

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANDRESSA FABIANE NOGUEIRA DA SILVA**

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTURA DE MILHO SUBMETIDOS A  
APLICAÇÕES DE DOSES DE TRINEXAPAC-ETHYL E ETEFOM.**

**DOIS VIZINHOS**

**2023**

**ANDRESSA FABIANE NOGUEIRA DA SILVA**

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTURA DE MILHO SUBMETIDOS A  
APLICAÇÕES DE DOSES DE TRINEXAPAC-ETHYL E ETEFOM.**

**PRODUCTION PERFORMANCE OF CORN CULTURE SUBMITTED TO  
APPLICATIONS OF TRINEXAPAC-ETHYL AND ETEFOM DOSES.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Paulo Fernando Adami.

**DOIS VIZINHOS**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANDRESSA FABIANE NOGUEIRA DA SILVA**

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTURA DE MILHO SUBMETIDOS A  
APLICAÇÕES DE DOSES DE TRINEXAPAC-ETHYL E ETEFOM.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 19 / junho / 2023

---

Prof.Dr Paulo Fernando Adami

Graduação em Agronomia (2008) e Mestrado (2009) em produção vegetal (UTFPR-PB). Doutorado em Fitotecnia (Sistemas integrados de produção UFPR - 2012). Professor do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos, PR

---

Doutorando Jeferson Luís Aquino Daniel

---

Prof.Dr Lucas da Silva Domingues

Técnico Agrícola formado pelo Instituto Federal Farroupilha IFF/ São Vicente do Sul - RS em 2001, Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 2008, Mestre em Agronomia pela UFSM em 2010 e Doutor em Agronomia pela UFSM em 2013. Professor do Curso de Agronomia na UTFPR, Câmpus de Dois Vizinhos.

**DOIS VIZINHOS**

**2023**

Dedico este trabalho aos professores, pelos momentos de apoio e conhecimentos passados.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me fortalecer, pelo dom da vida e por ter me dado sabedoria e resiliência para superar todos os obstáculos.

À minha mãe Luciana e meu marido Cleiton, aos meus familiares e amigos por todo apoio, incentivo e carinho por nunca deixarem desistir.

Aos professores do curso de Agronomia que com seu conhecimento proporcionaram que eu chegasse à conclusão do curso.

A banca examinadora, que aceitou o convite e deu sua contribuição para efetivação do presente trabalho.

Aos amigos que pela compreensão da minha ausência e aos amigos que conquistei ao longo da graduação e dizer que ficarão sempre comigo nas lembranças pelos momentos compartilhados.

Ao meu orientador Paulo Fernando Adami, por acreditar em mim, e por passar um pouco de todo esse vasto conhecimento que possui.

Por fim, de forma geral, a todos que participaram da realização desse projeto.

A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.  
(Albert Einstein).

## RESUMO

A maior parte dos ganhos produtivos na cultura do milho são explicados pelo aumento na densidade populacional de plantas, que atualmente, associados ao aumento da pressão da ocorrência do complexo de enfezamentos, tem resultado no aumento da susceptibilidade de acamamento das plantas. Entre as estratégias de redução de perdas por acamamento, destaca-se a possibilidade de uso de hormônios redutores de crescimento. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de Trinexapac-ethyl e Etefom sobre o crescimento, componentes de rendimento e produtividade da cultura do milho. O trabalho referir-se-á diversas doses de 500ml, 1litro e 1,5litro de cada produtos, e neste caso uma testemunha sem dose alguma dos produtos para comparação com os demais. Por tanto as variáveis analisadas foram: altura final das plantas de milho, altura de inserção da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade final. Obtendo que a variável altura final de plantas e altura de inserção de espigas, não houve diferença entre os tratamentos com 0 e 500 ml de Ethrel e Moddus. No entanto, nas doses de 1 e 1,5 litros, ambos redutores de crescimento apresentaram efeito significativo, resultando em plantas com altura inferior. Não houve redução na espessura de colmo entre os tratamentos avaliados. O número de grãos por fileira foi inferior no tratamento com 1 e 1,5 litros de Ethrel e todos os tratamentos apresentaram menor massa de mil grãos em relação ao tratamento controle. Essas diferenças acabaram refletindo na produtividade do milho, sendo que houve uma redução de 1.146 e 1.130 kg ha<sup>-1</sup> entre o não uso e a maior dose de Etefom e Trinexapac-ethyl respectivamente. Para as condições do experimento, entre os redutores de crescimento e doses testadas, a dose de 500 ml ha<sup>-1</sup> de Trinexapac-ethyl desempenhou melhor resultado para a cultura do milho. Sugere-se que novos trabalhos sejam realizados com doses menores de ambos os redutores.

Palavras-chave: Produtividade; exaustão de colmo; acamamento; reguladores de crescimento.

## ABSTRACT

Most of the yield gains in corn crop are explained by the increase in its plant population, which currently, associated with the increase in the pressure of stem disease occurrence, has resulted in an increase in plants lodging susceptibility. Among the strategies to reduce plant lodging, the use of growth reducing hormones stands out. In this context, the objective of the work was to evaluate the effect of doses of Trinexapac-ethyl and Etefom on the growth, yield components and grain yield of corn crop. The study evaluated different doses (500ml, 1litre and 1.5 litre of each product), and a control without any dose of the products. Therefore, the analyzed variables were: final height of the corn plants, height of ear insertion, number of rows per ear, number of grains per ear, mass of thousand grains and final productivity. Obtaining that the variable final height of plants and ear insertion height, there was no difference between the treatments with 0 and 500 ml of Ethrel and Moddus. However, in the doses of 1 and 1.5 liters, both growth reducers presented significant effect, resulting in plants with lower height. There was no reduction in thatch thickness among the treatments evaluated. The number of grains per row was lower in the treatments with 1 and 1.5 liters of Ethrel and all the treatments presented lower mass of thousand grains in relation to the control treatment. These differences ended up being reflected in the corn productivity, with a reduction of 1,146 and 1,130 kg ha<sup>-1</sup> between the non-use and the highest dose of Etefom and Trinexapac-ethyl respectively. For the conditions of the experiment, among the growth reducers and doses tested, the dose of 500 ml ha<sup>-1</sup> of Trinexapac-ethyl performed better for the corn crop. It is suggested that new studies be carried out with lower doses of both reducers.

Keywords: Productivity; stem exhaustion; lodging; growth regulators.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Acamamento de plantas na cultura do milho</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Fatores que afetam o acamamento de plantas</b> .....	<b>17</b>
3.2.1	População de plantas e condições edafoclimáticas .....	17
3.2.1	Exaustão do colmo .....	18
3.2.2	Podridão de colmo .....	19
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Local do experimento</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Tratamentos e delineamento experimental</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4</b>	<b>Condução do experimento</b> .....	<b>21</b>
<b>4.5</b>	<b>Determinação dos componentes de rendimento do milho</b> .....	<b>22</b>
<b>4.6</b>	<b>Determinação da produtividade dos híbridos de milho</b> .....	<b>22</b>
<b>4.7</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é a segunda *commodity* mais importante do agronegócio brasileiro, sendo fundamental para a indústria de produção de proteína animal e desempenha papel fundamental nos sistemas de produção atuais. A expectativa para a safra 2022/23 é de uma produção de 125,5 milhões de toneladas em uma área cultivada de 22 milhões de hectares, bem acima das 85 milhões de toneladas produzidas na safra 2020/21 (CONAB, 2023). O crescimento da demanda está associado ao aumento do consumo interno, seja para produção de proteína animal, seja para produção de etanol, bem como aumento nas exportações, que tem previsão de 45 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

Entre os principais entraves produtivos da cultura, destaca-se os danos causados pelo complexo de enfezamentos, que tem como resultado final o acamamento das plantas, impossibilitando a colheita mecânica e causando sérios prejuízos aos produtores. Na safrinha, esse problema já era comum devido a exaustão de colmo, no entanto, esse problema se agravou muito devido a presença do complexo de enfezamentos, que além de debilitar a planta, a torna mais susceptível a ocorrência de doenças do complexo de podridão de colmo, e conseqüentemente o acamamento de plantas (CONDOGNOTO, 2017)

Entre as estratégias de redução de perdas por acamamento, destaca-se a possibilidade de uso de hormônios redutores de crescimento. Os reguladores de crescimento têm como ação manipular o processo metabólico por meio de uma alteração na proporção de hormônios e aumentar a deposição de lignina e aminoácidos capazes de engrossar o caule e fortalecer sua base para ser mais resistentes ao acamamento. (FERRARI *et al.*, 2008). Zagonel *et al.* (2002) documentaram uma diminuição no tamanho dos nós intermediários, o que levou a uma redução no tamanho da planta e um aumento no número de espigas e na produção de grãos na cultura do trigo em função do uso do Moddus.

Ainda, estudos que relacionam essas características com a produtividade de grãos estimam que essas perdas variam entre 5% e 20% ao ano, e que para algumas culturas, como trigo e soja, empregar reguladores de crescimento para reduzir a altura da planta é algo comum, pois em alguns casos, o aumento da vulnerabilidade a acamamento obriga os produtores a trabalhar com a utilização de níveis mais baixos de adubação, afetando a capacidade produtiva da planta (rodrigues *et al.*, 2003).

No entanto, existem poucos relatos do uso destes reguladores de crescimento na cultura do milho. Logo, entender os seus efeitos sobre a arquitetura da planta e consequentemente sendo capaz de prevenir redução do risco de acamamento mantendo seu potencial produtivo, é fundamental no intuito de reduzir as perdas ocorridas em função do acamamento das plantas.

O aumento do risco de acamamento das plantas de milho associado ao uso de maiores populações, condições climáticas adversas e exaustão de colmo, recentemente vem sendo foco de muitos estudos, pois proporciona perdas maiores que 5 sacas de milho por hectares tornando-se atualmente, o maior desafio agrônomo imposto na cultura do milho.

Logo, estratégias que mitiguem esse problema sem afetar o potencial produtivo da cultura são bem vindas e tem alto potencial de uso. Nesse sentido, considerando o histórico do uso de redutores de crescimento em outras culturas como trigo e soja e a falta de informações para a cultura do milho, justificam pesquisas nessa área.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito de doses de Trinexapac-ethyl e Etefom sobre o potencial agrônomo do milho, o crescimento do milho, componentes de rendimento e produtividade da cultura do milho

### **2.2 Objetivos específicos**

Classificar qual dose de Trinexapac-ethyl e Etefom se sobressai melhor na cultura do milho.

Apurar qual dose causa mais efeito na redução na altura da planta de milho.

Avaliar o efeito dos produtos no crescimento das plantas de milho.

Avaliar o efeito dos produtos na produtividade final

Avaliar o efeito dos produtos nos componentes da produtividade altura de inserção de espiga.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Acamamento de plantas na cultura do milho

Podemos definir como acamamento a modificação ou curvatura permanente do estado de posição do colmo em relação a sua posição original, essa curvatura pode levar a exaustão do colmo e sua quebra. O acamamento na maioria das vezes leva a quebra e rompimento dos tecidos vasculares, que impede a recuperação anatômica da planta, o que afeta o transporte de nutrientes e água e conseqüentemente a produtividade final das plantas (ZANATTA & OERLECKE, 1991).

O acamamento e quebramento do colmo são acontecimentos dependentes de fatores genéticos, que estão relacionados com fatores climáticos, solo, das práticas adotadas na cultura, bem como estão relacionados a possíveis danos causados por pragas e doenças (CRUZ et al., 2003). Jun et al. (2017) relatam que a resistência do milho ao acamamento do colmo está correlacionada com a altura da planta, altura da espiga, número de entrenós acima da espiga, diâmetro do colmo e comprimento dos entrenós abaixo da espiga. O acamamento do colmo está positivamente correlacionado com o comprimento do entrenó basal, mas negativamente correlacionado com o diâmetro do entrenó basal. Cheng et al (2011) relatam que a altura de inserção de espiga e altura de planta, bem com a relação entre o diâmetro do internódio e o comprimento estão significativamente correlacionados negativamente com o acamamento do milho. Portanto, muitos pesquisadores estão trabalhando para melhorar a resistência ao acamamento do milho, reduzindo a altura da espiga e seu centro de gravidade e diminuindo o comprimento dos internódios basais.

O principal agente causador de acamamento e quebra de plantas é o vento e chuvas fortes. A chuva aumenta o peso da parte aérea da planta, principalmente quando a cultura se encontra em fase reprodutiva, a água umedece o solo que associado a ventos fortes e favorece o tombamento/acamamento das plantas depois da chuva (EASSON et al., 1993).

Também, em consequência do aumento da população e das doses de nitrogênio, tem se aumentando a estatura das plantas e a altura de inserção de espigas, o que em consequência, tem aumentado a susceptibilidade das plantas ao

acamamento, que resultará em perdas para o produtor, principalmente quando o híbrido utilizado for suscetível e as condições ambientais favorecerem para o acamamento (DUETE et al., 2008).

Uma vez ocorrido o acamamento das plantas, a colheita mecânica se torna dificultada e muitas espigas não conseguem ser recolhidas e trilhadas, gerando grandes perdas a cultura. Colher no sentido cruzado das linhas de plantio, utilizar plataforma de soja, e fazer algumas adaptações na plataforma, são estratégias que ajudam a melhorar a eficiência de colheita, mas não evitam de forma significativa as perdas ocorridas quando do acamamento das plantas.

### **3.2 Fatores que afetam o acamamento de plantas**

Existem vários fatores que afetam o acamamento das plantas de milho, entre os quais, destaca-se: interação entre população de plantas e condições edafoclimáticas, exaustão de colmo e danos por pragas e doenças.

#### **3.2.1 População de plantas e condições edafoclimáticas**

Entre os principais aspectos que permitiram o aumento do potencial produtivo do milho, destaca-se o aumento na população de plantas adotadas e conseqüentemente o aumento no número de grãos produzidos por metro quadrado (DOURADO NETO et al., 2003).

No entanto, para que o maior número de plantas consiga entregar maiores produtividades, houve também um aumento na exigência nutricional acompanhando da demanda por boas condições de luminosidade, radiação e chuva. O fato é que no momento da semeadura, na hora da tomada de decisão pela taxa de semeadura a ser utilizada, o produtor não tem um grau de certeza muito preciso de como serão essas condições de ambiente nos próximos 120 a 140 dias.

Para Sangoi et al (2002), o acamamento e quebra de plantas foi influenciado pelas populações e arranjos espaciais das plantas. De forma geral, houve um aumento linear das plantas acamadas e quebradas em função do aumento da população de plantas. Esse aumento está diretamente ligado a diminuição das reservas do colmo das plantas, o aumento da altura das plantas e inserção da espiga.

A regra é a ser seguida é a seguinte: quanto melhor as condições edafoclimáticas (solo e clima), maior a resposta a estande superiores de plantas.

Logo, plantios de milho safrinha iniciam com densidades de 3,3 sementes/m/Linear, quando realizados em metade de janeiro e terminam com 2,4 sementes m/Linear, nas semeaduras realizadas final de fevereiro. Altos estandes de plantas submetidos a períodos de estresse hídrico no florescimento, limitam o crescimento dos estigmas e da planta como um todo, e esse excesso de competição, pode resultar em produtividades inferiores a lavouras com estande de plantas inferiores (comunicação pessoal prof. Paulo Adami). De qualquer forma, considerar o histórico da região e a fertilidade de solo, são parâmetros que ajudam na tomada de decisão.

Outro ponto relacionado as condições edafoclimáticas é o risco de acamamento das plantas de milho. Maiores densidades populacionais, apesar de permitir maior potencial produtivo, tendem a deixar as plantas mais susceptíveis ao acamamento, seja pela maior competição por nutrientes e maior risco de exaustão de colmo, seja pela limitação na disponibilidade de outros recursos naturais (EASSON *et al.* 1993.)

Destaca-se também que quando se deseja trabalhar com densidades maiores de semeadura, deve-se buscar híbridos de porte mais baixo, a fim de se reduzir o risco de acamamento. No entanto, nem sempre se encontra híbridos de porte baixo que são adaptadas para a região. Em razão disso tem se buscado alternativas e entre elas pode se citar o uso de reguladores de crescimentos, que são muito utilizados em trigo e com ótimos resultados, evitando acamamento da cultura, melhor arquitetura de planta, permitindo maior radiação solar que pode incrementar na produtividade de grãos (ZAGONEL ET AL., 2002; ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

### 3.2.1 Exaustão do colmo

O colmo do milho, ao lado das folhas, tem a função de sustentação da planta, e de forma ainda mais importante, funciona como um reservatório, armazenando açúcares e fotoassimilados que são posteriormente translocados para o dreno (espiga) durante a fase reprodutiva da planta (ARGENTA *et al.*, 2001).

A susceptibilidade ao acamamento também está intrinsecamente associada a genética dos híbridos. Características morfológicas do caule associados a diferentes híbridos são muito importantes no sentido de reduzir risco de acamamento. Ocorre que, nos híbridos contemporâneos, o melhoramento genético tornou a planta mais eficiente em reciclar os nutrientes do colmo para os grãos, o que é positivo do ponto

de vista da eficiência do uso dos nutrientes, mas por outro lado, deixa a planta mais suscetível ao acamamento.

Como resultado, o acamamento do caule ocorre principalmente durante o estágio de enchimento, o que danifica a estrutura do dossel das culturas, diminui sua fotossíntese, prejudica o transporte de material entre as partes e, por fim, reduz o rendimento da cultura em 45% a 50%.

Ainda, em função das condições de alta umidade relativa do ar, baixa temperatura e dias curtos, o milho segunda safra de verão na região sul do Brasil demora muito a perder umidade dos grãos, o que alonga o período de exposição da cultura as adversidades climáticas. Com o passar dos dias, a espiga pesa e com a exaustão do colmo, a planta acama. Nesse cenário, a dificuldade e/ou impossibilidade de colheita pode levar a perdas de 70 até 100% do potencial produtivo.

### 3.2.2 Podridão de colmo

A podridão do colmo é resultado do apodrecimento dos tecidos internos do colmo que pode ser causado por fungos que interrompem o fluxo de seiva da parte aérea com o sistema radicular da planta, em consequência disso ocorre a morte da planta prematuramente, o acamamento, e perdas de produtividade.

Existem inúmeras doenças que acometem o milho e causam podridão dos tecidos do colmo, a destacar antracnose, fusarium, macrophomina, erwinia, etc. Praticamente todos esses patógenos são considerados necrotróficos pela sua capacidade de sobreviver na palhada da cultura.

Por muitos anos, os produtores convivem com esses patógenos. No entanto, em menor pressão e perdas produtivas em relação ao que tem sido reportado mais recentemente. O que mudou no cenário produtivo foi o aumento da pressão da praga *Daubulus maydis*, e a ocorrência do complexo de enfezamentos (bactérias do gênero espiroplasma e fitoplasma), que tem debilitado a planta e favorecido o processo de infecção e ocorrência desses patógenos oportunistas, que estavam presente nos restos culturais, mas não causavam tantos danos como quando associado a outros problemas como reportado.

Ademais, de acordo com Sangoi et al. (2000), a incidência de doenças do colmo foi significativamente influenciada pela densidade de semeadura, onde se observou que conforme houve aumento da população de plantas, teve-se também

incremento linear da incidência de doenças de colmo. Conseqüentemente, o aumento de incidência de doenças de colmo contribui para o aumento de plantas acamadas e quebradas quando se usam densidades mais elevadas (SANGOI et al.,2000).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.2 Local do experimento

O trabalho foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Dois Vizinhos, situada a 25° 42' 52" latitude e 53° 03' 94" longitude oeste, 530 metros do nível do mar, no período de agosto de 2022 a fevereiro de 2023.

### 4.3 Tratamentos e delineamento experimental

Trata-se de um experimento em blocos ao acaso com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos testados referem-se ao uso de reguladores de crescimento a base de Etefom (marca comercial Ethrel 720) e Trinex-etílico (marca comercial Moddus), nas doses de 0 ml (controle), 500 ml, 1 Lt ha<sup>-1</sup> e 1,5 Lt ha<sup>-1</sup> dos produtos por hectare.

### 4.4 Condução do experimento

O híbrido utilizado foi P3016VYHR, realizada a semeadura em 23/08/2022, utilizando taxa de semeadura de 3,5 sementes m<sup>-1</sup> linear, em espaçamento entre linhas de 45 cm, objetivando uma população final de 77,7mil plantas ha<sup>-1</sup>, sobre uma palhada de aveia + ervilhaca.

Com o auxílio de uma semeadora de grãos miúdos, foi rolado a biomassa e deposição de 200 kg de uréia no sulco de semeadura. Na sequência, com auxílio de uma semeadora marca khun a vácuo de 8 linhas, foi semeado o milho com 250 kg do formulado 05-25-12 a fim de atender uma expectativa de rendimento de 13 t ha<sup>-1</sup>.

No dia seguinte a semeadura, foram aplicados 3 Lt ha<sup>-1</sup> de atrazina + 1,5 Lt ha<sup>-1</sup> de glifosato para controle da rebrota das plantas de ervilhaca. Foram realizadas 4 aplicações de inseticidas visando o controle de percevejo barriga verde e *Daubulus maydis*. Dia 05, 09, 14 e 21/09 com Hero (300 ml ha<sup>-1</sup>) + *Beauveria bassiana* (Grannada 200 g ha<sup>-1</sup>), Hero (300 ml ha<sup>-1</sup>) + *Isária fumosorosea* (octane 1Lt ha<sup>-1</sup>), e metomil (1 Lt ha<sup>-1</sup>) nas duas últimas aplicações respectivamente. Não foi aplicado fungicida no experimento.

A aplicação dos redutores de crescimento fora realizada no estágio V6 no milho com um volume de calda de 150 Lt ha<sup>-1</sup>.

#### **4.5 Determinação dos componentes de rendimento do milho**

Para determinar os componentes de rendimento de grãos, foram retiradas ao acaso 5 espigas por parcela. A partir destas, é avaliadas o número de fileira por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NFG). Obtido o número de grãos por espiga (NGE), por meio da multiplicação do número médio de fileiras pelo número de grãos por fileira. Para cada amostra realizou-se a contagem de 100 grãos e posteriormente os grãos foram pesados com auxílio de uma balança de precisão a fim de se obter o valor da massa de mil grãos (MMG) em gramas, também corrigidos para 13% de umidade

#### **4.6 Determinação da produtividade dos híbridos de milho**

Para determinação da produtividade, foram colhidas 40 espigas de forma com distribuição equidistante de 28 cm ( $\pm$  4 cm) e a produtividade foi extrapolada, considerando uma população final de 77,7 mil plantas. Para uma área de 5,19 m<sup>2</sup>

Na sequência, estas espigas foram trilhadas, pesadas com auxílio de uma balança de precisão e o peso da amostra extrapolada para kg ha<sup>-1</sup>. Após com o auxílio de um determinador de umidade de grãos, a umidade foi determinada e a produtividade ajustada para 13%.

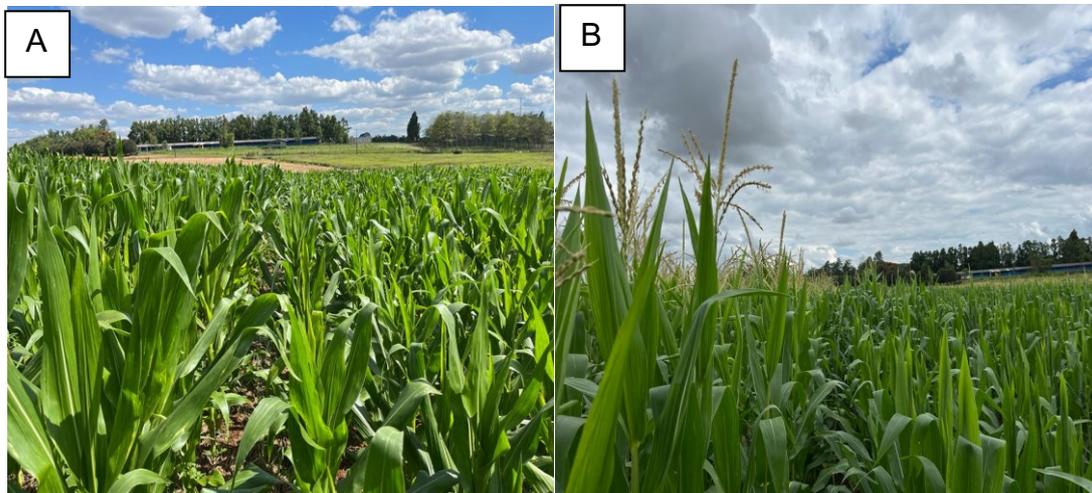
#### **4.7 Análise estatística**

Inicialmente os dados foram submetidos a análise de regressão. Como não foram observadas diferenças entre os tratamentos, optou-se por rodar um teste de comparação de médias pelo teste de skott-knott a 5% de significância.REFERENCIA

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Para a variável altura final de plantas (Figura 1), não houve diferença entre os tratamentos com 0 e 500 ml de Trinexapac-ethyl e Etefom. No entanto, nas doses de 1 e 1,5 Lt ha<sup>-1</sup>, ambos redutores de crescimento apresentaram efeito significativo, resultando em plantas com altura inferior (Figura1). A maior diferença foi de 12 cm entre o tratamento sem Etefom e com 1,5 Lt ha<sup>-1</sup>. De acordo com o detentor do Híbrido, a altura final da planta pode alcançar 2,7 metros.

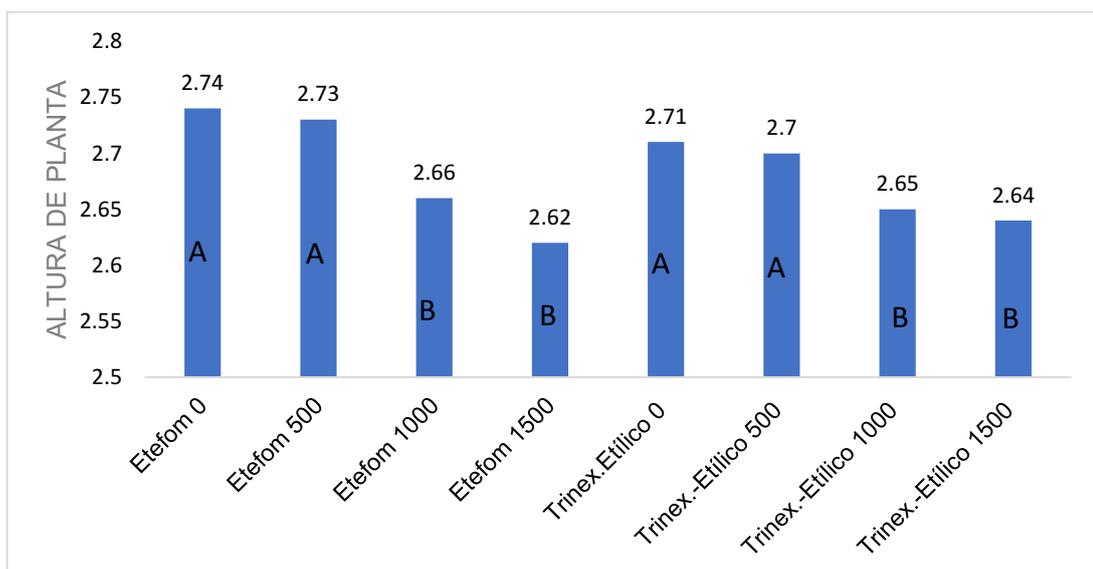
**Figura 1 - diferença de altura de plantas por tratamentos A) Cultura em V8, onde se nota uma diferença entre tratamentos. B) Cultura em VT diferença de aproximadamente 20 cm altura entre os tratamentos controle e 1,5 Lt ha<sup>-1</sup>**



Fonte:

Paulo Adami (2022)

**Gráfico 1. Altura final de plantas de milho (cm) em função dos tratamentos Letras diferentes diferem pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade de erro**



Fonte: Autores (2023)

Os reguladores de crescimento vegetal desempenham um papel importante na modulação de diversos processos ao longo do crescimento e desenvolvimento da planta. No trabalho de Ferreira et al. (2012) Vários estudos inéditos demonstraram que a aplicação de reguladores na fase V8 do milho, em doses superiores a  $375 \text{ g ha}^{-1}$  do princípio ativo promove redução da estatura em alguns híbridos de milho, mas a resposta é pouco frequente e varia conforme o ano de cultivo.

De acordo com Zangh et al (2020), o etefom pode regular a biossíntese de hormônios vegetais e as transduções de sinal relacionadas, inibindo assim o alongamento dos entrenós, resultando em diminuição da altura da planta, altura da espiga e altura do centro de gravidade e aumentar o peso seco por unidade entrenó, aumentando a força do colmo (Figura 2). Em estudos anteriores, após a aplicação de etefom, a resistência à penetração da casca do caule, a resistência à flexão, o teor de lignina e as principais atividades das enzimas na síntese de lignina aumentaram significativamente, o que foi benéfico para aumentar a resistência ao acamamento do caule e aumentar a produtividade (CHAI et al, 2017).

**Figura 2: A) Diferença na altura de planta retiradas dos tratamentos controle e com dose de  $1,5 \text{ Lt ha}^{-1}$  B) Distância de entrenó, de plantas observada lado a lado no experimento.**

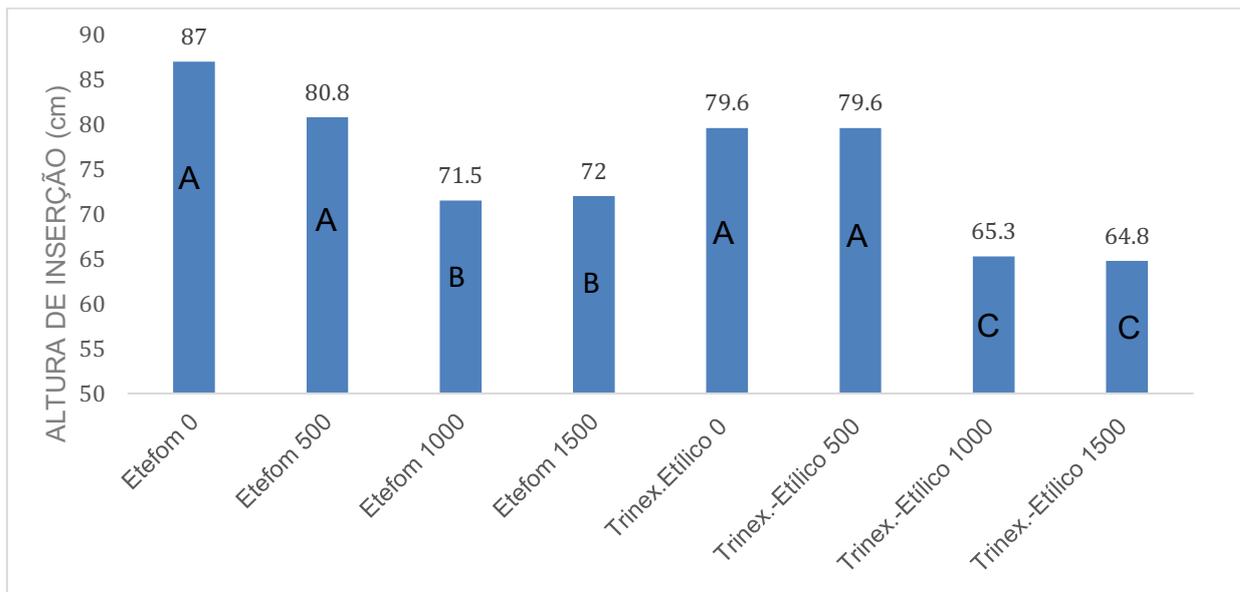


**Fonte: Paulo Adami (2022)**

De forma similar à altura final de plantas, a altura de inserção de espiga também reduziu conforme aumentou-se as doses de Trinexapac-ethyl e Etefom (Gráfico 2). Percebe-se uma diferença de 7,4 cm entre os tratamentos sem aplicação de produtos Trinexapac-ethyl e Etefom, o que pode estar associado as diferenças casuais nas amostras coletadas. De qualquer forma, observa-se uma tendência de

redução na altura de inserção das espigas à medida que se aumentaram as doses dos redutores de crescimento, com redução de 15 e 14,8 cm entre o tratamento sem Etefom e Trinexapac-ethyl e suas maiores doses respectivamente.

**Gráfico 2. Altura de inserção de espigas de híbridos de milho (cm), Letras diferentes diferem pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade de erro**



Fonte: Autores (2023)

Geng et al, (2022) relataram aumento significativo da altura da planta, a altura da espiga e a altura do centro de gravidade com o aumento da densidade de plantio, no entanto, essas variáveis foram reduzidas à medida que se utilizou o redutor de crescimento Etefom (180 ml de um produto com concentração de 40%). Os autores relatam também que o diâmetro basal do colmo aumentou significativamente após a pulverização de Etefom.

Não houve diferença entre os tratamentos para o diâmetro de colmo das plantas (2,67 cm). De acordo com Zhang et al (2020), o uso de Etefom promove o acúmulo de etileno nos colmos, reduz as concentrações de auxina e giberelina e aumenta a expressão de genes secundários da parede celular. Como resultado, o comprimento do entrenó foi reduzido, o diâmetro do caule foi aumentado e a resistência do caule melhorada. Ainda, a espessura do esclerênquima e do parênquima lignificado do caule foi engrossada, melhorando significativamente a força de penetração da casca e a resistência ao acamamento após a aplicação de Etefom. Estas variáveis não foram avaliadas no experimento, no entanto, observa-se na Figura

3, que a espessura da parede celular foi muito superior no tratamento com 1,5 litros de Moddus (figura da direita) em relação ao tratamento controle (figura da esquerda)

**Figura 3: Vasos do xilema e floema de plantas de milho sem aplicação de redutor de crescimento (foto da esquerda) e com 1,5 litros de Moddus (figura da direita).**

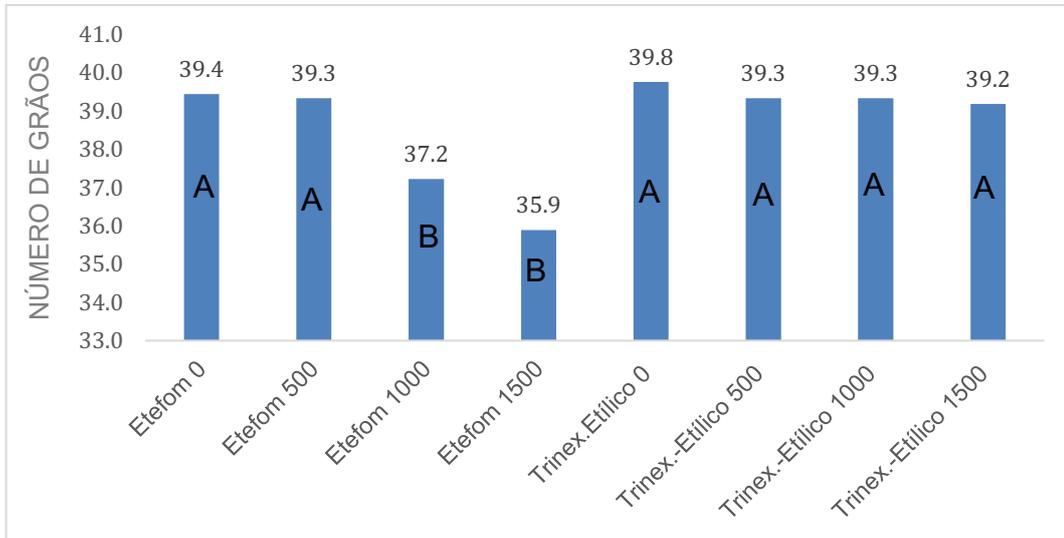


**Fonte: Paulo Adami (2022)**

No entender de Shekoofa & Emam (2008), a utilização do Etefom na cultura do milho possui um efeito mais pronunciado sob condições de estresse hídrico, sendo que ressaltam que mais pesquisas precisam ser realizadas.

Para o número de grãos por fileira (Gráfico 3), os tratamentos com 1 e 1,5 litros por hectare de Etefom apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos. Considerando que os redutores de crescimento foram aplicados em V6 e o número de fileiras é definido até o VT, considera-se efeito do Etefom sobre este componente de rendimento, que corroborando com a menor produtividade de grãos desses tratamentos.

**Gráfico 3. Número de grãos por fileira em função dos tratamentos, Letras diferentes diferem pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade de erro.**



Fonte: Autores (2023)

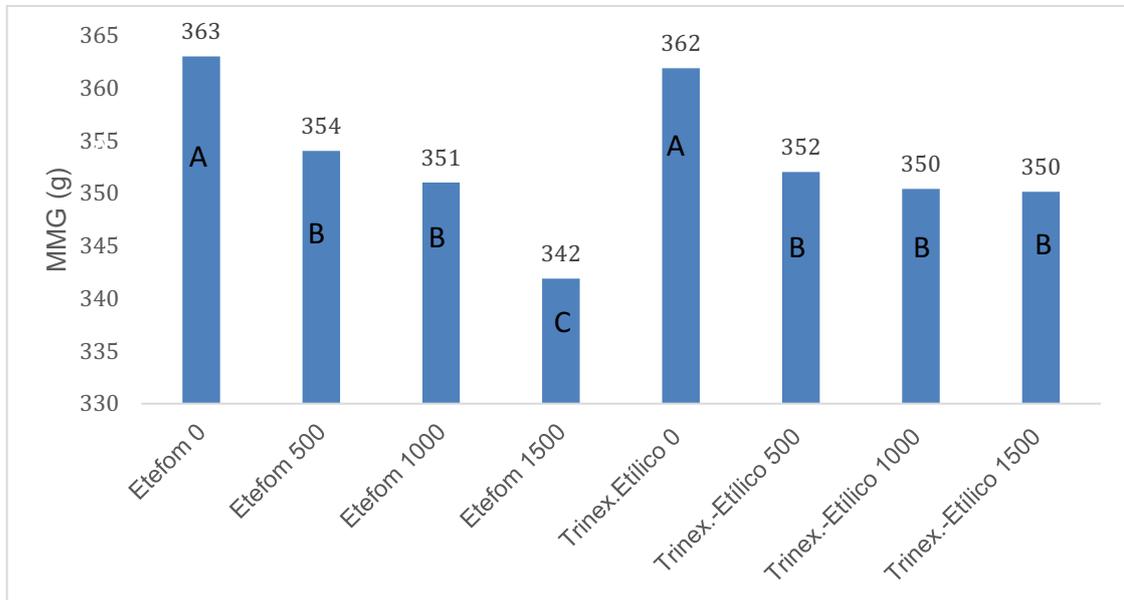
Resultados semelhantes foram obtidos por Durli (2016), onde avaliou diferentes doses de nitrogênio sob aplicação de Trinexapac-ethyl e também não observou diferença significativa nessa variável, porém, segundo os autores, o número de grãos por espiga aumentou linearmente com o aumento das doses de Nitrogênio aplicados, tanto em parcelas com ou sem o regulador de crescimento.

No trabalho realizado por Ferreira (2012) os números de grão por fileiras e número de espiga por planta não foram afetados pelas diferentes doses de Trinexapac-ethyl, tampouco pela época de aplicação.

Em relação a massa de mil grãos, observa-se também no Gráfico 4, que todos os tratamentos com uso de redutores de crescimento apresentaram menor massa de mil grãos em relação ao tratamento controle, sendo esta redução mais significativa para a maior dose de Etefom. Para Xu et al, (2017), após a pulverização do Etefom, o comprimento dos entrenós foi diminuído, o que também reduz a distância entre a fonte e o dreno, alivia a competição entre o crescimento do colmo e o desenvolvimento da espiga, contribuindo assim para o aumento na produtividade.

Com a diminuição de altura apresentam consequências negativas para a massa de mil grãos do milho já teria sido apresentada por Fagherazzi (2015) que utilizou o mesmo genótipo e reportou problemas em uso de Trinexapac-ethyl com doses superiores a 200 g i a ha<sup>-1</sup>.

**Gráfico 4. Massa de mil grãos (g) em função dos tratamentos, Letras diferentes diferem pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade de erro**



**Letras diferentes diferem pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade de erro**

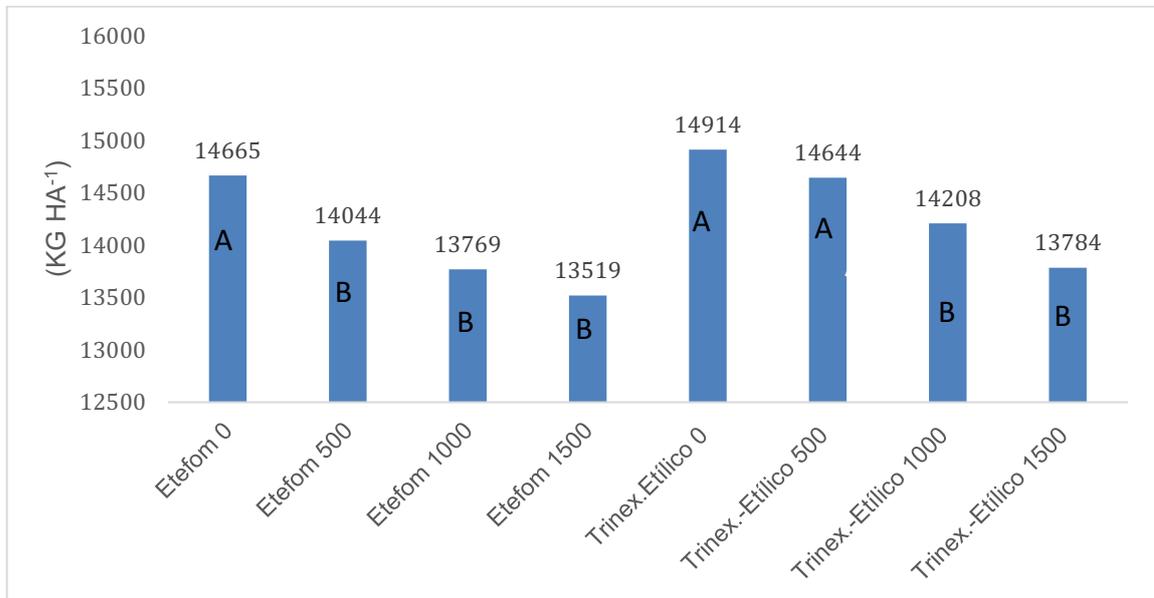
**Fonte: Autores (2023)**

Em relação a produtividade, observa-se no Gráfico 5, uma redução de produtividade de 1.146 e 1.130 kg ha<sup>-1</sup> entre o não uso e a maior dose de Etefom e Trinexapac-ethyl. Economicamente falando, isso representa um prejuízo de aproximadamente R\$ 1.000 reais por hectare, sem considerar o custo do produto. Esses resultados demonstram a importância de ajustar principalmente as doses a serem utilizadas dos produtos, uma vez que outros experimentos, com menores doses (150 a 200 ml ha<sup>-1</sup>) apresentaram resultados positivos.

Nesse sentido, as menores doses apresentaram menor redução de produtividade, não diferindo a dose de 0,5 litros por hectare do tratamento controle. Isso demonstra a necessidade de ajuste na dose a ser utilizada, variável esta que pode ser variável em função do híbrido e das condições climáticas e de fertilidade do solo da área de cultivo.

Inicialmente, quando o trabalho foi idealizado, pela falta de informações, foram definidas as doses em função do que é recomendado para a cultura do trigo, no caso do Trinexapac-ethyl. No entanto, é importante destacar que não existe recomendação de bula de uso nem do Trinexapac-ethyl nem do Etefom para a cultura do milho.

**Gráfico 5. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) em função dos tratamentos, Letras diferentes diferem pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade de erro**



Fonte: Autores (2023)

## 6 CONCLUSÃO

As doses de 1 e 1,5 litros ha<sup>-1</sup> de Trhinexapac-ethyl e Etefom reduziram a altura de plantas e altura de inserção de espiga.

Não houve redução na espessura de colmo entre os tratamentos avaliados.

A massa de mil grãos foi reduzida em todas as doses de Trhinexapac-ethyl e Etefom.

Para as condições do experimento, entre os redutores de crescimento e doses testados, pode se dizer que o uso de 500 ml ha<sup>-1</sup> de Trhinexapac-ethyl demonstrou melhor resultado para a cultura do milho.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência ao acamamento é uma condição importante para o alto rendimento, estabilidade produtiva e garantia de colheita mecanizada de milho densamente. Aumentar o adensamento de plantio é uma forma importante de aumentar a produtividade, mas aumentar consecutivamente o adensamento de plantio aumenta o risco de acamamento e reduz o rendimento de grãos. O Trhinexapac-ethyl pode ser aplicado para reduzir o risco de acamamento na produção de milho, no entanto, faz-se necessário ajustar e esclarecer ainda alguns aspectos como dose e momento de aplicação.

No entanto, há pouca informação sobre como o ethephon regula a estrutura do dossel da cultura e o acúmulo de matéria seca do colmo para melhorar a resistência do colmo. Com tudo combinar as duas medidas de cultivo de aumento da densidade de plantio e pulverização de Etefom para atingir a meta de melhoria sinérgica no rendimento e resistência ao acamamento pode ser o foco de pesquisas futuras. sugerindo também avaliar menores doses dos redutores de crescimento a fim de entender a possibilidade de redução de altura e índice de acamamento sem afetar o potencial produtivo.

## REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. Burlington, MA: Elsevier Academic, 2005. 922p.
- ARGENTA, G. et al. **Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte**. Ciência Rural, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075- 1084, 2001<sup>a</sup>
- BALMER, E. **Doenças do milho**. In: Galli, F. ed. Manual de Fitopatologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 371-391.
- BRACHTVOGEL, E. L., PEREIRA, F. R. da S., CRUZ, S. C. S., BICUDO, S. J. **Densidade populacional de milho em arranjos espaciais convencionais e equidistante entre plantas**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.8, p.2334-2339, nov., 2009.
- CASTRO, P. R. C., **Efeitos de etefom e uréia na morfologia e produtividade do milho** (*Zea mays* L). Departamento de Botânica, E. S. A. “Luiz de Queiroz”, USP. Vol XXXIX. 1982
- CHAI, M. Z.; LI, Z.; QIN, D. L.; LIU, Y. C.; XV, M. L.; DONG, L. M.; ZHANG, Q.; YANG, D. G.; ZHANG, P. **Effect of ethephon on lodging resistance of maize stem**. J. Maize Sci. 2017, 25, 63–72.
- CHENGFL, DUX, LIUMX, JINXL, CUIYH.2011. **Lodgingof summer maize and the effects on grain yield**. Journal of maize sciences, 19, 105–108.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira, 10º Levantamento junho/2022**. Disponível em: Online. Acesso em: 15 mai. 2023
- CONDOGNOTO, da L. C., CONDE, T. T., CIPRIANO, L. P., CIPRIANO, T. L., SILVA, B. A. A., FERREIRA, da L. R. **Mudanças climáticas e doenças na cultura do milho**”. Revista Edutec, Ariquemes-RO, v.02, n.01, p.1-12, jan. – Jun. 2017
- COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D. Doenças. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Sistemas de Produção, 2).
- CRUZ, J. C., FILHO, I. A. P., ALVARENGA, R. C., NETO, M. M. G., VIANA, J. H. M. OLIVEIRA, M. F. DE, SANTANA, D. P., & SANTANA., D. P. (2006). **Manejo da cultura do Milho** 87. EMBRAPA - Circular Técnica, 12.
- CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L.; CARGNIN, A. **Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo**. Revista Brasileira de Agrociência, v.9, p.5-8, 2003.
- CUI, X. M; YANG, Z. B; YANG, W. R; ZHANG, G. G; JIANG, S. Z; LIU, L.; WANG, Z. F **Correlações de força de cisalhamento e características nutricionais da**

**alimentação de palhas de colheita.** Ciência Agrícola Pecado. 2012, 45, 3137–3146.

DURLI, M. M. **Uso do regulador de crescimento trinexapac-etil como alternativa para aumentar a resposta do milho à adubação nitrogenada em cobertura.** 2016.111 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2016

EASSON, D. L.; WHITE, E. M.; PICKLES, S. J. **The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat.** Journal of Agricultural Science, v.121, p.145-156, 1993.

ESPINDULA, M. C. et al. **Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo.** Acta Sci. Agron., v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

FANCELLI, ANTÔNIO LUIZ E DOURADO NETO, DURVAL. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária. Acesso em: 28 maio 2023., 2000

FEPAGRO/EMATER/FECOAGRO-RS. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Pallotti, 1998. 148 p. Boletim Técnico, 5.

FERREIRA, C. **Reguladores de crescimento e modos de controle de plantas daninhas em híbridos de milho.** 2012. 80f. Dissertação (mestrado em agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa,2012

GOMES, L. S., BRANDÃO, A. M., BRITO, C. H, de., MORAES, D. F, de., LOPES, M. T. G. **Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.2, p.140-145, fev. 2010

HATLEY, O. E., 1974. **The response of corn, Zea mays L., and soybeans, Glycine max (L.) Merrill, to soil and foliar applications of growth regulating compounds.** Diss. Abstr. Intern. 34: 3582.

LAÜER, J. **Should I be planting corn at a 30-inch row spacing?** Wisconsin Crop Manager, Madison, v.I, n.6, p.6-8, 1994

LEGRAND, A. I.; POWER, A. G. **Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*.** Annals of Applied Biology, Warwick, v. 125, n. 1, p. 115-122, 1994.

LI, S. T.; BIAN, D. H.; HE, L.; WANG, D. M.; ZHENG, X. M.; CUI, Y. H. **Lodging Characteristics of summer maize and Chemical control research progresses preventinng lodging in north china plain j.** Maize sci. 2018, 26, 95–101.

MANGA-ROBLES, A. SANTIAGO, R.; MALVAR, R. A; MORENO-GONZÁLEZ, V. FORMALÉ, S. LÓPEZ, I.; CENTENO, ML; ACEBES, J. L; ÁLVAREZ, J. M; CAPARROS-RUIZ, D.; **Os fatores de composição das paredes celulares do milho que contribuem para a força do colmo e resistência ao acamamento.** Plant Sci. 2021, 307, 110882

MARAIS, J. N.; GRAVEN, E. M., 1974. **A preliminary investigation into the effects of modified canopy architecture by means of Ethrel on yields of maize.** Crop Production 3: 75-78.

MOYA-RAYGOZA, G.; NAULT, L. R. **Transmission biology of maize bushy stunt phytoplasma by the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae).** Annals of the Entomological Society of America, College Park, v. 91, n. 5, p. 668-676, 1998.

NAULT, L. R.; DELONG, D. M. **Evidence for coevolution of leafhoppers in the genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Homoptera) with maize and its ancestors.** Annals of the Entomological Society of America, College Park, v. 73, p. 349- 353, 1980.

NAULT, L. R. **Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges and vectors.** Phytopathology 70 (7): 657-662. 1980.

OLIVEIRA, E., WAQUIL, J. M., FERNANDES, F. T., PAIVA, E., RESENDE, R. O. & KITAJIMA, E. W. **"Enfezamento Pálido" e "Enfezamento Vermelho" na cultura do milho no Brasil Central.** Fitopatologia Brasileira 23:45-47. 1998

QUINTANILLA-BASCOPE, J. B. Q. **Agente causal de la llamada "raza mesa central" del achaparramiento del maíz.** 1977. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Pós-graduados, Chapingo, México, 1977.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento. Passo Fundo: Embrapa Trigo,** 2003. 18 p. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online; 14). Disponível: <<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/pci14.htm>>

SABATO, E. O.; OLIVEIRA, C. M.; SILVA, R. B. Q. **Transmissão dos agentes causais de enfezamentos através da cigarrinha *Dalbulus maidis*, em milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 8p. (Circular Técnica, 209).

SANGOI, L. et al. **Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas.** Revista Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SANGOI, L. et al. **Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas.** Revista de Ciências Agro veterinárias, Lages, v.1, n.2, p.1, 2002c

SEKHON, R. S; JOYNER, C. N; ACKERMAN, A. J; MCMAHAN, C. S; COOK, D. D; ROBERTSON, D. J **A resistência à flexão do caule está fortemente associada à incidência de acamamento do caule do milho em vários ambientes.** Cultivos de Campo Res. 2020, 249, 107737.

SHEKOOFA, A.; EMAM, Y. **Plant growth regulator (ethephon) alters maize (*zea mays* L.), water use and grain yield under water stress**. *Journal of Agronomy*, v. 7, n. 1, p. 41-48, 2008

WENJIE GENG, ZHICHAO SUN, BAIZHAO REN, HAO REN, BIN ZHAO, PENG LIU AND JIWANG ZHANG. **Spraying Ethephon Effectively Increased Canopy Light Transmittance of Densely Planted Summer Maize, Thus Achieving Synergistic Improvement in Stalk Lodging Resistance and Grain Yield**. *Plants* 2022, 11, 2219. <https://doi.org/10.3390/plants11172219>

XU, C. L.; GAO, Y. B.; TIAN, B. J.; REN, J. H.; MENG, Q. F.; WANG, P. **Effects of edh, a novel plant growth regulator, on mechanical strength, stalk vascular bundles and grain yield of summer maize at high densities**. *Field Crops Res.* 2017, 200, 71–79.

XUE JUN, XIE RUI-ZHI, ZHANG WANG-FENG, WANG KE-RU, HOU PENG, MING BO, GOU LING, LI SHAO-KUN. **Research progress on reduced lodging of high-field and-density maize**. *Journal of Integrative Agriculture* 2017, 16(12):27172725

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. **Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio**. *Planta Daninha*, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. **Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas**. *Planta daninha*, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002 a.

ZHANG, Y.S.; WANG, Y.B.; YE, D.L.; XING, J. P.; DUAN, L. S.; LI, Z. H.; ZHANG, M. C. **Ethephon-regulated maize internode elongation associated with modulating auxin and gibberellin signal to alter cell wall biosynthesis and modification**. *Plant SCI.* 2020, 290, 110196. [PUBMED]

ZHAO, Y. T.; LV, Y. J.; ZHANG, S.; NING, F. F.; CAO, Y. B.; LIAO, S. H.; WANG, P.; HUANG, S. B. Shortening internodes near ear: **An alternative to raise maize yield**. *J. Plant Growth Regul.* 2022, 41, 628–638.

FAGHERAZZI, M. M. **Respostas morfo-agronômicas do milho a aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio**. 2015. 93p. (Mestrado). Centro de ciências agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.