07 nov. 2025.

FOLLINGS, Joanna. **Reguladores de crescimento de plantas – Por que, onde e quando.** 2019. Field Crop News. Disponível em: <https://fieldcropnews.com/>. Acesso em: 31 out. 2025.

FOSTER, Kenneth R.; REID, David M.; TAYLOR, John S. Tillering and yield responses to ethephon in three barley cultivars. 1991. **Crop Science**, v. 31, n. 1, p. 130-135, Jan-Fev 1991.

FRANDALOSO, Dieferson.; DE PAZ, Fabricio Fiebig.; AGUIAR, Gabriel Almeida. Doses de nitrogênio em cobertura e utilização de regulador de crescimento na cultivar de cevada ABI Valente. **Revista Cultivando o Saber**. v. 18, p. 34-43, 2025.

GROMOWSKI, Talia Aparecida. **Resistência tipo II de giberela em diferentes genótipos de cevada cervejeira.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, 2025. 12 p. Disponível em: <https://repositorio.camporeal.edu.br/>. Acesso em: 05 set. 2025.

HOPPE, Anadieles Pinto. **Análise do uso de regulador de crescimento sob a cultura do trigo mediante formas e doses de nitrogênio.** 2024. Trabalho de conclusão de Curso - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, 2024. 66 p.

KAPPES, Claudinei *et al.* Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 555-561, dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 24 nov. 2025.

LIU, Siyao.; *et al.* 2025. **Effect of Ethephon on Sensitivity Difference of Lodging Resistance in Different Maize Inbred Lines**. *Agronomy*, v. 15, n. 5, article 1248, May 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/>. Acesso em: 06 nov. 2025.

LOPES, Romário Alvarenga.; *et al.* O uso de regulador de crescimento na Cultura do trigo. **Revista Científica Faculdade de Atenas – Paracatu – MG**. v. 17, n. 1, 2024. Disponível em: <https://www.atenas.edu.br/>. Acesso em: 11 set. 2025.

MIZINIAK, Wojciech.; MATYSIAK, Kinga.; KACZMAREK, Sylwia. Studies on trinexapac-ethyl dose reduction by combined application with adjuvants in spring barley. **Plant Protection**, 2017.

NEUMANN, M. *et al.* Yield and production components of barley plant (*Hordeum vulgare*) in function of nitrogen fertilization. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 1504, 2009.

NUNES, Raquel.; ECCO, Martios.; DA COSTA FIGUEIREDO, Luiz Henrique. Cultivo do girassol submetido a aplicação de reguladores de crescimento. **Revista Sítio Novo**, v. 6, n. 2, p. 42–54, 2022. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/>. Acesso em: 14 set. 2025.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

RODRIGUES, João Domingos; FIOREZE, Samuel Luiz. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, p. 35-39, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SERRAGO, R. A.; GARCÍA, G. A.; SLAFER, G. A. Relevance of grain number and grain weight on barley yield responses to environmental and genetic factors. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 328, p. 109922, jan. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 07 nov. 2025.

SYNGENTA. Worried about lodging in malt barley? 2022. Disponível em: <https://www.syngenta.ca>. Acesso em: 26 out. 2025.

TIDEMANN, B. D. *et al.* Effects of plant growth regulator applications on malting barley in western Canada. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 100, n. 6, p. 653-665, 2020.

TONET, Cristiano. **Influência do regulador de crescimento na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) submetido a diferentes formas e doses de aplicação de nitrogênio**. 2023. Trabalho de conclusão de Curso - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, 2023. 81 p.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. **A decimal code for the growth stages of cereales**. *Weed Research*, v.14, 1974.