

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TRINEXAPAQUE-ETÍLICO EM AVEIA HEXAPLOIDE: EFEITOS SOBRE A  
MORFOLOGIA DA PLANTA, ACAMAMENTO, RENDIMENTO E QUALIDADE DE  
GRÃOS

Diego de Oliveira Camera  
Engenheiro Agrônomo/IFRS-Ibirubá

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Área de concentração Recursos Genéticos, Biotecnologia e Melhoramento Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Agosto de 2022

### CIP - Catalogação na Publicação

Camera, Diego de Oliveira  
TRINEXAPAQUE-ETÍLICO EM AVEIA HEXAPLOIDE: EFEITOS  
SOBRE A MORFOLOGIA DA PLANTA, ACAMAMENTO, RENDIMENTO E  
QUALIDADE DE GRÃOS / Diego de Oliveira Camera. --  
2022.  
124 f.  
Orientador: Marcelo Teixeira Pacheco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2022.

1. Regulador de crescimento. 2. Inibidor de  
giberelina. 3. Acamamento. 4. Peso hectolitro. 5.  
Estatura. I. Pacheco, Marcelo Teixeira, orient. II.  
Titulo.

DIEGO DE OLIVEIRA CAMERA  
Engenheiro Agrônomo - IFRS

## **DISSERTAÇÃO**

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 30.08.2022  
Pela Banca Examinadora  
(Via videoconferência)

Homologado em:  
Por

MARCELO TEIXEIRA PACHECO  
Orientador  
PPG Fitotecnia/UFRGS

CARLA ANDRÉA DELATORRE  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

CARLA ANDRÉA DELATORRE  
PPG Fitotecnia/UFRGS

CLÓVIS ARRUDA DE SOUZA  
PPG Produção Vegetal/UDESC

LUIZ CARLOS FEDERIZZI  
PPG Fitotecnia/UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao professor Marcelo Teixeira Pacheco, pela orientação, disposição, compreensão, ensinamentos teóricos e conselhos.

Ao professor Luís Carlos Federizzi, pelos ensinamentos, atenção, auxílio e compreensão.

Aos professores do departamento de Plantas de Lavoura, pelos ensinamentos teóricos passados ao longo do mestrado.

Aos funcionários da Estação Experimental Agronômica, pela disponibilidade e auxílio na condução dos experimentos.

Ao Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS, pelo fornecimento de materiais e estrutura essenciais para a condução do experimento.

Aos colegas, pela amizade, auxílio, ajuda em momentos difíceis e troca de conhecimento.

Aos meus amigos por todo o apoio e incentivo que foi me dado.

À minha família, por tudo o que fez por mim até hoje.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos fornecida.

A todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação.

# TRINEXAPAQUE-ETÍLICO EM AVEIA HEXAPLOIDE: EFEITOS SOBRE A MORFOLOGIA DA PLANTA, ACAMAMENTO, RENDIMENTO E QUALIDADE DE GRÃOS<sup>1</sup>

Autor: Diego de Oliveira Camera  
Orientador: Marcelo Teixeira Pacheco

## RESUMO

O acamamento é um problema importante na cultura da aveia branca (*Avena sativa*), causando perdas de rendimento e qualidade de grãos. O trinexapaque-etílico é um regulador de crescimento usado para reduzir a suscetibilidade das plantas ao acamamento, especialmente sob condições adversas de ambiente que contribuem para esse fenômeno. O objetivo desse trabalho foi de determinar o efeito do trinexapaque-etílico sobre o acamamento, rendimento e qualidade de grãos, componentes do rendimento de grãos e características do colmo associadas ao acamamento. Para o estudo, dez genótipos de aveia branca, sendo cinco resistentes (IPR Afrodite, URS Altiva, URS Brava, URS Monarca e URS Taura) e cinco suscetíveis ao acamamento (IPR Artemis, UFRGS 127013-1, UFRGS 146171-1, URS Charrua e URS Corona), foram submetidos a cinco doses de trinexapaque-etílico (50, 75, 100, 125 e 150 g i.a./ha), além da testemunha sem aplicação do regulador de crescimento, avaliados em duas épocas de semeadura, nos anos de 2020 e 2021. Os resultados indicaram que somente na primeira época de semeadura, dentro da janela ótima para cultivo da aveia, houve acamamento e indicação para o uso do regulador de crescimento para redução do mesmo. Porém, seu uso deve ser feito somente em genótipos suscetíveis ao acamamento. A diminuição do acamamento ocorreu exclusivamente devido à redução do comprimento dos entrenós expandidos do colmo e, conseqüente, redução da estatura de planta, não havendo efeito sobre o diâmetro e a espessura da parede dos entrenós expandidos. Em três dos cinco genótipos suscetíveis ao acamamento, a redução do acamamento, devido ao uso de regulador de crescimento, foi acompanhada pelo aumento do rendimento de grãos, sendo esses genótipos IPR Artemis, UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1. Porém, a aplicação de trinexapaque-etílico tendeu a reduzir a qualidade física de grãos de todos os genótipos estudados, expressa na forma de peso do hectolitro, especialmente nas doses mais elevadas, incluindo as doses recomendadas para a cultura da aveia, havendo diferenças entre os genótipos quanto a sua sensibilidade ao efeito do regulador de crescimento na redução do peso do hectolitro. As diferentes doses do regulador de crescimento tiveram pouco ou nenhum efeito sobre os componentes de rendimento estudados, não sendo possível estabelecer as causas, além da própria redução do acamamento, do aumento de rendimento de grãos, quando ocorreu. Entretanto, o uso de regulador de crescimento aumentou o número de dias da emergência ao florescimento, sendo observado efeito dose-resposta para o atraso no florescimento. O trinexapaque-etílico mostrou ser uma ferramenta valiosa no manejo de aveia branca para redução do acamamento, mas sua adoção foi adequada apenas para genótipos mais suscetíveis ao acamamento e em condições ambientais que favorecem sua ocorrência.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (124f.) Agosto, 2022.

# TRINEXAPAC-ETHYL IN HEXAPLOID OAT: EFFECTS ON PLANT MORPHOLOGY, LODGING, YIELD AND GRAIN QUALITY<sup>1</sup>

Author: Diego de Oliveira Camera  
Adviser: Marcelo Teixeira Pacheco

## ABSTRACT

Lodging is an important problem in the oat crop (*Avena sativa*), causing grain yield and grain quality losses. Trinexapac-ethyl is a growth regulator used to reduce plant susceptibility to lodging, especially under adverse environmental conditions that contribute to this phenomenon. The objective of this work was to determine the effect of trinexapac-ethyl on lodging, grain yield, grain quality, grain yield components and stem traits associated with lodging. For the study, ten oat genotypes, five resistant (IPR Aphrodite, URS Altiva, URS Brava, URS Monarca and URS Taura) and five susceptible to lodging (IPR Artemis, UFRGS 127013-1, UFRGS 146171-1, URS Charrua and URS Corona), were subjected to five trinexapac-ethyl doses (50, 75, 100, 125 and 150 g i.a./ha), in addition to the control without growth regulator spray, evaluated in two sowing dates in the years 2020 and 2021. The results indicated that only in the first sowing season, within the optimal window for growing oats, there was lodging and indication for the use of the growth regulator to reduce it. However, its use should only be made in genotypes susceptible to lodging. The decrease in lodging occurred exclusively due to the reduction in the length of the expanded stem internodes and, consequently, the reduction in plant height, with no effect on the diameter and wall thickness of the expanded internodes. In three of the five genotypes susceptible to lodging, the reduction in lodging, due to the use of the growth regulator, was followed by an increase in grain yield, these genotypes were IPR Artemis, UFRGS 127013-1 and UFRGS 146171-1. However, the use of trinexapac-ethyl tended to reduce the physical quality of grains of all the studied genotypes, expressed as test weight, especially at higher doses, including the doses recommended for the oat crop, with differences between the genotypes due to their sensitivity to the growth regulator effect in reducing test weight. The different doses of the growth regulator had little or no effect on the yield components studied, so it was not possible to establish the causes, in addition to the lodging reduction itself, of grain yield increase, when it took place. However, the use of growth regulator increased the number of days from emergence to flowering, with a dose-response effect for the delay in flowering. Trinexapac-ethyl proved to be a valuable tool for the oat crop management to reduce lodging, but its adoption was adequate only for genotypes more susceptible to lodging and under environmental conditions that favor its occurrence.

---

<sup>1</sup>Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (124p.) August, 2022.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Importância da aveia branca.....	3
2.2 Melhoramento da aveia branca .....	3
2.3 Acamamento .....	4
2.3.1 Fundamentos sobre o acamamento .....	4
2.3.2 Características agronômicas relacionadas ao acamamento.....	6
2.4 Alongamento do colmo .....	8
2.5 Trinexapaque-etílico .....	8
2.5.1 Classificação e modo de ação de trinexapaque-etílico.....	9
2.5.1.1 Giberelinas.....	9
2.5.1.2 Biossíntese da giberelina .....	10
2.5.2 Efeitos do trinexapaque-etílico sobre características agronômicas.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1 Local de condução do experimento.....	19
3.2 Genótipos utilizados.....	19
3.3 Condução do experimento.....	20
3.4 Avaliações realizadas .....	21
3.5 Análises estatísticas.....	24
4 RESULTADOS.....	26
4.1 Índice de acamamento.....	26
4.2 Caracteres relacionados ao rendimento de grãos .....	31
4.2.1 Rendimento de grãos.....	34
4.2.3 Número de grãos por espiguetas.....	38
4.2.4 Massa de mil grãos.....	40
4.2.5 Peso hectolitro.....	43
4.2.6 Índice de colheita .....	53

	Página
4.3 Dias da emergência ao florescimento e estatura de planta.....	54
4.3.1 Dias da emergência ao florescimento .....	55
4.3.2 Estatura de planta .....	60
4.4 Morfologia dos entrenós expandidos .....	66
4.4.1 Comprimento dos entrenós expandidos .....	67
4.4.2 Diâmetro dos entrenós expandidos .....	77
4.5 Análise de correlação de Spearman entre os caracteres avaliados.....	79
4.6 Condições meteorológicas .....	81
5 DISCUSSÃO .....	87
6 CONCLUSÕES .....	96
REFERÊNCIAS.....	99

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Genótipos utilizados no experimento, ano de registro, estatura e resistência ao acamamento. ....	20
2. Data da semeadura, emergência, primeira e segunda aplicação de ureia nas duas épocas de cultivo das safras 2020 e 2021. ....	21
3. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres relacionados ao rendimento de grãos, em dez genótipos aveia branca, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, em duas épocas de semeadura e dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	32
4. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres relacionados ao rendimento de grãos, dentro das classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	34
5. Significância dos efeitos principais e da sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o rendimento de grãos, dentro dos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	35
6. Significância dos efeitos principais e da sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o número de grãos por panícula, dentro dos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	38
7. Significância do efeito principal dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o número de grãos por espiguetas, dentro de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, e dentro de ano de avaliação, na primeira época de semeadura. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	39
8. Significância dos efeitos principais e da sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para a massa de mil grãos, nos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, dentro de cada ano de avaliação, na primeira época de semeadura. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	41

9.	Significância dos efeitos de dose e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para a massa de mil grãos, nos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Eldorado do Sul, 2021.....	41
10.	Significância dos efeitos principais e sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso do hectolitro, nos genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	44
11.	Significância do efeito de dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso do hectolitro, no genótipo de aveia branca URS Monarca, submetido a seis doses de trinexapaque-etílico, dentro de ano de avaliação, na primeira época de semeadura. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	47
12.	Significância dos efeitos principais e sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso do hectolitro, nos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	49
13.	Significância do efeito de dose e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso hectolitro, no genótipo suscetível ao acamamento IPR Artemis, submetido a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	52
14.	Significância do efeito principal dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter índice de colheita, dentro de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	54
15.	Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres dias da emergência ao florescimento e estatura de planta, nas classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	54
16.	Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter dias da emergência ao florescimento, na classe de genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	56

17. Significância do efeito de dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, submetido a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	59
18. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter estatura de planta, dentro das classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021. ....	61
19. Significância do efeito de dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter estatura de planta, dentro da classe de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Eldorado do Sul, 2020. ....	63
20. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres comprimento, diâmetro e espessura da parede do primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos, dentro das classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento ou para ambas as classes, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Eldorado do Sul, 2020. ....	67
21. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter comprimento do quarto e quinto entrenó expandidos, em uma classe com cinco genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico e semeados na primeira época de 2020. Eldorado do Sul, 2020. ....	72

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Estrutura química das principais giberelinas ativas (GA1, GA3, GA4 e GA7) (Taiz et al., 2017). .....	10
2. Biosíntese da giberelina. MVA, ácido mevalônico; IPP, isopentenildifosfato; GGPP, geranylgeranildifosfato; CPS, ent-copalildifosfato sintase; KS, ent-caureno sintase; KO, ent-caureno oxidase; KAO, ácido ent-caurenoico oxidase; GA20ox, GA 20-oxidase; GA3ox, GA 3-oxidase; GA2ox, GA 2-oxidase; GA13ox, GA 13-oxidase (Taiz et al., 2017). .....	12
3. Boxplot do índice de acamamento observado na primeira época de semeadura de 2020 e 2021, na média de dez genótipos de aveia branca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico.....	27
4. Boxplot do índice de acamamento com o uso de seis doses de trinexapaque-etílico, na média de dez genótipos de aveia branca, cultivados na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. ....	28
5. Boxplot do índice de acamamento de dez genótipos de aveia branca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, cultivadas na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.....	30
6. Rendimento de grãos, na média de dez genótipos de aveia branca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, em duas épocas de semeadura de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas e minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade, dentro do ano de 2020 e 2021, respectivamente.....	33
7. Rendimento de grãos do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.....	36
8. Rendimento de grãos do genótipo de aveia branca UFRGS 127013-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.....	37

9. Rendimento de grãos do genótipo de aveia branca UFRGS 146171-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 37
10. Número de grãos por espiguetta do genótipo de aveia branca URS Corona, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de número de grãos por espiguetta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 40
11. Número de grãos por espiguetta do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de número de grãos por espiguetta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 40
12. Massa de mil grãos do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de massa de mil grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 42
13. Massa de mil grãos do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de massa de mil grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 43
14. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca IPR Afrodite, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 45
15. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Altiva, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 45
16. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Brava, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 46
17. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Taura, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 47

18. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 48
19. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 48
20. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca UFRGS 127013-1, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 50
21. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca UFRGS 146171-1, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 50
22. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 51
23. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Corona, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 51
24. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 52
25. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 53
26. Dias da emergência ao florescimento na média dos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias da emergência ao florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 55

27. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca IPR Afrodite, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 57
28. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Altiva, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 57
29. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Brava, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 58
30. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Taura, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 58
31. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 60
32. Estatura de planta, na média de cinco genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 61
33. Estatura de planta, na média de cinco genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 62
34. Estatura de planta, na média de cinco genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 62

35. Estatura de planta do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 64
36. Estatura de planta do genótipo de aveia branca UFRGS 127013-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 64
37. Estatura de planta do genótipo de aveia branca UFRGS 146171-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 65
38. Estatura de planta do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 65
39. Estatura de planta do genótipo de aveia branca URS Corona, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 66
40. Comprimento médio do terceiro entrenó expandido dos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do terceiro entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 68
41. Comprimento médio do quarto entrenó expandido dos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 69
42. Comprimento médio do quinto entrenó expandido dos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade..... 69

43. Comprimento médio do segundo entrenó expandido de genótipos de aveia branca classificados como resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do segundo entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 70
44. Comprimento médio do terceiro entrenó expandido de genótipos de aveia branca classificados como resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do terceiro entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 71
45. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Altiva, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 73
46. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Brava, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 73
47. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Taura, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 74
48. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de IPR Afrodite, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 74
49. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Monarca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 75
50. Comprimento médio do quinto entrenó expandido de IPR Afrodite, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 76

51. Comprimento médio do quinto entrenó expandido de URS Brava, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 76
52. Comprimento médio do quinto entrenó expandido de URS Monarca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 77
53. Diâmetro médio do segundo entrenó expandido do conjunto de dez genótipos de aveia branca, classificados como resistentes e suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Diâmetros médios do segundo entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 78
54. Diâmetro médio do terceiro entrenó expandido do conjunto de dez genótipos de aveia branca, classificados como resistentes e suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Diâmetros médios do terceiro entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. .... 78
55. Temperatura mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2020. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021. .... 82
56. Velocidade do vento mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2020. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021. .... 83
57. Precipitação pluviométrica diária no período de condução dos experimentos no ano de 2020. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021. .... 83
58. Temperatura mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2021. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021. .... 84

	Página
59. Velocidade do vento mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2021. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021. ....	85
60. Precipitação pluviométrica diária no período de condução dos experimentos no ano de 2021. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021. ....	86

## RELAÇÃO DE QUADROS

	Página
1. Lista de artigos científicos sobre a utilização de trinexapaque-etílico em aveia branca (Adaptado de Souza et al., 2021).....	16
2. Teste de Dunn para índice de acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na média de dez genótipos de aveia branca cultivados na primeira época semeadura de 2020 e 2021. ....	28
3. Teste de Dunn para o índice de acamamento de dez genótipos de aveia branca, na média de seis doses de trinexapaque-etílico, cultivados na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.....	29
4. Coeficientes de correlação de Spearman entre os caracteres dias da emergência ao florescimento (DEF), índice de acamamento (IA), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), número de grãos por espiguetta (NGE) e massa de mil grãos (MMG), em cinco genótipos de aveia branca pertencentes a classe suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. ....	80
5. Coeficientes de correlação de Spearman entre os caracteres dias da emergência ao florescimento (DEF), índice de acamamento (IA), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), número de grãos por espiguetta (NGE) e massa de mil grãos (MMG), em cinco genótipos de aveia branca pertencentes a classe resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. ....	81

## 1 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal de ampla distribuição global, cuja produção de grãos é destinada tanto para a alimentação humana como animal, além da formação de pastagens, essas que ocupam posição de destaque na bovinocultura e para a produção de palhada naquelas regiões onde o sistema plantio direto é utilizado. Seus grãos são utilizados na alimentação humana, devido às suas propriedades funcionais e nutracêuticas. Além disso, os grãos também têm aplicação na indústria de fármacos e cosméticos.

O melhoramento genético da aveia no Brasil é mais recente, em relação a outros cereais, como trigo e milho. Cultivares modernas são desenvolvidas com o objetivo de apresentar elevado potencial de rendimento e qualidade industrial de grãos, adaptação ao clima da região sul do Brasil e resistência a moléstias.

No entanto, ainda existem problemas quanto ao manejo dos genótipos de aveia branca disponíveis no mercado. Na cultura, o acamamento ainda é realidade para a maioria das cultivares e é uma limitação a determinadas condições de cultivo, como semeadura precoce, maior densidade de semeadura, maiores níveis de adubação, principalmente a nitrogenada em cobertura, além de dificultar a colheita ou reduzir a qualidade de grãos durante a maturação.

Uma forma de contornar o problema causado pelo acamamento é o uso de reguladores de crescimento. No mundo, há poucos princípios ativos registrados para o uso em aveia e que possuam a função de retardar o crescimento e, portanto, reduzir o acamamento. Entre eles há o cloreto de chlormequat, o cloreto de mepiquat, a proexadiona cálcica e o trinexapaque-etílico. No Brasil apenas o trinexapaque-etílico e a proexadiona cálcica são registrados para esse fim.

O uso de trinexapaque-etílico era registrado para culturas como o trigo, cana-de-açúcar e cevada. Somente em 22 de julho de 2021 foi aprovada a alteração na recomendação de um produto comercial baseado nesse princípio ativo, sendo incluída a cultura da aveia branca. Dessa forma, a liberação do uso desse tratamento químico é recente. Além disso, o número de pesquisas com esse tema é escasso e necessita ser aprofundado.

Estudar a eficiência de reguladores de crescimento, associando sua interação com vários genótipos que possuam diferentes resistências ao acamamento e às distintas condições climáticas a que eles são submetidos, fornecerá informação valiosa a técnicos e agricultores.

Conhecimento detalhado sobre as características morfológicas das cultivares de aveia branca, combinado ao maior entendimento das práticas de manejo, como o uso de reguladores de crescimento, serão necessários para aumentar a qualidade e produtividade de grãos e resolver problemas, como o acamamento.

Devido à importância econômica e social da aveia branca, especialmente no sul do Brasil, medidas para incentivar sua produção e auxiliar a realizar seu potencial de rendimento e qualidade de grãos devem ser tomadas. Devido ao acamamento ser um dos principais problemas do cultivo da aveia, superado apenas pela suscetibilidade a moléstias, que comprometem o rendimento e qualidade de grãos, o estudo dos efeitos de regulador de crescimento, com o objetivo de reduzir o acamamento em aveia, é contribuição valiosa à melhoria das práticas de cultivo da aveia no Brasil.

Desta forma, o objetivo geral do trabalho foi de determinar o efeito de trinexapaque-etílico sobre diferentes genótipos de aveia branca, em diferentes condições de ambiente, sobre o rendimento e qualidade de grãos, componentes do rendimento de grãos e características do colmo associadas ao acamamento.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Avaliar a interação entre dez genótipos de aveia branca, com diferentes resistências ao acamamento, em função de cinco doses de trinexapaque-etílico, em duas épocas de semeadura, em dois anos de cultivo.
- Determinar o efeito de trinexapaque-etílico sobre acamamento das plantas.
- Estimar a eficiência e dose ideal de trinexapaque-etílico para o controle do acamamento em aveia branca.
- Estimar o impacto de diferentes doses de trinexapaque-etílico sobre o rendimento e a qualidade de grãos de aveia branca.
- Medir o efeito de diferentes doses de trinexapaque-etílico sobre os componentes de rendimento de grãos de aveia branca.
- Avaliar as características morfológicas dos entrenós expandidos, quanto ao comprimento, diâmetro e espessura da parede do colmo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importância da aveia branca**

A aveia branca (*Avena sativa* L.) possui importância no mercado mundial pelo seu uso na produção de grãos com qualidade nutricional para alimentação humana e animal, composição de pastagens visando a nutrição de ruminantes e cobertura do solo para produção de palha em sistema plantio direto, assim tornando-se uma alternativa de cultura para as regiões mais frias do Brasil (Hartwig *et al.*, 2007).

A cultura é difundida ao redor do mundo sendo produzidas cerca de 25,2 milhões de toneladas de aveias em 2020, as tornando o sétimo cereal de maior importância, ficando atrás de milho, arroz, trigo, cevada, sorgo e milheto. Em 2020, da produção mundial de seus grãos, 30,4 % ficam a cargo das américas, sendo o Brasil o nono maior produtor de aveia, (FAO, 2022). Em 2021, o Brasil se tornou o sétimo maior produtor mundial de aveia, ultrapassando o Reino Unido e os Estados Unidos da América (USDA, 2022), com área cultivada com aveia de 503 mil hectares, com produção de 1,143 milhão de toneladas, sendo o estado do Rio Grande do Sul o maior produtor deste cereal (CONAB, 2022).

Porém, ao longo dos anos a área mundial usada para produção de aveias está sendo substituída por demais culturas. No período de 1961 a 2020, a área inicial foi reduzida em 74,6 %, o que impactou negativamente a produção de grãos em 49,2 % (FAO, 2022).

Nota-se que a redução de produção foi menos acentuada que a de área cultivada, o que indica que a produtividade foi aumentada. Fato esse que ocorreu pela modernização de técnicas de manejo e cultivares.

### **2.2 Melhoramento da aveia branca**

As variedades de aveia branca cultivadas no sul do Brasil nas décadas de 1960, 1970 e início de 1980 eram provenientes do Uruguai, Argentina e Estados Unidos da América. Dessa forma, ou apresentavam adaptação limitada ao ambiente da região sul-brasileira ou não apresentavam elevada qualidade de grãos. Essa cultivares tinham ciclo muito tardio, elevada estatura de planta, além de nem sempre apresentarem elevado potencial de rendimento de grãos. Buscando desenvolver cultivares de aveia granífera adaptadas ao

ambiente do sul do Brasil, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade de Passo Fundo (UPF) iniciaram programas de melhoramento com a cultura em meados da década de 1970 através da introdução de linhagens e populações segregantes oriundas dos Estados Unidos (Barbosa Neto *et al.*, 2000).

Inicialmente, o foco dos programas de melhoramento de aveia brasileiros era introduzir variabilidade genética, visando aprimorar caracteres adaptativos de estatura, ciclo e resistência a moléstias, além do rendimento de grãos. Após a obtenção de genótipos mais adaptados, novos caracteres se tornaram importantes nos programas de melhoramento de aveia branca, como a qualidade de grãos (Carvalho & Federizzi, 1989).

As avaliações de progresso genético do rendimento de grãos, com fungicida, dos genótipos de aveia branca, realizadas nas safras de 2010 e 2011 por Waldow (2012), indicaram que houve acréscimo de 38,7 e 29,5 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade de grãos a cada ano de lançamento, respectivamente. Quando apenas os genótipos superiores de cada triênio foram considerados, o progresso genético avaliado em 2010 foi de 53,5 kg ha<sup>-1</sup> ao ano e em 2011, de 36,6 kg ha<sup>-1</sup> ao ano.

No mesmo trabalho, em 2010, foi identificado que a estatura média estimada das cultivares de aveia da UFRGS foi reduzida de 111 cm para 106,3 cm em um período de trinta anos. Na avaliação de 2011 a estatura foi reduzida de 112 cm para 104,9 cm, sendo de -0,238 cm ao ano. Para os genótipos com menor estatura, a redução anual foi na ordem de 0,346 cm em 2010 e de 0,435 cm na avaliação de 2011 (Waldow, 2012). Quanto ao acamamento, a avaliação de progresso genético no ano de 2010, determinou que no início do período avaliado (1978) o acamamento médio era de 37,0 %, reduzindo para 16,5 %, após trinta anos de melhoramento (2008). Isso representa uma redução de 0,684 % ao ano (Waldow, 2012).

## **2.3 Acamamento**

Falhas estruturais que causam deslocamento permanente da posição vertical do colmo em cereais produtores de grãos são conhecidas como acamamento. Ao ocorrer causa perdas de rendimento de grãos por dificultar a colheita ou reduzir o número e peso de grãos, dependendo do estágio de desenvolvimento que ocorra (Baker *et al.*, 2014; Berry & Berry, 2015; Berry & Spink, 2012).

### **2.3.1 Fundamentos sobre o acamamento**

O acamamento é um problema grave em cereais, representando um dos caracteres agrônômicos importantes para o agricultor, o qual impacta a qualidade de grãos que chegam à indústria e ao consumidor final (Peterson *et al.*, 2005; Rajkumara, 2008). Sua presença

pode reduzir significativamente a produtividade e qualidade dos grãos (Waldow, 2012), sendo agravado quando são utilizados altos níveis de fertilização, irrigação e cultivo de variedades antigas (Rajkumara, 2008).

Existem duas formas de acamamento, quando ocorre uma falha no sistema de ancoragem das raízes ou quando se forma alguma curvatura da base do colmo (Berry & Berry, 2015; Berry & Spink, 2012). Normalmente, em aveias o acamamento ocorre por falhas estruturais no colmo, ao invés de problemas relacionados a ancoragem das raízes (Brunava & Alsina, 2014). Em aveia o acamamento pode ser mais importante do que em outros cereais, pois pode ocorrer em qualquer ponto do colmo, não apenas em sua base (Baker *et al.*, 2014).

O acamamento de colmo pode ser ainda classificado em quebra ou dobra. O primeiro é mais sério, pois colmos curvados ainda são capazes de transportar fotoassimilados para as panículas, o que é indispensável para o enchimento de grãos (Samadi *et al.*, 2019).

A ocorrência do acamamento pode estar associada tanto a constituição genética dos genótipos cultivados (Brouwer & Flood, 1995) quanto as condições climáticas, ou pela interação desses dois fatores. Ambientes de cultivo com chuvas ou ventos intensos, principalmente durante a fase de enchimento de grãos, tendem a aumentar a intensidade do acamamento e a proporção de plantas acamadas (Waldow, 2012).

Características que influenciam a resistência ao acamamento mudam constantemente durante o ciclo das plantas, pois são influenciadas pelas condições de clima, solo, manejo e genótipo. Normalmente, o colmo é flexível quando se encontra túrgido e verde, no entanto, quando ocorre a maturação ele seca e se torna rígido. Após a antese ocorre o aumento do peso fresco da panícula, pelo acúmulo de amido e água, mas a redução no conteúdo de água próximo e após a maturidade fisiológica faz com que o peso da panícula decresça, relativo ao final do período de enchimento de grãos. Desta forma, o centro de gravidade da planta é deslocado para a panícula durante o enchimento de grãos, tornando as plantas mais predispostas ao acamamento, especialmente quando associado a condições meteorológicas adversas (White, 1995).

Quando ocorre acamamento, o sombreamento foliar e a compressão dos vasos condutores reduzirá a fotossíntese, limitando o acúmulo de fotoassimilados, prejudicando o enchimento de grãos e, conseqüentemente, reduzindo o rendimento de grãos, além de decrescer a qualidade dos mesmos e dificultar a colheita mecanizada (Kashiwagi *et al.*, 2005). Em trigo, Vieira *et al.* (2007) apresentaram dados que indicam uma correlação entre o rendimento de grãos e o acamamento no valor de -0,40, indicando que o acamamento reduz a produtividade da cultura. Ao mesmo tempo, o aumento de rendimento de grãos pode ser

obtido através da fertilização com nitrogênio, porém, em excesso também aumenta o risco de maior ocorrência de acamamento, o que prejudicará tanto a produtividade quanto a qualidade dos grãos (Mohr *et al.*, 2007).

Maior acamamento também pode resultar de populações de plantas mais elevadas, que resultam em maior competição entre as plantas de aveia, resultando em plantas com colmos mais frágeis (Brouwer & Flood, 1995).

### **2.3.2 Características agrônômicas relacionadas ao acamamento**

Existe pouco conhecimento sobre o controle genético da resistência do colmo ao acamamento de cereais, provavelmente, por ser uma característica complexa, afetada por muitos fatores como o peso da panícula, diâmetro do colmo, espessura e rigidez da parede do colmo, composição das paredes celulares e estatura. Caracteres que demandam de análises morfológicas e químicas demoradas e trabalhosas (Buerstmayr *et al.*, 2007; Tumino *et al.*, 2017).

A estatura pode estar associada com o acamamento, predispondo genótipos mais altos à ocorrência do fenômeno. Assim, existe correlação positiva entre o acamamento e a estatura das plantas de aveia, indicando que a redução do tamanho pode reduzir o acamamento (Buerstmayr *et al.*, 2007). Argenta *et al.* (2022) também determinaram que a resistência ao acamamento está associada à menor estatura em genótipos brasileiros de aveia, sob condições subtropicais, embora não seja o único fator a influenciar o caráter, uma vez que maior diâmetro de colmo e maior espessura da parede do colmo, do primeiro e do segundo entrenós basais expandidos, estavam presentes nos genótipos mais resistentes ao acamamento, em comparação àqueles mais suscetíveis ao acamamento. Tumino *et al.* (2017) encontraram correlação entre acamamento e estatura de planta com índices iguais a 0,53 e 0,60 em dois grupos de acessos de aveia branca, avaliados em oito países da Europa.

Em aveias da Turquia, Dumlupinar *et al.* (2012) obtiveram resultados que demonstram que há uma correlação de -0,28 entre estatura e produtividade de grãos. Enquanto isso, no trabalho de Redarlli *et al.* (2008) que avaliou genótipos de aveia europeus na Itália, a correlação foi de -0,77.

Quando a base do colmo é rígida, o acamamento é reduzido. Tal rigidez pode ser relacionada com o diâmetro do colmo e a espessura da parede do entrenó (Khan *et al.*, 2020). Pesquisando as características fenotípicas em duas populações de duplo haploides de trigo de inverno, Berry & Berry (2015) encontraram correlação positiva de moderada a elevada, de 0,52 e 0,78, entre a estatura das plantas e acamamento natural, assim como correlação

positiva moderada, cerca de 0,40, entre diâmetro dos dois primeiros entrenós expandidos e sua espessura da parede.

Em um estudo envolvendo duas cultivares de trigo de inverno, sob quatro densidades de semeadura e quatro níveis de adubação nitrogenada, foi observado forte correlação positiva entre conteúdo de lignina e conteúdo de celulose e a resistência do colmo ao acamamento. Assim como, o conteúdo de lignina do colmo teve correlação negativa forte com a resistência do colmo ao curvamento. Por um lado, a resistência ao curvamento também teve correlação negativa forte com a altura do centro de gravidade do colmo e com o comprimento do segundo entrenó basal expandido. Por outro lado, a resistência ao curvamento do colmo teve correlação positiva forte com o diâmetro e espessura da parede do segundo entrenó basal expandido do colmo (Khan *et al.*, 2020). Entretanto, em genótipos brasileiros de aveia, Argenta *et al.* (2022) não foi encontrada associação entre conteúdo de lignina e celulose com a resistência ao acamamento. Porém, esses autores encontraram que genótipos de aveia mais resistentes ao acamamento possuíam maior deposição de celulose no parênquima subdérmico do primeiro nó basal expandido, juntamente com maior número de camadas de células neste tecido. Enquanto a maior deposição de lignina parecia estar presente apenas no genótipo mais resistente ao acamamento, a cultivar URS Taura, se encontrando nas células do parênquima cortical do primeiro entrenó expandido desta cultivar (Argenta *et al.*, 2022)

A composição química do colmo afeta a sua resistência ao acamamento, entre os principais componentes da parede celular estão a lignina e a celulose, sendo que na cultivar de arroz Leaf Star, resistente ao acamamento, foi encontrado menor teor de lignina e celulose, juntamente com maior teor de hemicelulose no colmo, em comparação com a cultivar parental Koshihikari, também resistente ao acamamento, porém em menor grau (Samadi *et al.*, 2019). A celulose é o principal componente estrutural da parede celular de trigo, a qual é pobre em proteína e pectina. Apesar de todos os componentes estruturais terem a sua importância, em trigo, o conteúdo de celulose contribui mais que a lignina na resistência ao acamamento (Wang *et al.*, 2012). Seu acúmulo é importante para promover força ao colmo de cereais (Zhang *et al.*, 2017). Altos conteúdos de lignina, celulose e hemicelulose em *Poaceae*s são correlacionados à resistência mecânica do colmo (Khan *et al.*, 2020; Sekhon *et al.*, 2020). O acúmulo de açúcares solúveis e amido na base do colmo está intimamente relacionado com a resistência à quebra. Além disso, colmos com alto acúmulo de amido estão associados com maior resistência ao acamamento, como foi observado na cultivar de arroz Leaf Star, altamente resistente ao acamamento (Samadi *et al.*, 2019).

A aplicação excessiva de nitrogênio em *Oryza sativa* pode reduzir a espessura da parede celular secundária e deixar as plantas mais propensas ao acamamento. Genes que estejam envolvidos com a biossíntese de lignina podem ser regulados negativamente pelo nitrogênio, nos estádios iniciais de desenvolvimento do colmo. Isso pode reduzir o conteúdo de lignina depositado na parede celular secundária, resultando em baixa resistência ao acamamento pela fraca força mecânica dos entrenós (Zhang *et al.*, 2017).

#### **2.4 Alongamento do colmo**

A taxa de crescimento das plantas de aveia branca é alterada conforme seu estágio de desenvolvimento. Da emergência até se iniciar o alongamento do colmo, GS30 na escala de Zadoks *et al.* (1974), o crescimento da cultura é lento. A partir dessa fase até o florescimento, as plantas apresentam a maior taxa de crescimento, ocorrido pelo aumento do comprimento dos entrenós expandidos. Após o florescimento, a taxa de crescimento em estatura é reduzida, sendo majoritariamente aumentada pelo alongamento do pedúnculo. Durante o enchimento de grãos, o nitrogênio e carboidratos destinados às estruturas vegetativas, agora são redistribuídos para o enchimento dos grãos (White, 1995).

Existem os entrenós que pouco aumentam em comprimento e aqueles que crescem consideravelmente. Os entrenós curtos têm início no nó do coleóptilo e estão presentes até o nó abaixo do primeiro entrenó que se alonga. Neles estão presentes regiões transitórias entre os vasos condutores do sistema radicular para aqueles encontrados na parte aérea da planta. Na cultura da aveia, normalmente são encontrados de quatro a sete entrenós que se alongam (Bonnett, 1961).

O aumento do crescimento longitudinal dos entrenós que se alongam é controlado por hormônios, sendo os ácidos giberélicos promotores altamente específicos do alongamento (Harrison & Kaufman, 1980; Montage, 1995). Outros hormônios como a citocinina, ácido abscísico, etileno e ácido jasmônico são inibidores do alongamento (Montage, 1995). A redução na estatura das plantas está associada com a redução do alongamento dos entrenós. Como forma de reduzir o crescimento das plantas e conseqüentemente a propensão ao acamamento, podem ser utilizados reguladores de crescimento, como o trinexapaque-etílico que atua na inibição do crescimento em estatura pela interrupção temporária da biossíntese de giberelina (Rajala, 2004).

#### **2.5 Trinexapaque-etílico**

Reguladores de crescimento são utilizados na agricultura visando afetar os processos fisiológicos de crescimento ou desenvolvimento, sendo empregados em culturas anuais com

o objetivo de reduzir o excesso de crescimento longitudinal do colmo. Um dos principais princípios ativos utilizados para esse fim é o trinexapaque-etílico, que pertence ao grupo químico ácido dioxociclohexanocarboxílico. A sua aplicação em momento correto, auxilia na prevenção de acamamento através da redução de estatura, fortificação do colmo e das estruturas da coroa da raiz (March *et al.*, 2013; Matysiak, 2006).

### **2.5.1 Classificação e modo de ação de trinexapaque-etílico**

Inicialmente os reguladores de crescimento foram classificados em dois tipos, tipos I e II. O tipo I é absorvido pelas folhas e paralisam rapidamente a divisão celular e a diferenciação de regiões meristemáticas pela liberação de etileno. Também limitam o crescimento de ramos e emissão de hastes florais. O tipo II é responsável por suprimir o desenvolvimento de gramíneas, através da supressão da biossíntese de giberelinas, reduzindo o alongamento celular e, conseqüentemente, o crescimento da planta (March *et al.*, 2013; Rademacher, 2000).

Porém, o surgimento de novos modos de ação levou a classificação dos reguladores em cinco classes, nominadas de A a E, que incluem compostos dos tipos I e II. O princípio ativo trinexapaque-etílico está inserido na classe A, que diz respeito às substâncias capazes de interferir na terceira fase da rota da biossíntese de giberelina. Sua ação é de inibir a hidroxilação do ácido giberélico 20 (GA<sub>20</sub>), através da redução da atividade da enzima GA<sub>20</sub>-3β-hidroxilase, que é responsável pela síntese direta de GA<sub>1</sub>, uma das formas ativas de giberelina. No entanto, todas as giberelinas ativas formadas antes da aplicação do regulador de crescimento não serão impactadas, ainda podendo expressar alguma atividade no crescimento da planta (March *et al.*, 2013).

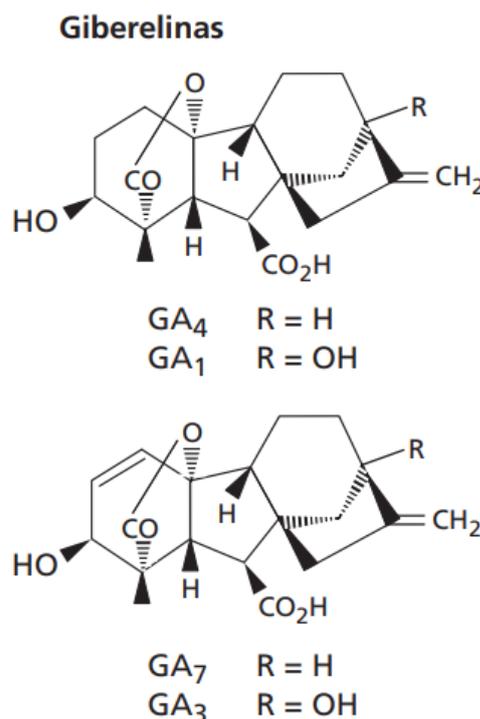
Na espécie *Poa pratensis*, ao comparar os resultados da aplicação de 100 g de trinexapaque-etílico por hectare com a não aplicação, pode-se observar uma redução de 47 % na concentração de GA<sub>1</sub>, enquanto foi apresentado um incremento de 146 % na concentração de GA<sub>20</sub>. Assim, comprovando seu efeito na terceira fase da rota da biossíntese da giberelina (Tan & Qian, 2003).

#### **2.5.1.1 Giberelinas**

As giberelinas ou ácidos giberélicos são hormônios que estimulam a expansão celular, influenciando em várias etapas do desenvolvimento, como no alongamento do colmo, germinação, dormência, florescimento, expressão do gênero, indução enzimática e a senescência de flores e frutos (Bhatla & Lal, 2018).

Várias giberelinas podem ser encontradas nas plantas. Todos os ácidos giberélicos tecnicamente são ácidos diterpênicos e possuem 19 ou 20 átomos de carbono. Uma pequena parte dessas moléculas é ativa, normalmente estando associadas àquelas giberelinas que possuem 19 carbonos (Bhatla & Lal, 2018). Dentre os ácidos giberélicos ativos, se destacam a GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub>, sendo numerados na sequência cronológica de sua descoberta. Dessa forma, a GA<sub>1</sub> foi a primeira a ser identificada. A qual foi descoberta em extratos de sementes de feijão escarlate, no ano de 1958. Na maioria das espécies estudadas podem ser encontradas as GA<sub>1</sub> e/ou GA<sub>4</sub> (Taiz *et al.*, 2017).

Com exceção do radical, a diferença das GA<sub>1</sub> e GA<sub>4</sub>, em relação as GA<sub>3</sub> e GA<sub>7</sub>, é a presença de uma ligação dupla em uma de suas cadeias cíclicas não aromáticas. A diferença entre os radicais são a presença de hidroxila em GA<sub>1</sub> e GA<sub>7</sub> e presença de hidrogênio em GA<sub>3</sub> e GA<sub>4</sub> (Figura 1) (Taiz *et al.*, 2017).



**FIGURA 1.** Estrutura química das principais giberelinas ativas (GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub>) (Taiz *et al.*, 2017).

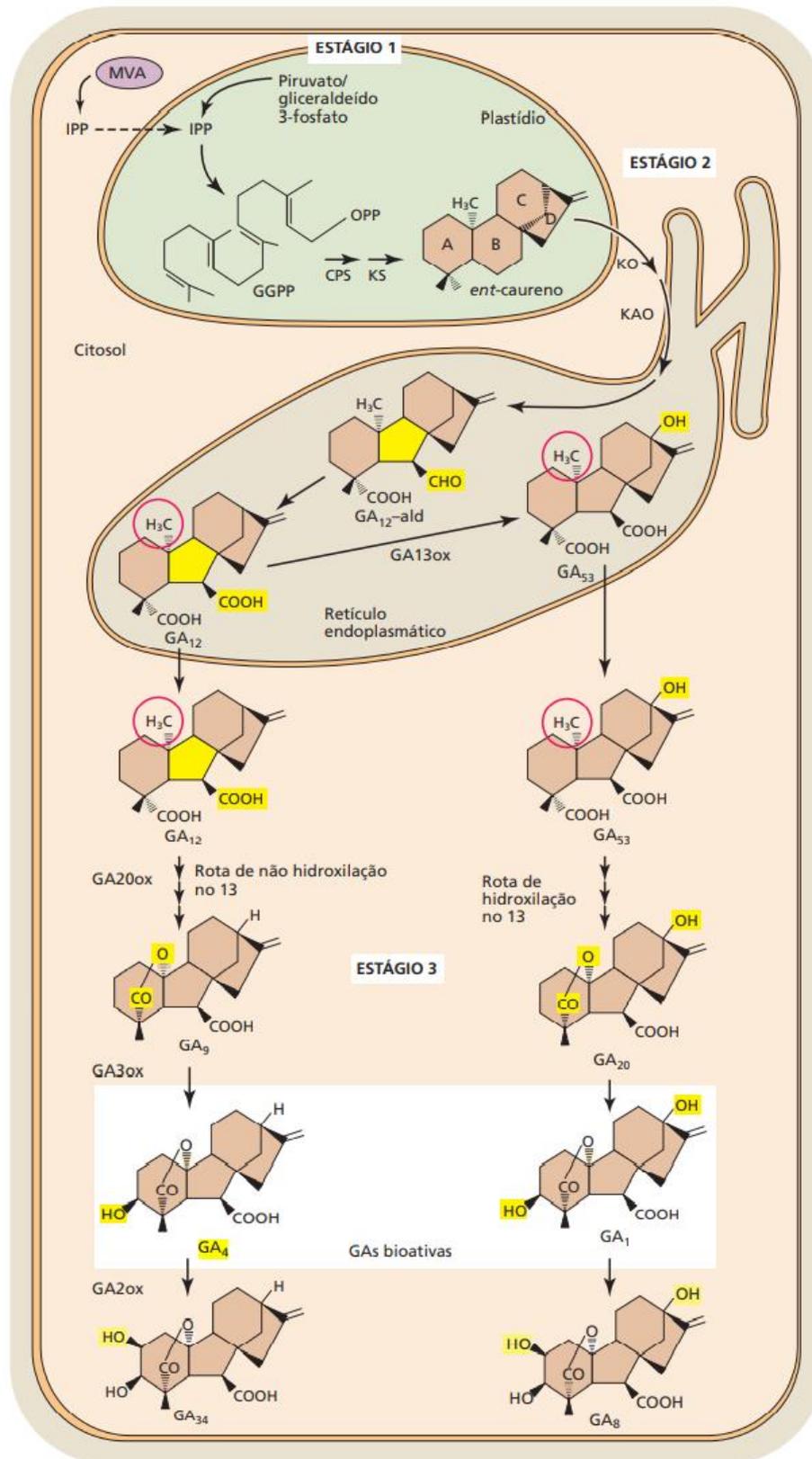
### 2.5.1.2 Biossíntese da giberelina

A biossíntese de giberelina é separada em três estágios conforme a natureza das enzimas envolvidas no processo e onde ele ocorre. Se inicia nos proplastídeos, através da ação de ciclases terpênicas, parte para o retículo endoplasmático, onde monooxigenases agem, e termina no citosol, com ação de dioxigenases (Rademacher, 2000).

No primeiro estágio da biossíntese de giberelina ocorre a síntese de uma molécula que contém 20 átomos de carbono e é chamada de geranyl geranyl difosfato (GGDP). Sua síntese ocorre a partir de gliceraldeído-3-fosfato e piruvato, posteriormente é convertida em *ent*-copalil difosfato e então em *ent*-caureno. As duas enzimas responsáveis por catalisar essas reações se localizam nos proplastídeos do meristema caulinar, não podendo ser encontradas em cloroplastos maduros desse meristema. Na segunda etapa, o *ent*-caureno é transportado para o retículo endoplasmático, onde é oxidado pela ação da enzima *ent*-caureno oxidase e convertido em ácido *ent*-caurenóico. Que, por sua vez, é transformado em GA<sub>12</sub>-aldeído pela enzima ácido *ent*-caurenóico oxidase e então em GA<sub>12</sub> (Figura 2) (Bhatla & Lal, 2018). A GA<sub>12</sub> é a primeira giberelina formada em todas as plantas já estudadas, e a partir de enzimas dioxigenases presentes no citosol, ocorre a oxidação dela em todas os demais ácidos giberélicos (Taiz *et al.*, 2017).

Caso ocorra ou não a hidroxilação do carbono 13, rotas distintas serão formadas para a síntese de diferentes giberelinas, chamadas de rotas da hidroxilação no C-13 (GA<sub>53</sub>) ou não hidroxilação no C-13 (GA<sub>12</sub>), respectivamente (Davies, 2004). Para haver sequência à rota da biossíntese de GA<sub>1</sub> é necessário que o carbono 13 da GA<sub>12</sub> seja hidroxilado para sua conversão em GA<sub>53</sub> (Taiz *et al.*, 2017).

Na terceira etapa, a enzima GA 20-oxidase é responsável por realizar sucessivas oxidações no carbono 20, ocasionando em sua perda na forma de CO<sub>2</sub>, durante a formação do esqueleto de GA-C<sub>19</sub>. A partir de rotas paralelas conduzidas por essa enzima, a GA<sub>12</sub> e GA<sub>53</sub> serão convertidas em GA<sub>9</sub> (H como radical) e GA<sub>20</sub>, (OH como radical), respectivamente. A 3β-hidroxilação catalisada pela enzima GA 3-oxidase sintetiza GA<sub>4</sub> e GA<sub>1</sub> como giberelinas ativas, em suas determinadas rotas, através da conversão respectiva de GA<sub>9</sub> e GA<sub>20</sub> (Davies, 2004).



**FIGURA 2.** Biossíntese da giberelina. MVA, ácido mevalônico; IPP, isopentenildifosfato; GGPP, geranylgeranildifosfato; CPS, *ent*-copalildifosfato sintase; KS, *ent*-caureno sintase; KO, *ent*-caureno oxidase; KAO, ácido *ent*-caurenoico oxidase; GA20ox, GA 20-oxidase; GA3ox, GA 3-oxidase; GA2ox, GA 2-oxidase; GA13ox, GA 13-oxidase (Taiz *et al.*, 2017).

### 2.5.2 Efeitos do trinexapaque-etílico sobre características agronômicas

O trinexapaque-etílico tem a função de reduzir o crescimento de diferentes espécies, como aveia, trigo e arroz, conseqüentemente, reduzindo a estatura, aumentando a resistência do colmo e decrescendo a propensão ao acamamento, sem prejudicar a produção de clorofila. Pode influenciar na partição dos fotoassimilados, sendo translocados para as estruturas reprodutivas, o que pode incrementar o tamanho das sementes, inclusive, o rendimento de grãos (Bazzo *et al.*, 2018; Corbin *et al.*, 2016; Heckman *et al.*, 2005).

Células de folhas tratadas com trinexapaque-etílico podem aumentar os seus níveis de carboidratos estruturais, como celulose, hemicelulose e lignina. Quatro semanas após o tratamento de folhas de *Poa pratensis* com o regulador de crescimento pode ser observada maior densidade das células do mesófilo (Ervin & Koski, 2001).

Na pesquisa realizada no estado do Paraná, Brasil, com quatro cultivares de aveia branca, a utilização de trinexapaque-etílico resultou na redução da estatura média de plantas de 104,7 cm para 89,5 cm e redução do número de grãos por panícula de 67,5 para 60,0. Enquanto o número médio de panículas por metro quadrado foi aumentado de 358,5 para 397,9. Pelo uso do regulador de crescimento, as cultivares IPR Afrodite, IPR Artemis e URS Corona apresentaram redução na estatura de 30,2 %, 32,2 % e 33,9 %, respectivamente. Porém, o mesmo não ocorreu com a cultivar URS Guria. O uso do princípio ativo resultou em redução do peso de mil grãos somente para a IPR Artemis, em 2,2 %. Mesmo com doses mais altas de nitrogênio, pode ser constatada redução da porcentagem de acamamento quando ocorreu a aplicação de trinexapaque-etílico. Enquanto o número de panículas foi 11 % superior com o uso de trinexapaque-etílico, o número de grãos por panícula foi reduzido em 11 %. O uso do regulador de crescimento proporcionou maior rendimento de grãos, sendo 65 % superior para URS Guria, 51 % para IPR Afrodite, 22 % para IPR Artemis e 14 % para URS Corona (Bazzo *et al.*, 2019). Bazzo *et al.* (2021), em um estudo envolvendo apenas IPR Artemis, demonstrou que o uso de trinexapaque-etílico causou a redução do peso do hectolitro dos grãos, em cerca de 7 %.

Hawerth *et al.* (2015) conduziram experimentos com aveia branca em três locais com condições edafoclimáticas distintas, Augusto Pestana e Capão do Leão, ambos situados no Rio Grande do Sul e Lages, localizado em Santa Catarina. Foram avaliadas três doses de trinexapaque-etílico (50, 100 e 150 g ha<sup>-1</sup>), além da testemunha, e duas doses de nitrogênio (30 e 90 kg ha<sup>-1</sup>), em duas épocas de aplicação (1º e 2º nó detectável). De forma geral, houve maior diferença para estatura entre épocas de aplicação no município de Lages, nos demais os resultados se mantiveram mais estáveis. Os autores observaram que a aplicação de trinexapaque-etílico nas doses de 100 a 150 g de ingrediente ativo por hectare reduziu a

estatura de plantas de aveia da cultivar Barbarasul, em alguns casos chegando próximo de uma redução de 50 % na estatura na maior dose. As intensidades de redução do acamamento variaram de acordo com o ambiente de teste. Porém, o rendimento de grãos não foi impactado, tanto nas maiores doses quanto com a não aplicação de trinexapaque-etílico, gerando médias sem diferença estatística.

Os estudos conduzidos por Wiersma *et al.* (2011) no estado americano de Minnesota, que buscavam avaliar as doses de 62,5, 92,3, 125 e 250 g ha<sup>-1</sup> de trinexapaque-etílico, além da testemunha em conjunto com as aplicações nos estádios fenológicos 30, 32 e 37 do trigo duro vermelho de primavera, demonstraram que sete dias após a aplicação, 5 % de injúria causada por fitotoxicidade pode ser observada na dose mais alta. Quando aplicado no estádio 30, a dose mais próxima da recomendada apresentou 1,1 % de injúrias. Aos quatorze dias após a aplicação, deixou de ser possível observar as injúrias. As plantas foram avaliadas em uma escala de 1 a 9, que representavam plantas totalmente acamadas a totalmente eretas, respectivamente. A aplicação da dose de 250 g ha<sup>-1</sup> no estádio 32, resultou em maior valor na escala utilizada, com média igual a 8,4. A dose de 92,3 g ha<sup>-1</sup> obteve média de 7,8, a qual não diferiu da média observada na maior dose de trinexapaque-etílico. A aplicação de trinexapaque-etílico nos estádios 30 e 32 não impactou o peso de grãos. Quando a aplicação foi realizada no estádio 37, a dose de 92,3 g ha<sup>-1</sup> apresentou a maior média de peso de grãos, 27,9 g 1000<sup>-1</sup>, no entanto, não diferiu dos demais tratamentos, com exceção da dose de 250 g ha<sup>-1</sup> que obteve a menor média correspondente a 25,8 g 1000<sup>-1</sup>. Considerando a média dos três momentos de aplicação, houve diferença estatística para a estatura de plantas. O tratamento sem trinexapaque-etílico induziu a produção de plantas mais altas, atingindo 91,1 cm. Enquanto os tratamentos com 92,3, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> induziram a redução da estatura para 86,5, 85,3, e 78,5 cm, respectivamente. A maior dose do regulador de crescimento causou a maior redução de estatura. A correlação da altura das plantas e da resistência do colmo com o acamamento no estádio 85 foi de -0,949 e -0,897, respectivamente. O conteúdo de lignina em detergente ácido apresentou correlação de 0,974 com a resistência do colmo.

No estado do Mississippi, nos Estados Unidos da América, Corbin *et al.* (2016) encontraram redução na altura de plantas de arroz conforme o aumento das doses de trinexapaque-etílico, aplicadas em estádio R1 e quatorze dias após o R1. Com aplicação de 48 g de i.a. ha<sup>-1</sup> foi observada estatura média de planta de 89 cm, já a dose de 24 g i.a. ha<sup>-1</sup> resultou em estatura média de 94 cm e a dose de 12 g i.a. ha<sup>-1</sup> em estatura de 99 cm, enquanto na testemunha, sem uso do regulador de crescimento, a estatura média foi de 102 cm. Para a porcentagem de acamamento, não houve diferença entre as duas maiores doses, apresentando médias de 0 e 1 % para as doses de 48 e 24 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Assim

como a dose de 12 g i.a. ha<sup>-1</sup> e a testemunha que também não apresentaram diferença significativa, com acamamento de 4 e 13 %, respectivamente. A testemunha apresentou maior severidade do acamamento, sendo de 1,5, em uma escala de 1 a 5. Conforme o aumento das doses foi ocorrendo, a severidade do acamamento foi reduzindo de 1,2, para 1,1 e 1,0. No entanto, o rendimento de grãos foi reduzido conforme as doses de trinexapaque-etílico foram aumentadas. Apresentando médias de 12.163, 11.823, 11.841 e 11.422 kg ha<sup>-1</sup>. O atraso na aplicação reduziu a estatura das plantas nas doses mais altas, mas prejudicou o rendimento de grãos, especialmente na maior dose. Na segunda época de aplicação, as doses de 24 e 48 g ha<sup>-1</sup> resultaram em redução das estaturas em 5,1 e 5,4 %, respectivamente. A produtividade na maior dose aplicada, com 14 dias de atraso na aplicação, foi reduzida em 7,3 % (Corbin *et al.*, 2016).

Pesquisando a aplicação de diferentes doses de nitrogênio (0, 45, 90 e 135 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia, e densidades finais de plantas (44, 60 e 75 plantas m<sup>-1</sup>), além do uso da dose de 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapaque-etílico na cultura do trigo, no estado brasileiro do Paraná, Zagonel *et al.* (2002) não observaram interação entre variáveis estudadas. Porém, os resultados para a presença de trinexapaque-etílico expressaram uma redução de 19,8 %, 27,3 %, 25,3 % e 18,2 % no comprimento do 1º, 2º e 3º entrenós expandidos e pedúnculo, respectivamente. A estatura das plantas, massa seca da parte aérea no florescimento e peso de mil grãos foram reduzidas em 19,3 %, 6,9 % e 7,1 % pela aplicação do regulador de crescimento. Todavia, o uso de trinexapaque-etílico tornou o diâmetro do colmo 6,0 % superior, as espigas por metro 8,6 %, grãos por espiga 3,1 % e rendimento de grãos 10,1 % mais alto que a ausência de seu uso.

Grande variação nos resultados foi observado por Zagonel & Fernandes (2007), quando estudaram os efeitos de trinexapaque-etílico em trigo, também no estado do Paraná, Brasil. Os autores utilizaram diferentes doses (31,2, 62,5, 93,7, 125,0 e 156 g ha<sup>-1</sup>) de trinexapaque-etílico, em conjunto com as aplicações nos estádios entre o 1º e 2º nó detectável e entre o 2º e 3º nó detectável em trigo, além das doses de 50 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de ureia. O clima não foi propício para a ocorrência de acamamento, sendo observado apenas na cultivar CEP-24, ou nas menores doses do regulador de crescimento e na sua ausência. O efeito da época de aplicação sobre a estatura de plantas foi diferente para cada cultivar. Para CD-105, Alcover e Vanguarda não houve diferença, para Ônix e Supera a primeira época de aplicação resultou em menor estatura, enquanto para OR-1, CD-104 e CEP-24 a segunda época foi mais eficiente em contribuir para o menor crescimento das plantas. A resposta da altura em função da dose foi linear para todas as cultivares, com exceção da cultivar Ônix. De modo geral, a redução de estatura entre a maior dose e a

ausência de aplicação foi em torno de 25 %. O ponto máximo na curva de rendimento de grãos foi obtido nas doses de 65,0 g i.a. ha<sup>-1</sup> para a cultivar OR-1; 81,3 g i.a. ha<sup>-1</sup> para CD-104 na época 2; 87,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> para CD105 na época 1; 87,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> para Alcover; 78,8 g i.a. ha<sup>-1</sup> para Ônix; 82,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> para Vanguarda na época 1; 76,3 g i.a. ha<sup>-1</sup> para Supera e 132,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> para CEP-24 na época 1 (Zagonel & Fernandes, 2007).

Transferindo sementes pré-germinadas para uma placa de vidro com suprimento nutricional, o qual foi levado à casa de vegetação, Rajala *et al.* (2002) avaliaram o efeito de doses (0, 0,1, 1, 10 e 50 vezes maiores que a dose recomendada) de reguladores de crescimento no crescimento radicular de aveia, trigo e cevada. Até a dose recomendada, não houve restrição do crescimento radicular, em qualquer das três espécies. Para o trigo a dose 10 vezes maior que a recomendada seguiu sem apresentar efeitos negativos, no entanto, em cevada houve entre 30 e 40 % de redução na velocidade de crescimento do sistema radicular, atingindo até 50 % em aveia. Quando foi aplicada dose 50 vezes maior que a dose recomendada o crescimento radicular foi extremamente retardado, principalmente em trigo. A maior dose de trinexapaque-etílico aumentou a taxa de produção de etileno nas raízes de trigo e aveia.

A maior parte dos trabalhos envolvendo a utilização de trinexapaque-etílico em aveia branca abrangem os últimos vinte anos. Suas avaliações contemplam uma série de caracteres agrônômicos, com foco no rendimento de grãos. componentes do rendimento e qualidade dos grãos, acamamento e caracteres morfológicos (Quadro 1).

QUADRO 1. Lista de artigos científicos sobre a utilização de trinexapaque-etílico em aveia branca (Adaptado de Souza *et al.*, 2021).

<b>Genótipo</b>	<b>Dose de trinexapaque-etílico (g i.a./ha)</b>	<b>Avaliações</b>	<b>País da pesquisa</b>	<b>Referência</b>
Val, Salo, Jama	NI*	Parte aérea e raiz	Finlândia	Rajala & Peltonen-Sainio (2001)
Veli; Pal	0; 9,5; 95; 950; 4750	Taxa de alongamento da raiz; taxa de produção de etileno	Finlândia	Rajala <i>et al.</i> (2002)

continuação QUADRO 1. Lista de artigos científicos sobre a utilização de trinexapaque-  
etílico em aveia branca (Adaptado de Souza et al., 2021).

Veli; Pal	75	Rendimento de grãos; estatura da planta; nº de perfilhos; peso dos perfilhos; peso da panícula; nº de grãos por panícula; peso do grão; acamamento; índice de colheita; peso do hectolitro	Finlândia	Rajala & Peltonen-Sainio (2002)
Akt; STH 4770; STH 7000	0; 100; 150	Rendimento de grãos; teor de minerais nos grãos	Polônia	Witkowicz <i>et al.</i> (2009)
Akt; STH 4770;	0; 100; 150	Rendimento de grãos; comprimento da panícula; densidade da panícula; nº grãos por panícula; comprimento dos entrenós; massa de mil grãos	Polônia	Witkowicz (2010)
UPF 15	0; 43,75; 87,5; 175	Estatura da planta; diâmetro do colmo; comprimento do pedúnculo; nº de grãos por panícula; produtividade de grãos; massa de mil grãos; peso do hectolitro	Brasil	Guerreiro & Oliveira (2012)
URS Guapa	0; 50; 100; 150	Estatura das plantas; diâmetro do colmo; nº de panícula por m <sup>2</sup> ; nº de sementes por panícula; acamamento; massa de mil grãos; produtividade de grãos; germinação; 1ª contagem germinação; condutividade elétrica; comprimento total, radicial e aéreo da plântula; massa verde e seca das plântulas; teste de envelhecimento acelerado; teste de frio sem solo; índice de velocidade de germinação; matéria seca das plântulas em campo; qualidade sanitária	Brasil	Kaspary <i>et al.</i> (2015)
Barbarasul	0; 50; 100; 150	Estatura da planta; acamamento; produtividade de grãos	Brasil	Hawerroth <i>et al.</i> (2015)
Barbarasul	0; 50; 100; 150	Rendimento de grãos; acamamento; índice de colheita; rendimento biológico; rendimento de palha	Brasil	Krysczun <i>et al.</i> (2017)
NI	0; 50; 100; 150	Rendimento de grãos; acamamento	Brasil	Marolli <i>et al.</i> (2017a)

continuação QUADRO 1. Lista de artigos científicos sobre a utilização de trinexapaquetílico em aveia branca (Adaptado de Souza et al., 2021).

NI	0; 50; 100; 150	Acamamento; produtividade de grãos; comprimento da panícula; nº de espiguetas por panículas; nº grãos e de espiguetas por panícula peso da panícula e de grãos por panícula; índice de colheita	Brasil	Marolli <i>et al.</i> (2017b)
NI	0; 50; 100; 150	Produção de biomassa; produtividade de grãos; acamamento	Brasil	Marolli <i>et al.</i> (2017c)
NI	0; 50; 100; 150	Rendimento de grãos; rendimento biológico; acamamento; índice de colheita	Brasil	Marolli <i>et al.</i> (2017d)
NI	0; 50; 100; 150	Rendimento biológico; acamamento	Brasil	Marolli <i>et al.</i> (2018)
IPR Afrodite; IPR Artemis; URS Corona; URS Guria	0; 100	Germinação; 1ª contagem da germinação; comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz; envelhecimento acelerado; condutividade elétrica; índice de velocidade de emergência; emergência de plântulas em areia; massa de mil grãos	Brasil	Bazzo <i>et al.</i> (2018)
URS Brava, URS Taura	1; 9,375	Crescimento	Brasil	Fipke <i>et al.</i> (2019)
IPR Afrodite, IPR Artemis, URS Corona, URS Guria	0; 100	Rendimento de grãos, acamamento, qualidade de grão	Brasil	Bazzo <i>et al.</i> (2019)
IPR Afrodite	0; 100	Qualidade de grão	Brasil	Bazzo <i>et al.</i> (2020)
IPR Afrodite	0; 100 ou 125	Rendimento de grãos, rendimento industrial, qualidade de grãos	Brasil	Bazzo <i>et al.</i> (2021)

NI: Não informado.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local de condução do experimento**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade do Rio Grande do Sul (UFRGS). A qual se localiza no município de Eldorado do Sul, pertencente a região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Suas coordenadas geográficas são 30°05'52" de latitude sul e 51°39'08" de longitude oeste. Sua altitude é de 46 metros acima do nível do mar.

Conforme a classificação de Köppen-Geiger, a região a qual a EEA/UFRGS pertence, possui clima do tipo Cfa, subtropical úmido (Moreno, 1961). O solo, onde os experimentos foram conduzidos, é caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Santos *et al.*, 2018).

### **3.2 Genótipos utilizados**

Na condução do experimento, foram utilizados dez genótipos de aveia branca. Seis deles são cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS, dois são variedades lançadas pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e os outros dois são linhagens endogâmicas desenvolvidas pela UFRGS.

Propositalmente, os genótipos que compuseram esse experimento foram selecionados pelas suas diferenças de resistência para o acamamento e estatura. Na Tabela 1 é apresentada a lista de genótipos utilizados no experimento, com informações sobre seu ano de registro, estatura e classificação preliminar de resistência ao acamamento.

TABELA 1. Genótipos utilizados no experimento, ano de registro, estatura e resistência ao acamamento.

<b>Genótipo</b>	<b>Ano de registro*</b>	<b>Estatura</b>	<b>Resistência ao acamamento</b>
UFRGS 127013-1	Linh. exp. <sup>§</sup>	Média	Altamente suscetível
UFRGS 146171-1	Linh. exp.	Baixa	Altamente suscetível
URS Charrua	2010	Muito alta	Suscetível
URS Corona	2012	Média	Suscetível
IPR Artemis	2016	Baixa	Moderadamente suscetível
URS Brava	2014	Alta	Moderadamente suscetível
IPR Afrodite	2012	Média	Moderadamente resistente
URS Altiva	2015	Alta	Moderadamente resistente
URS Monarca	2019	Baixa	Resistente
URS Taura	2009	Baixa	Altamente resistente

\* Ano de registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC), Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasil.

<sup>§</sup> Linh. exp.: linhagem endogâmica experimental, não lançada comercialmente.

### 3.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido nas safras de inverno de 2020 e 2021, em duas épocas de semeadura em cada ano. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, em parcelas subdivididas. O experimento possuiu arranjo fatorial com dois fatores, onde um dos fatores foi representado pelos genótipos de aveia branca, alocados nas subparcelas, e o segundo fator foi as seis doses de trinexapaque-etílico (0, 50, 75, 100, 125 e 150 g i.a. ha<sup>-1</sup>), alocado nas parcelas principais. As doses de 100 e 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> de trinexapaque-etílico representam as doses mínima e máxima recomendadas pelo fabricante, que correspondem a 400 e 500 ml do produto comercial Moddus®, utilizado nos experimentos.

Cada unidade experimental possuiu 5 m<sup>2</sup>, cada uma sendo constituída por cinco linhas de semeadura de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,2 m entre linhas. As unidades experimentais foram espaçadas 0,40 m entre si.

A semeadura da primeira época de 2021 foi postergada, relativo à 2020, devido as condições climáticas desfavoráveis observadas em junho daquele ano. Mesmo com todos os cuidados, as cultivares URS Taura e URS Monarca apresentaram um baixo estande de plantas nessa época devido à baixa germinação das suas sementes. Na época seguinte, as sementes dessas cultivares foram substituídas.

TABELA 2. Data da semeadura, emergência, primeira e segunda aplicação de ureia nas duas épocas de cultivo das safras 2020 e 2021.

Safra	Época	Semeadura	Emergência	1ª ureia	2ª ureia
2020	1	04/06/2020	11/06/2020	03/07/2020	29/07/2020
2020	2	10/07/2020	20/07/2020	04/08/2020	02/09/2020
2021	1	16/06/2021	25/06/2021	16/07/2021	09/08/2021
2021	2	13/07/2021	20/07/2021	11/08/2021	31/08/2021

O experimento foi semeado em sistema de plantio direto, tendo a soja como cultura anterior. A densidade de semeadura foi de 300 sementes aptas por m<sup>2</sup>. A adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-20-20 de NPK em 2020 e 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15 em 2021. A adubação de nitrogênio em cobertura, na forma de ureia, foi de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, em 2020, e 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, em 2021, divididas em duas doses iguais, aplicadas por ocasião da emissão da quarta e da sexta folhas. A adubação utilizada, tanto de base como de cobertura, tem por objetivo alcançar rendimento de grão elevado, próximo ao potencial genético das cultivares, para os ambientes de cultivo.

A aplicação do regulador de crescimento foi realizada com o auxílio de um equipamento pulverizador costal, com bomba acionada por motor elétrico, alimentado por bateria, permitindo pressão constante durante a aplicação. Foi utilizada barra de aplicação com um conjunto de dois bicos de tipo leque espaçados em 0,5 m, utilizando-se volume de calda igual a 200 litros ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada quando cada genótipo apresentou o primeiro nó visível e o segundo nó detectável, entre os estágios GS31 e GS32, da escala de Zadoks *et al.* (1974). Durante a aplicação foi utilizada uma cortina de lona plástica, separando a unidade experimental sendo tratada daquela que se localiza de forma adjacente, na direção do vento, para evitar a contaminação de outras parcelas por deriva.

O controle de doenças fúngicas foi realizado através da aplicação de fungicida sempre que os primeiros sintomas eram observados. O controle de plantas daninhas foi feito de forma manual.

### 3.4 Avaliações realizadas

Durante a realização dos experimentos foram avaliadas 12 características de planta e de grãos, em condições de campo e laboratório, tanto durante a condução das plantas a campo como após a colheita dos grãos das unidades experimentais. Essas características são descritas abaixo.

- Florescimento: considerado como a data em que cerca de 50 % das plantas (colmos principais e afilhos), de cada unidade experimental, apresentam 50 % da panícula exposta para fora da bainha da folha bandeira.

- Dimensão dos entrenós expandidos: no florescimento, entre os estádios GS55 e GS59 da escala de Zadoks *et al.* (1974), cinco plantas foram coletadas em cada unidade experimental. Em laboratório, as bainhas das folhas foram removidas dos colmos principais de cada planta e cada entrenó expandido foi avaliado, com exceção do pedúnculo da panícula. Cada entrenó expandido, com auxílio de uma régua, teve o seu comprimento medido em milímetros. Com o auxílio de um paquímetro digital, o diâmetro mais estreito de cada entrenó expandido foi mensurado com uma medição em seu centro. Em seguida, foi realizado um corte em bisel no centro dos entrenós e a espessura da parede do colmo foi determinada na ponta formada por esse corte. Isso permitiu que o paquímetro fosse posicionado com maior facilidade e a maior área de amostragem evitasse que a parede do colmo fosse pressionada, deformada e a medição fosse imprecisa. As medições com o paquímetro digital foram expressas em centésimos de milímetros. Metodologia adaptada de Argenta *et al.* (2022).

- Comprimento do pedúnculo e da panícula: quando o crescimento das plantas cessou, os comprimentos do pedúnculo (entrenó localizado abaixo da panícula) e da panícula foram determinados, em milímetros. Em cada unidade experimental foram mensurados colmos principais de cinco plantas. Essa avaliação foi realizada no estádio GS80 na escala de Zadoks *et al.* (1974).

- Índice de acamamento (IA): o acamamento foi avaliado ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, considerando-se, para fins de análise, os valores observados durante o enchimento de grãos, nos estádios entre massa mole e massa dura dos grãos, quando o acamamento atingiu seu máximo. A avaliação do índice de acamamento foi feita através de uma modificação do método belga de determinação do acamamento (Moes & Stobbe, 1991). Frequentemente o acamamento é heterogêneo dentro de uma determinada área, havendo distinção entre o ângulo de acamamento das plantas dentro da mesma. A avaliação de acamamento consistiu na estratificação das unidades experimentais em secções onde o acamamento era mais homogêneo, quanto ao ângulo de acamamento das plantas. Dentro de cada secção foram realizadas duas medidas capazes de descrever o acamamento observado: i) área da secção acamada (ASA), ou seja, a área da unidade experimental em que as plantas apresentaram o colmo curvado, sob determinado ângulo, relativo à área total da unidade experimental; ii) ângulo de curvatura (ACS) do colmo das plantas, em relação à posição vertical do colmo (perpendicular ao solo), dentro de cada secção da unidade

experimental. As duas medidas realizadas foram utilizadas para calcular o índice de acamamento dentro de cada secção da parcela, que varia entre zero (sem acamamento) e 100 (completamente acamado). A soma dos resultados de cada secção resultou no índice de acamamento (IA) da unidade experimental, conforme a fórmula abaixo.

$$IA = \sum \{ [(ACS / 90) * (ASA / 100)] * 100 \}$$

- Estatura: avaliada com régua de madeira, onde foi medida a distância do solo até a altura média das plantas localizadas em cada ponto da unidade experimental. Ela foi estimada em dois estádios fenológicos, no estádio GS31, logo antes da aplicação do regulador de crescimento, e no estádio GS90, na maturação, da escala de Zadoks *et al.* (1974). A estatura foi determinada em pelo menos dois pontos da unidade experimental, sendo a média dessas medidas considerada como a estatura daquela unidade.

- Índice de colheita: dado pela razão entre massa de grãos e massa seca total aparente, ou seja, acima do solo. Na maturação fisiológica, as plantas de 1 m linear, de linha de semeadura interna de cada unidade experimental, foram cortadas na altura do solo e coletas em sacos individuais. A massa verde foi levada à estufa de circulação de ar forçada, com temperatura aproximada de 60 °C. Ao atingirem peso constante, as plantas foram pesadas. Após isso, seus grãos foram trilhados, voltaram para a estufa e posteriormente, foram pesados.

- Rendimento de grãos: na semana em que foi realizada a colheita da amostra para determinar o índice de colheita, os grãos de cada unidade experimental, totalizando 4,8 m<sup>2</sup>, foram colhidos com o auxílio de uma colhedora de parcelas experimentais modelo Classic, da marca Wintersteiger. Os grãos colhidos repousaram por algumas semanas em local arejado, à temperatura e umidade ambiente. Uma amostra dos grãos foi coletada para a determinação de umidade. Ao ser verificada que a umidade de diferentes tratamentos estava semelhante, os grãos de cada unidade experimental foram pesados.

- Peso hectolitro: a partir dos grãos colhidos de cada unidade experimental, após a determinação do rendimento de grãos, retirou-se uma amostra de grãos, que foram despontados, com auxílio de um desaristador de aveia. A amostra foi em seguida limpa por abano manual, com auxílio de peneira e ventilador. A partir da amostra de grãos limpa foi determinado o peso hectolitro de cada unidade experimental. Para tanto, foi utilizada uma balança para determinação do peso do hectolitro, que consiste em um cilindro com volume de 250 ml, que permite acomodação controlada e uniforme dos grãos nesse cilindro. Os grãos contidos nesse volume foram pesados e o valor obtido foi transformado para o peso do hectolitro (kg hl<sup>-1</sup>), através da fórmula abaixo.

Peso do hectolitro =  $-3,50018066847295 + [(massa\ amostra\ 250\ g) * 0,42543360433604]$

Os valores da equação acima foram obtidos através da regressão linear dos valores da tabela de conversão do peso do hectolitro de aveia, fornecida pelo fabricante da balança para medição do peso do hectolitro.

- Número de espiguetas por panícula: após a maturação fisiológica, foram coletadas cinco panículas de colmos principais, de cada unidade experimental. Em laboratório, o número de espiguetas de cada panícula foi contado, estimando-se a média por unidade experimental.

- Número e grãos por panícula: as panículas utilizadas para a determinação do número de espiguetas foram trilhadas manualmente com o auxílio de uma secção de câmara de pneu de bicicleta, com cerca de 30 cm de comprimento. As panículas eram colocadas individualmente dentro desse cilindro de borracha, através de fricção, seus grãos eram trilhados e com o auxílio de um secador de cabelos os restos de palha eram removidos da amostra. As amostras limpas eram submetidas a contagem dos grãos, sendo definido o número de grãos por panícula e média por unidade experimental.

- Peso dos grãos por panícula: posteriormente a limpeza das amostras dos grãos das panículas individuais, e de sua contagem, os grãos foram pesados em balança analítica, com quatro casas decimais.

- Massa de mil grãos: estimado através da relação entre peso dos grãos com o número de grãos de cada panícula avaliada individualmente, sendo então estimada a média por unidade experimental. De acordo com a fórmula abaixo.

Peso de mil grãos =  $\text{Peso de grãos} / \text{Número de grãos} * 1000$

### **3.5 Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram tabelados e submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para que sua distribuição normal fosse avaliada. Quando esse teste indicou que os dados não apresentavam distribuição normal e, conseqüentemente, não se adequavam ao modelo paramétrico, eles foram analisados pelo teste de Krukall-Wallis, com análise de comparações múltiplas através do teste de Dunn. Caso contrário, os dados foram submetidos a análise de variância, conforme o desenho de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, utilizando-se o pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2011), através do procedimento “PROC GLM”. A análise de variância foi realizada dentro de anos e épocas de semeadura, assim como a análise conjunta entre épocas de semeadura, dentro de cada ano, além da análise conjunta considerando ambos anos e épocas de semeadura.

Foram determinados se os dados possuem normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade das variâncias pelo teste de Bartlett, para então continuar com as análises estatísticas. Para os efeitos que houve diferenças estatísticas, de acordo com o teste  $F$  da análise da variância, foi realizado teste de comparação de médias de Duncan, ao nível de 5 % de significância. Quando as interações foram significativas, as médias foram comparadas duas a duas pelo Teste  $t$  de Student, também ao nível de 5 % de probabilidade.

Com base em resultados preliminares de rendimento de grãos e índice de acamamento, a segunda época foi removida das análises e os genótipos foram estratificados em resistentes e suscetíveis ao acamamento. As análises foram repetidas sendo interpretadas as significâncias de ano de cultivo, dose de aplicação de trinexapaque-etílico e genótipo e suas interações, dentro de cada classe de resistência ao acamamento.

Os dados de todos os caracteres avaliados, com exceção do comprimento, diâmetro e espessura da parede dos entrenós expandidos, foram submetidos a análise de correlação de Spearman, que estimava o grau de dependência dos postos, ou seja, da ordem dos diferentes caracteres avaliados. Essa análise foi realizada através do procedimento PROC CORR, opção SPEARMAN, no pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2011).

## 4 RESULTADOS

Os genótipos de aveia branca foram avaliados em função da dose de aplicação de trinexapaque-etílico em diferentes ambientes. Os resultados obtidos foram estratificados e serão apresentados em quatro grupos: 1) índice de acamamento; 2) caracteres relacionados ao rendimento de grãos; 3) dias da emergência ao florescimento e estatura de planta; 4) morfologia dos entrenós expandidos.

### 4.1 Índice de acamamento

Os dados do índice de acamamento (IA) foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para que sua normalidade fosse analisada. Nos anos que as avaliações foram realizadas, não ocorreram condições meteorológicas favoráveis o suficiente para que o acamamento se manifestasse de forma clara. Em muitos casos, no mesmo tratamento, existiam unidades experimentais com boa parte da sua área acamada, enquanto existiam aquelas em que não havia qualquer indício de acamamento. Tal fato fez com que algumas unidades experimentais, do mesmo genótipo e dose de regulador de crescimento, apresentassem ‘zero’ como seu valor de índice de acamamento calculado e outras que apresentassem valores elevados. Dessa forma o acamamento não apresentou distribuição normal e não foi possível dar continuidade aos testes de comparação de médias. Apesar disso, o teste de Kruskal-Wallis foi aplicado aos dados do índice de acamamento da primeira época de semeadura de cada ano, devido à falta de acamamento apresentada na segunda época.

Apesar do experimento não sofrer problemas tão severos de acamamento, através do teste de Kruskal-Wallis foi possível identificar diferenças estatísticas entre as médias de índice de acamamento (IA), dentro de dose, ano e genótipo. O teste de Dunn foi aplicado para realizar comparações múltiplas de médias e identificar quais tratamentos diferiram entre si.

Através dessas análises foi possível observar que a média geral de IA da primeira época semeadura de 2020 foi significativamente superior à média geral de IA da primeira época de 2021, de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, cuja probabilidade foi de  $1,082e^{-05}$ . Ao serem observados os resultados apresentados em forma de boxplot é indicando que o

primeiro ano apresentou condições ambientais mais propensas a ocorrência de acamamento, por apresentar maiores valores do IA (Figura 3).

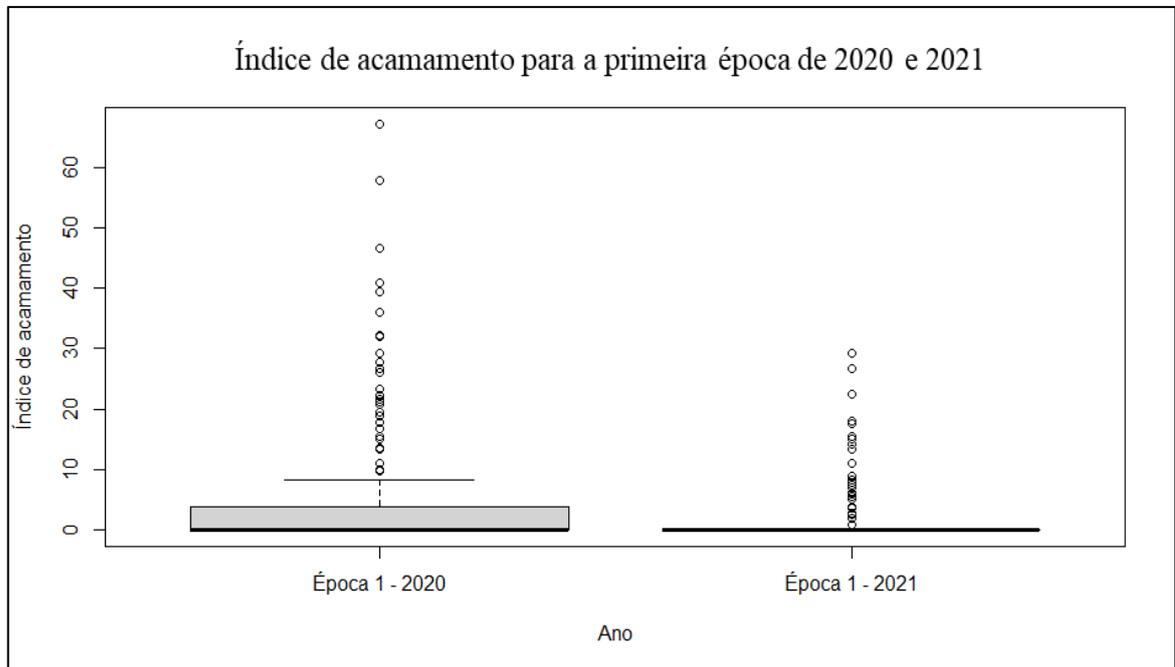


FIGURA 3. Boxplot do índice de acamamento observado na primeira época de semeadura de 2020 e 2021, na média de dez genótipos de aveia branca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico.

A não aplicação de TE resultou em IA mais alto, na média geral de genótipos e anos de avaliação, diferindo estatisticamente de todos os demais tratamentos. As aplicações contendo 100, 125 e 150 g i.a./ha de TE resultaram nas menores médias gerais do IA, resultando em redução considerável da intensidade do acamamento (Figura 4 e Quadro 1).

A análise do IA por genótipo identificou alguns que foram mais suscetíveis ao acamamento. A cultivar URS Charrua apresentou a maior média de IA, se destacando da maioria dos genótipos (Quadro 2 e Figura 5). Os genótipos UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1, que foram incluídos neste estudo pelo conhecimento prévio de suas suscetibilidades ao acamamento, confirmaram as expectativas e tiveram IA superior a maioria dos demais genótipos, com exceção de URS Charrua e URS Corona. Esse último genótipo foi o quarto mais suscetível ao acamamento, não diferindo estatisticamente de IPR Artemis (Quadro 2 e Figura 5). Em contrapartida, os genótipos mais resistentes ao acamamento foram URS Monarca, URS Taura, IPR Afrodite, URS Brava e URS Altiva, que não diferiram entre si, quanto as médias gerais do IA (Quadro 2 e Figura 5).

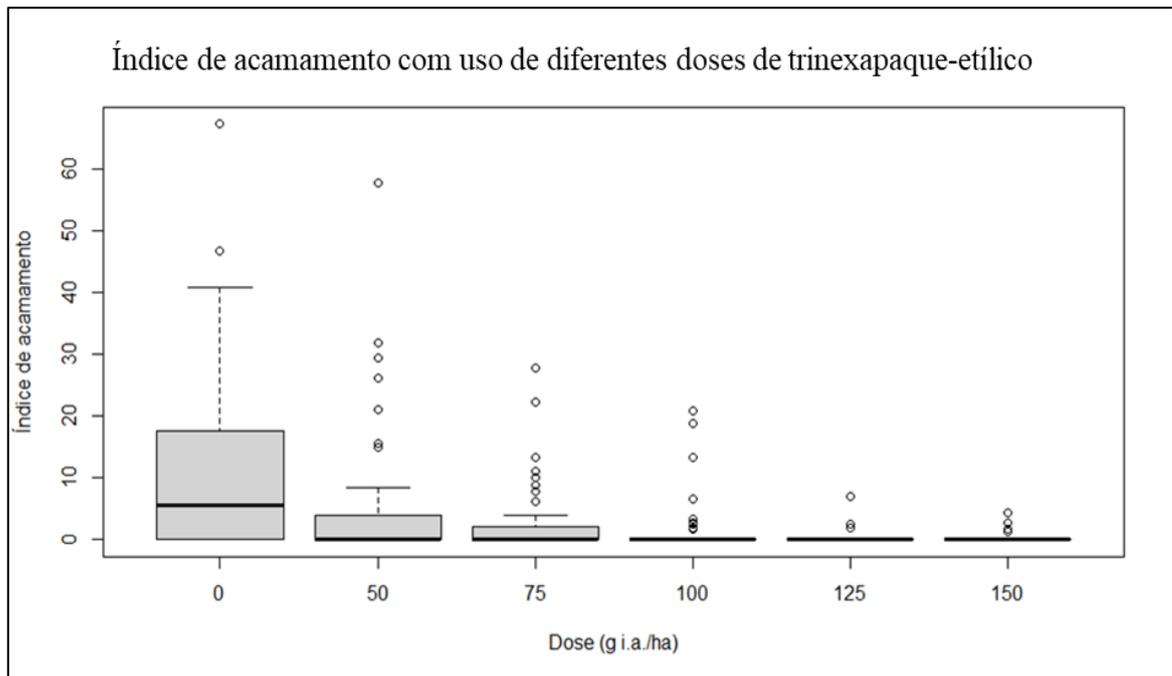


FIGURA 4. Boxplot do índice de acamamento com o uso de seis doses de trinexapaque-etílico, na média de dez genótipos de aveia branca, cultivados na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.

QUADRO 2. Teste de Dunn para índice de acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na média de dez genótipos de aveia branca cultivados na primeira época semeadura de 2020 e 2021.

Dose (g i.a./ha)	0	50	75	100	125
50	0,00022*	-	-	-	-
75	3,3e-06*	0,76255	-	-	-
100	6,5e-11*	0,04950 *	0,3869	-	-
125	2,3e-15*	0,00066*	0,01474*	0,71022	-
150	6,7e-15*	0,00105*	0,02033*	0,71022	0,8913

\* Indica diferença significativa entre a média das doses de trinexapaque-etílico que se inter cruzam naquela célula.

Os resultados do IA de alguns genótipos apresentaram divergências em relação ao conhecimento prévio que se tinha sobre a resistência ao acamamento (Tabela 1). A principal diferença foi encontrada ao avaliar a cultivar URS Charrua. Esse genótipo se mostrou o mais suscetível ao acamamento no presente trabalho. No entanto, antes essa cultivar foi classificada como moderadamente suscetível ao acamamento.

Os genótipos foram classificados conforme a sua resistência ao acamamento com base nos resultados obtidos no presente trabalho. IPR Artemis, UFRGS 127013-1, UFRGS 146171-1, URS Charrua e URS Corona foram os genótipos classificados como suscetíveis

ao acamamento, enquanto IPR Afrodite, URS Altiva, URS Brava, URS Monarca e URS Taura foram classificados como resistentes ao acamamento.

QUADRO 3. Teste de Dunn para o índice de acamamento de dez genótipos de aveia branca, na média de seis doses de trinexapaque-etílico, cultivados na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.

Genótipo	URS Charrua	UFRGS 146171-1	UFRGS 127013-1	URS Corona	IPR Artemis	URS Altiva	URS Brava	IPR Afrodite	URS Taura
URS Charrua	-	0,09094	<b>0,00204*</b>	<b>0,00034*</b>	<b>0,00023*</b>	<b>1,30e-06*</b>	<b>6,10e-09*</b>	<b>1,30e-08*</b>	<b>3,00e-09*</b>
UFRGS 146171-1	0,09094	-	0,16346	0,0582	<b>0,04593*</b>	<b>0,00167*</b>	<b>3,70e-05*</b>	<b>6,40e-05*</b>	<b>2,2e-05*</b>
UFRGS 127013-1	<b>0,00204*</b>	0,16346	-	0,61664	0,54687	0,08024	<b>0,00633*</b>	<b>0,00925*</b>	<b>0,00442*</b>
URS Corona	<b>0,00034*</b>	0,0582	0,61664	-	0,91888	0,21179	<b>0,02576*</b>	<b>0,03554*</b>	<b>0,01898*</b>
IPR Artemis	<b>0,00023*</b>	<b>0,04593*</b>	0,54687	0,91888	-	0,25145	<b>0,03334*</b>	<b>0,04547*</b>	<b>0,02482*</b>
URS Altiva	<b>1,30e-06*</b>	<b>0,00167*</b>	0,08024	0,21179	0,25145	-	0,32652	0,39339	0,27249
URS Brava	<b>6,10e-09*</b>	<b>3,70e-05*</b>	<b>0,00633*</b>	<b>0,02576*</b>	<b>0,03334*</b>	0,32652	-	0,89842	0,9075
IPR Afrodite	<b>1,30e-08*</b>	<b>6,40e-05*</b>	<b>0,00925*</b>	<b>0,03554*</b>	<b>0,04547*</b>	0,39339	0,89842	-	0,80735
URS Taura	<b>3,00e-09*</b>	<b>2,2e-05*</b>	<b>0,00442*</b>	<b>0,01898*</b>	<b>0,02482*</b>	0,27249	0,9075	0,80735	-
URS Monarca	<b>2,20e-09*</b>	<b>1,80e-05*</b>	<b>0,00375*</b>	<b>0,0165*</b>	<b>0,02169*</b>	0,25057	0,86672	0,76762	0,95882

\* Indica diferença significativa entre a média dos genótipos que se inter cruzam naquela célula.

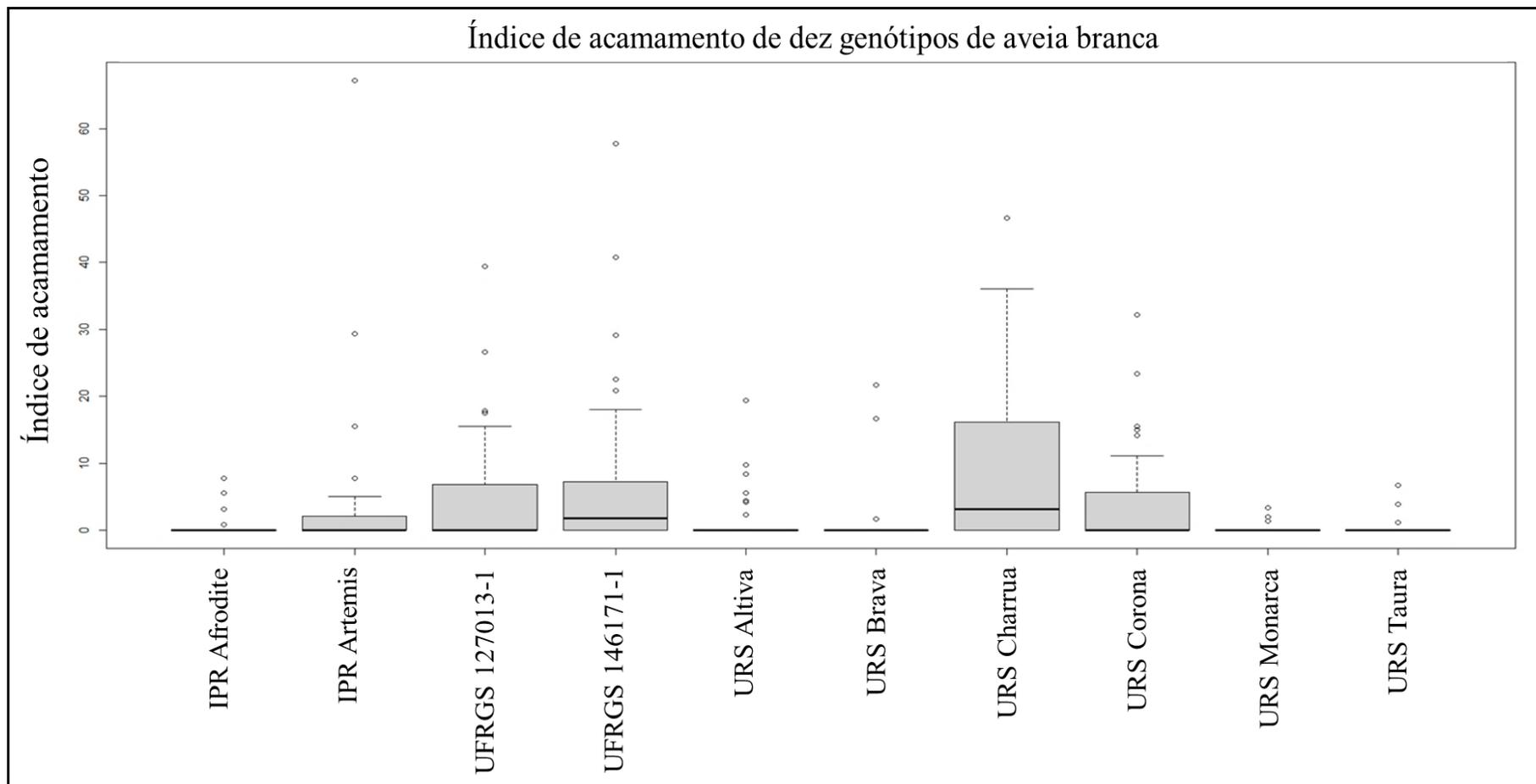


FIGURA 5. Boxplot do índice de acamamento de dez genótipos de aveia branca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, cultivadas na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.

## 4.2 Caracteres relacionados ao rendimento de grãos

Os caracteres avaliados relacionados ao rendimento de grãos foram submetidos à análise de variância. São eles o rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), número de espiguetas por panícula (NEP), número de grãos por espiguetas (NGE), massa de mil grãos (MMG) e índice de colheita (IC). Essas avaliações foram realizadas nas duas épocas de semeadura, de cada ano de avaliação, em dez genótipos de aveia branca, tratadas com cinco doses de trinexapaque-etílico (TE), além do tratamento testemunha, constituído pela ausência da aplicação do regulador de crescimento.

Os dados do índice de colheita coletados no ano de 2021 foram descartados devido a um problema de medição causado pelo mau funcionamento da balança utilizada.

Inicialmente a análise de variância foi realizada de acordo com o desenho experimental completo, incluindo época de semeadura como uma das causas de variação. A análise de variância identificou diferenças estatísticas para os caracteres associados ao rendimento de grãos. Para o caráter RG a interação quádrupla “ano x dose x época x genótipo” foi significativa, além de outras duas interações duplas, ambas envolvendo época de semeadura. Pode-se notar que a época de semeadura foi a principal fonte de variação para o RG (Tabela 3).

Quando as médias de RG foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as épocas de semeadura, dentro de cada ano, foi encontrada uma redução de 22,8 % do rendimento de grãos na segunda época de semeadura de 2020 em relação à primeira época de 2020. Considerando os resultados de 2021, a redução no rendimento de grãos atingiu 24,4 % quando a segunda época de semeadura foi comparada à primeira época (Figura 6). Dessa forma a segunda época de semeadura se mostrou uma época pouco indicada para semeadura da aveia branca por reduzir o caráter de maior interesse nessa cultura, juntamente com a qualidade física dos grãos.

TABELA 3. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres relacionados ao rendimento de grãos, em dez genótipos aveia branca, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, em duas épocas de semeadura e dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Causas da variação <sup>§</sup>	Caracteres relacionados ao rendimento <sup>†</sup>						
	RG	PH	NEP	NGP	NGE	MMG	IC
<b>A</b>	N.S. <sup>£</sup>	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	-
<b>D</b>	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	**
<b>E</b>	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**
<b>G</b>	N.S.	**	N.S.	**	**	*	**
<b>A x D</b>	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-
<b>A x E</b>	N.S.	*	**	**	N.S.	N.S.	-
<b>A x G</b>	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	-
<b>D x E</b>	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
<b>D x G</b>	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	**
<b>E x G</b>	N.S.	N.S.	**	**	*	N.S.	**
<b>A x D x E</b>	*	**	N.S.	N.S.	*	N.S.	-
<b>A x D x G</b>	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	-
<b>A x E x G</b>	**	**	**	**	**	**	-
<b>D x E x G</b>	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.
<b>A x D x E x G</b>	*	N.S.	N.S.	N.S.	**	*	-
<b>C.V. (%)<sup>‡</sup></b>	7,97	2,55	9,54	10,32	4,46	4,51	6,87

<sup>§</sup> A = anos de avaliação; D = doses de trinexapaque-etílico; E = épocas de semeadura; G = genótipos de aveia.

<sup>†</sup> RG = rendimento de grãos; PH = peso hectolitro; NEP = número de espiguetas por panícula; NGP = número de grãos por panícula; NGE = número de grãos por espiguetas; MMG = massa de mil grãos; IC = índice de colheita.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

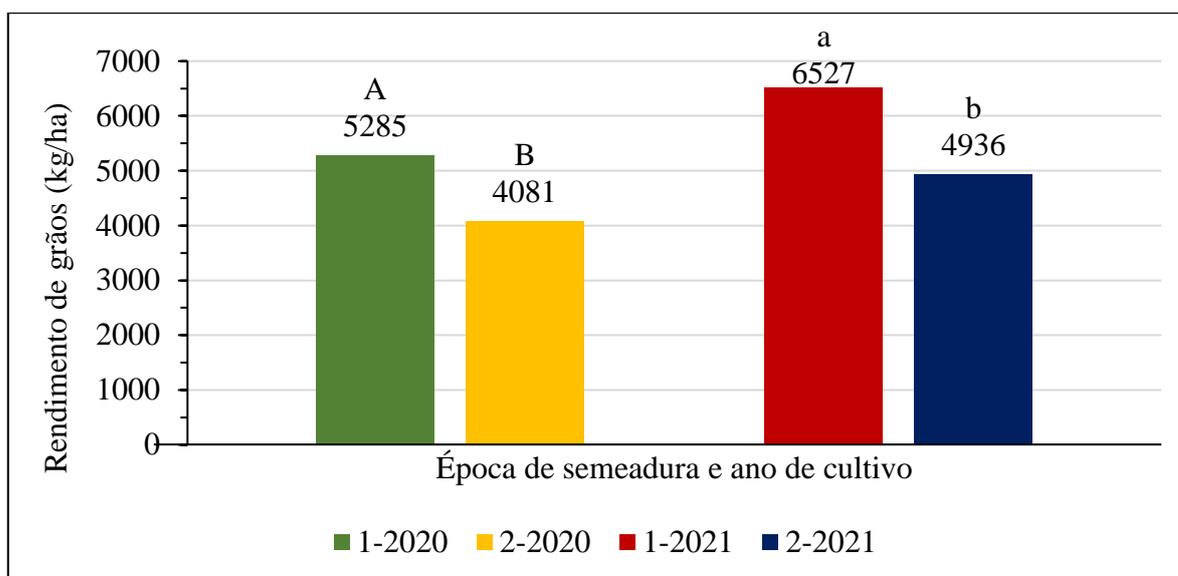


FIGURA 6. Rendimento de grãos, na média de dez genótipos de aveia branca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, em duas épocas de semeadura de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas e minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade, dentro do ano de 2020 e 2021, respectivamente.

Em razão do menor RG na segunda época de semeadura, associado com a ausência de acamamento nesta época de semeadura, optou-se por remover essa época de semeadura das análises seguintes e utilizar a estratificação dos genótipos conforme sua classe de acamamento.

A análise de variância para o rendimento de grãos e demais caracteres foi repetida sem a presença da segunda época de semeadura, permitindo que a interação máxima possível seja a interação tripla, entre “ano x dose x genótipo”, dentro da classe de acamamento, representada pelo grupo de genótipos previamente estratificados pelo seu comportamento em relação ao índice de acamamento.

Diferenças entre as significâncias do teste  $F$  foram encontradas entre as classes de acamamento de um mesmo caráter (Tabela 4). A interação tripla entre “ano x dose x genótipo” foi significativa para os caracteres PH, NGE e MMG, apenas dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento. Para os caracteres RG, NGP e IC a interação significativa, de maior grau, foi a interação dupla entre “dose x genótipo”, também dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento. Dentro da classe de genótipos resistentes ao acamamento, foi identificada interação dupla significativa entre “ano x dose” apenas para o caráter NGE. Para as médias de PH, de ambas as classes resistência ao acamamento, e para as médias de rendimento de grãos, dentro da classe de plantas suscetíveis ao acamamento, foi identificada diferença estatística entre as doses de aplicação de TE, embora esse efeito

principal, de modo isolado, não possa ser analisado, em função das interações significativas que englobam o efeito dose de TE.

NEP não apresentou diferenças estatísticas em função da dose de aplicação de TE, tanto para essa causa de variação como fator principal ou na sua interação com ano ou genótipo. Devido a isso, seus resultados não serão apresentados. Assim como não serão explorados os resultados que envolvem diferenças estatísticas entre anos, genótipos ou a interação desses dois fatores, uma vez que se encontram fora ao escopo dessa dissertação.

TABELA 4. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres relacionados ao rendimento de grãos, dentro das classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caracteres <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>								C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	A	D	G	A*D	A*G	D*G	A*D*G	
RG	R	N.S. <sup>£</sup>	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	7,14
	S	**	*	N.S.	N.S.	**	*	N.S.	7,33
PH	R	N.S.	**	**	N.S.	**	*	N.S.	2,11
	S	N.S.	**	*	N.S.	**	*	*	2,18
NEP	R	**	N.S.	*	N.S.	**	N.S.	N.S.	9,44
	S	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	10,27
NGP	R	**	N.S.	*	N.S.	*	N.S.	N.S.	10,2
	S	**	N.S.	*	N.S.	**	*	N.S.	11,13
NGE	R	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	4,24
	S	N.S.	N.S.	**	N.S.	*	*	**	4,96
MMG	R	N.S.	N.S.	*	N.S.	**	N.S.	N.S.	4,47
	S	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	**	5,08
IC	R	-	N.S.	**	-	-	N.S.	-	8,51
	S	-	N.S.	**	-	-	*	-	9,43

<sup>§</sup> A = anos de avaliação; D = doses de trinexapaque-etílico; G = genótipos de aveia; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente; S = suscetível.

<sup>†</sup> RG = rendimento de grãos; PH = peso hectolitro; NEP = número de espiguetas por panícula; NGP = número de grãos por panícula; NGE = número de grãos por espiguetas; MMG = massa de mil grãos; IC = índice de colheita.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

#### 4.2.1 Rendimento de grãos

Ao analisar a significância do efeito de dose de TE aplicada, sob as médias de RG de cada genótipo pertencente a classe suscetível ao acamamento, foi identificado que os

genótipos IPR Artemis, UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1 apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as médias desse caráter (Tabela 5).

TABELA 5. Significância dos efeitos principais e da sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o rendimento de grãos, dentro dos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>					C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	A	D	A*D	
RG	S	IPR Artemis	**	**	N.S. <sup>£</sup>	7,66
		UFRGS 127013-1	**	**	N.S.	6,67
		UFRGS 146171-1	**	**	N.S.	8,91
		URS Charrua	**	N.S.	N.S.	6,84
		URS Corona	**	N.S.	N.S.	6,54

<sup>§</sup> A = anos de avaliação; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> RG = rendimento de grãos.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

O teste de Duncan a 5 % de probabilidade foi aplicado para identificar as diferenças estatísticas causadas pelas doses de TE às médias de RG de IPR Artemis, UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1.

As maiores médias de rendimento de grãos obtidas pelo genótipo IPR Artemis cultivado na primeira época de 2020 e 2021 foi alcançada através da aplicação de 75 e 125 g i.a./ha de TE (Figura 7). Esses tratamentos proporcionaram, respectivamente, um aumento de 18,6 % e 17,7 % no RG dessa cultivar, em relação ao tratamento controle, no qual não se aplicou o regulador de crescimento.

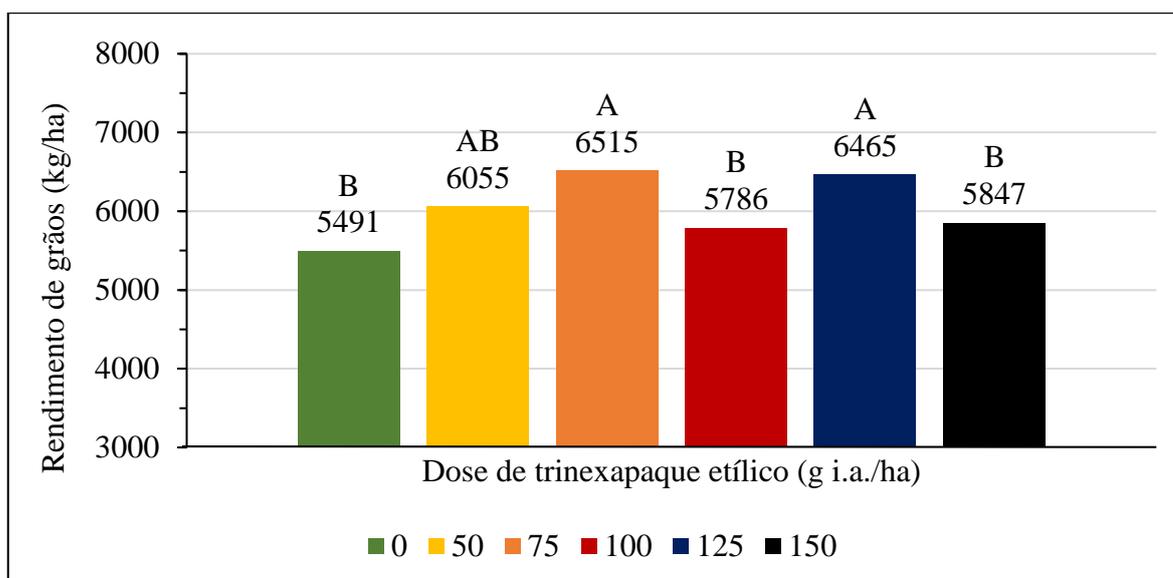


FIGURA 7. Rendimento de grãos do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaquete-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

As doses mínima e máxima de TE recomendadas pelo fabricante apresentaram as maiores médias de RG em UFRGS 127013-1. Esse incremento no rendimento correspondeu a 19,2 % e 18,7 % do RG obtido por essa linhagem sem a aplicação do regulador de crescimento, sendo esse o tratamento com menor média de RG dentre as doses aplicadas (Figura 8). A partir da aplicação da dose de 50 g i.a./ha de TE foi possível notar incrementos em RG.

Na linhagem UFRGS 146171-1 foi identificado que o RG foi incrementado conforme a dose de TE foi aumentada, ou seja, o tratamento testemunha, sem a aplicação de TE, apresentou a menor média de RG, dentre as doses utilizadas (Figura 9). O inverso ocorreu para as duas maiores doses testadas, que correspondem a 125 e 150 g i.a./ha de TE, que resultaram nas maiores médias de RG. O uso da maior dose testada representou um incremento de 30,8 % no RG em relação ao tratamento controle.

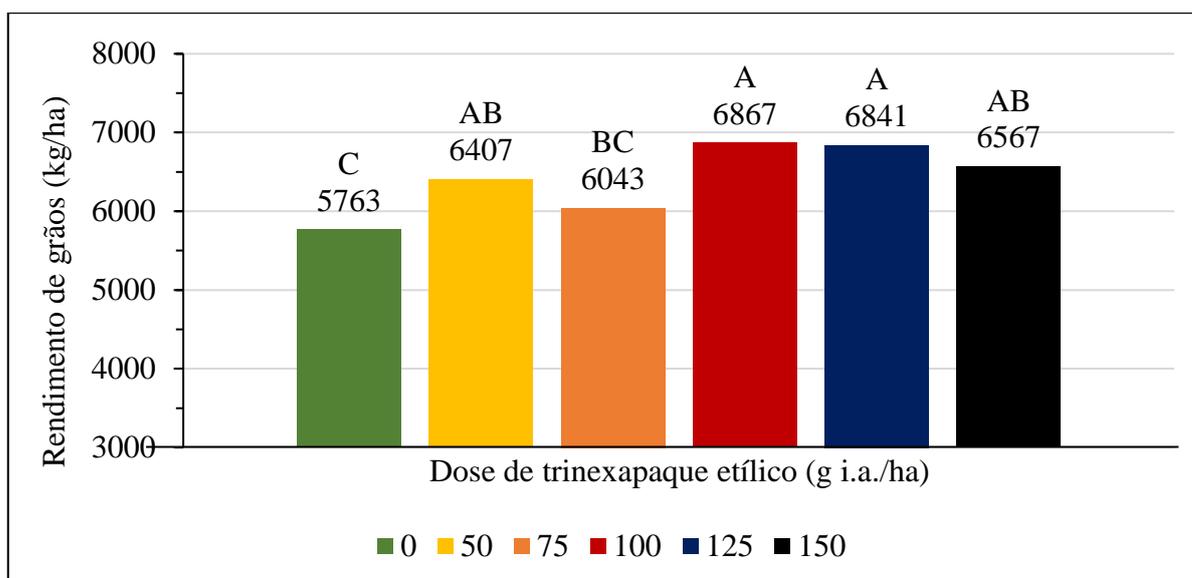


FIGURA 8. Rendimento de grãos do genótipo de aveia branca UFRGS 127013-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

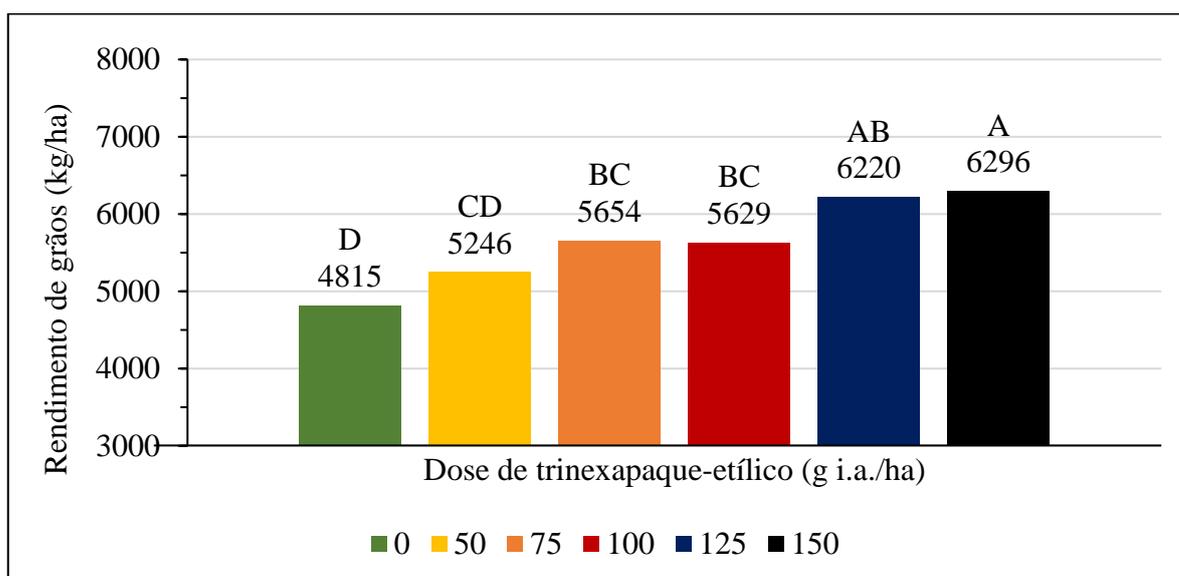


FIGURA 9. Rendimento de grãos do genótipo de aveia branca UFRGS 146171-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de rendimento de grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.2.2 Número de grãos por panícula

A análise da variância realizada para o caráter NGP dentro de classe de acamamento indicou que a interação entre dose de TE e genótipo foi significativa para a classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, na média dos anos de avaliação (Tabela 4). Desta

forma, procedeu-se a análise da variância dentro de cada genótipo, para esta classe de genótipos suscetíveis ao acamamento (Tabela 6). Percebe-se que as médias de NGP não variaram entre as doses de TE para quaisquer dos cinco genótipos suscetíveis ao acamamento (Tabela 6). Explica-se tal resultado pelo fato que análise apresentada na Tabela 6 foi conduzida utilizando-se a interação entre ano e dose de TE como denominador do Teste *F* para as médias de NGP. Quando o erro experimental foi utilizado como denominador do Teste *F*, foram encontradas diferenças significativas entre as médias de NGP, sob diferentes doses de TE, para as cultivares IPR Artemis e URS Charrua, ao nível de 3 % de probabilidade (análises não apresentadas); entretanto, as médias de NGP observadas entre as diferentes doses de TE, quando havia diferença estatística, pelo teste de comparação de médias de Duncan, não fazem qualquer sentido lógico, devendo ser o resultado de efeitos de amostragem. Desta forma, optou-se por não apresentar as médias de NGP dentro de cada genótipo.

TABELA 6. Significância dos efeitos principais e da sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o número de grãos por panícula, dentro dos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>				C.V. (%) <sup>‡</sup>	
	CA	Genótipo	A	D		A*D
NGP	S	IPR Artemis	**	N.S. <sup>£</sup>	N.S.	9,66
		UFRGS 127013-1	**	N.S.	N.S.	7,92
		UFRGS 146171-1	**	N.S.	N.S.	11,20
		URS Charrua	**	N.S.	N.S.	9,95
		URS Corona	**	N.S.	N.S.	14,74

<sup>§</sup> A = anos de avaliação; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> NGP = número de grãos por panícula.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

#### 4.2.3 Número de grãos por espiguetas

A análise de variância realizada a partir das médias do número de grãos por espiguetas (NGE), dos genótipos classificados como suscetíveis ao acamamento, identificou que a interação tripla, entre as causas de variação “ano x dose x genótipo”, foi significativa. Uma análise da variância secundária foi realizada com o fim de identificar em quais anos cada genótipo apresentou médias de NGE que foram estatisticamente diferentes entre si, em função da dose de TE aplicada. Através dessa análise foi observado que a dose de aplicação

de TE resultou em diferenças significativas nas médias de NGE das cultivares URS Corona em 2020 e URS Charrua em 2021 (Tabela 7).

TABELA 7. Significância do efeito principal dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o número de grãos por espiguetas, dentro de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, e dentro de ano de avaliação, na primeira época de semeadura. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>				C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Ano	Genótipo	D	
NGE	S	2020	IPR Artemis	N.S. <sup>£</sup>	3,98
			UFRGS 127013-1	N.S.	3,27
			UFRGS 146171-1	N.S.	4,81
			URS Charrua	N.S.	4,46
			URS Corona	**	5,19
		2021	IPR Artemis	N.S.	5,69
			UFRGS 127013-1	N.S.	2,92
			UFRGS 146171-1	N.S.	4,49
			URS Charrua	*	4,68
			URS Corona	N.S.	8,26

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> NGE = número de grãos por espiguetas.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Quando comparadas as médias de NGE de URS Corona cultivada em 2020, em função da dose de aplicação de TE, as maiores médias de NGE foram alcançadas pelo tratamento que não utilizou o TE e pelas duas doses menores do regulador de crescimento testada, 50 e 75 g i.a./ha (Figura 10). Doses de TE maiores que essas resultaram numa redução progressiva do NGE, culminando na menor média de NGE sendo observada através da aplicação da dose máxima testada, 150 g i.a./ha de TE.

Embora o NGE de URS Charrua no ano de 2021 tenha sido reduzido na menor dose de TE utilizada, ou seja, 50 g i.a./ha, não foi observada redução de NGE nas demais doses, em relação à testemunha (Figura 11). Esses resultados indicam que em URS Charrua o NGE, possivelmente, não seja afetado pela aplicação de TE, sendo que a variação observada deva ser apenas um viés ao padrão de comportamento da cultivar, em razão de efeito de amostragem.

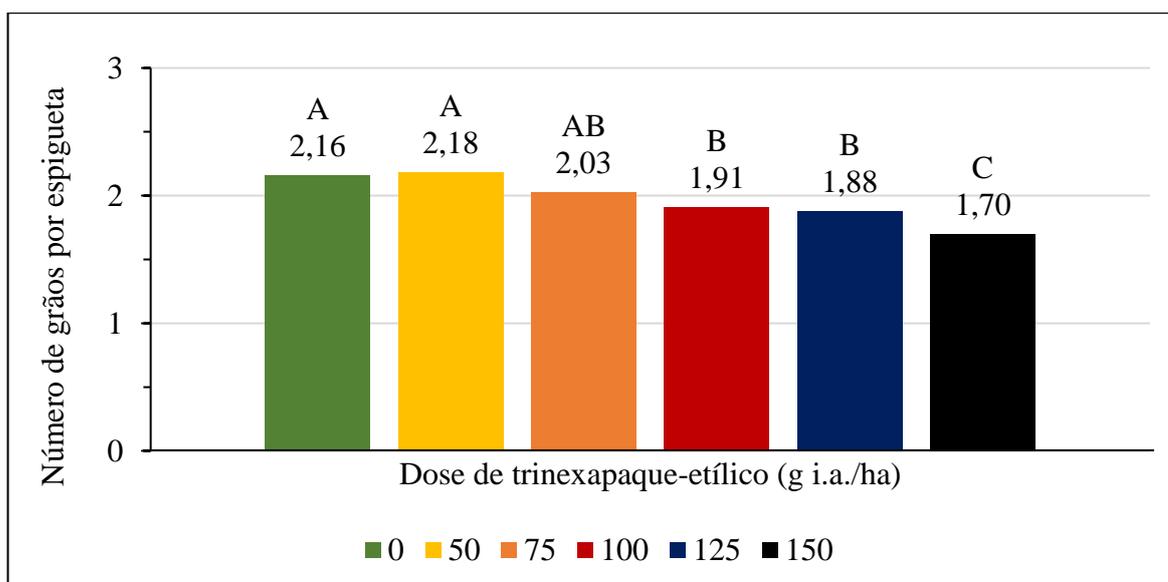


FIGURA 10. Número de grãos por espiguetta do genótipo de aveia branca URS Corona, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de número de grãos por espiguetta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

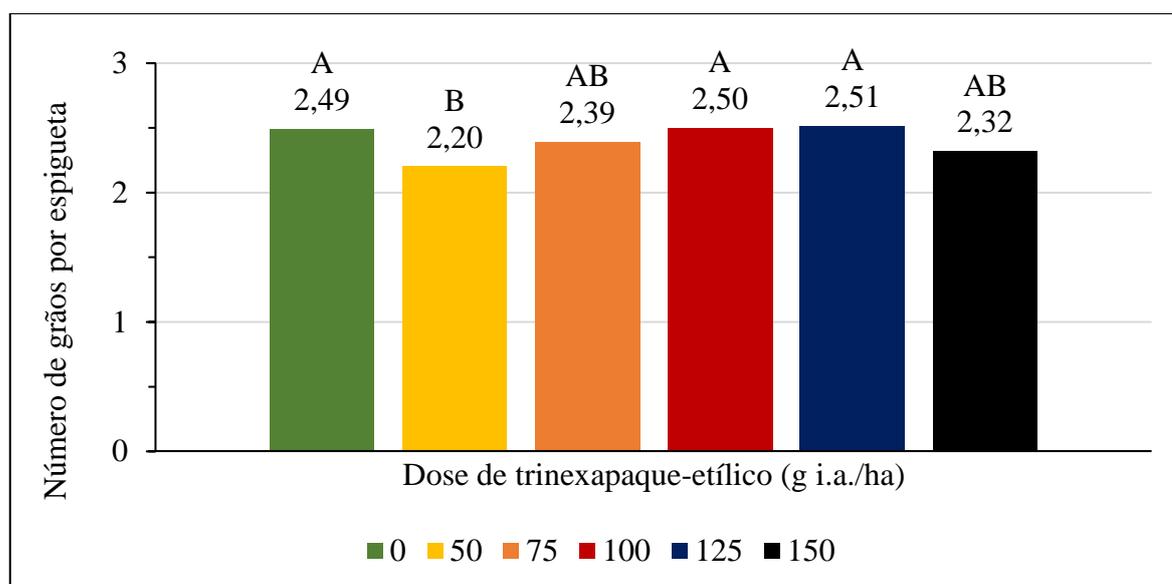


FIGURA 11. Número de grãos por espiguetta do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de número de grãos por espiguetta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.2.4 Massa de mil grãos

A análise da variância indicou que a interação tripla “ano x dose x genótipo” foi significativa para a MMG dos cinco genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, nos anos de 2020 e 2021 (Tabela 4). A análise de variância dentro de cada ano de avaliação

permitiu identificar que a MMG foi afetada pela aplicação de TE apenas em 2021, porém o efeito dependeu do genótipo, uma vez que a interação dupla “dose x genótipo” foi significativa (Tabela 8).

TABELA 8. Significância dos efeitos principais e da sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para a massa de mil grãos, nos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, dentro de cada ano de avaliação, na primeira época de semeadura. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter†	Causas de variação§					C.V. (%)‡
	CA	Ano	D	G	D*G	
MMG	S	2020	N.S.‡	**	N.S.	3,81
		2021	N.S.	*	**	6,00

§ D = doses de trinexapaque-etílico; G = genótipos de aveia; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

† MMG = massa de mil grãos.

‡ Coeficiente de variação, em porcentagem.

‡ Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Uma terceira análise de variância foi realizada dentro do ano de 2021 para identificar quais genótipos suscetíveis ao acamamento tiveram suas médias de MMG influenciadas pela aplicação de diferentes doses de TE. Com essa análise foi possível observar que o efeito de dose causou diferenças estatísticas nas médias de MMG de IPR Artemis e URS Charrua (Tabela 9).

TABELA 9. Significância dos efeitos de dose e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para a massa de mil grãos, nos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Eldorado do Sul, 2021.

Caráter†	Causas de variação§				C.V. (%)‡
	CA	Ano	Genótipo	D	
MMG	S	2021	IPR Artemis	*	6,90
			UFRGS 127013-1	N.S.‡	5,81
			UFRGS 146171-1	N.S.	5,36
			URS Charrua	**	4,02
			URS Corona	N.S.	2,36

§ D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

† MMG = massa de mil grãos.

‡ Coeficiente de variação, em porcentagem.

‡ Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Em IPR Artemis, em 2021, a MMG foi reduzida apenas quando foi utilizada a dose máxima de TE recomendada pelo fabricante, ou seja, 125 g i.a./ha. Nas demais doses de TE não foi observada redução significativa da MMG, em relação à testemunha, sem aplicação do regulador de crescimento (Figura 12). Os resultados observados para IPR Artemis não indicam claramente que o uso de TE afeta a MMG nesta cultivar.

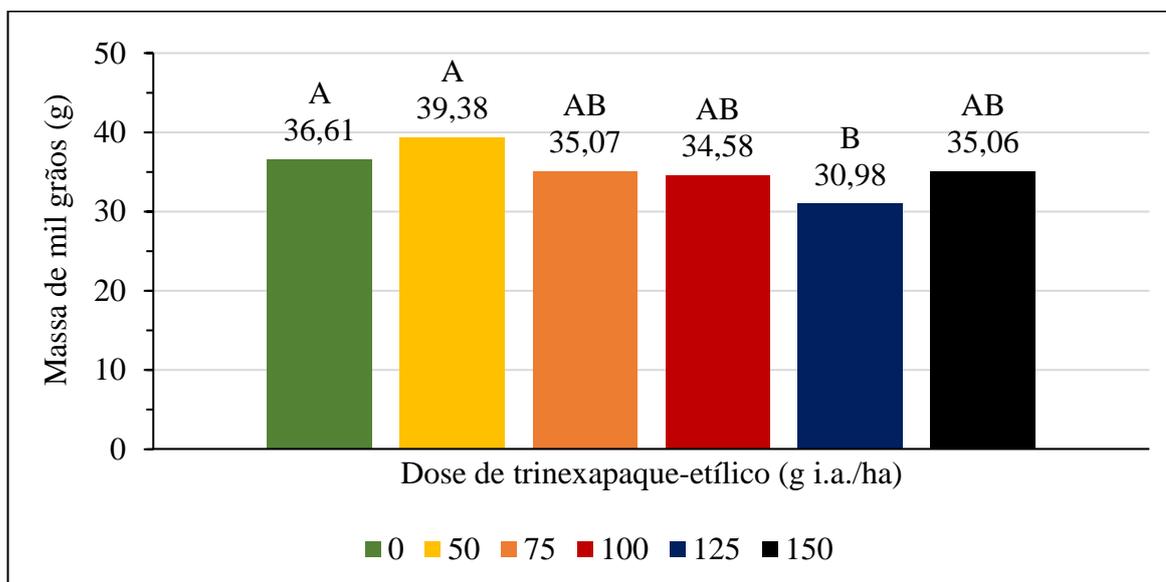


FIGURA 12. Massa de mil grãos do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de massa de mil grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

As plantas de URS Charrua cultivadas na primeira safra de 2021 apresentaram suas maiores médias de MMG na ausência de TE. Ao passo que o uso de regulador de crescimento reduziu progressivamente as médias de MMG (Figura 13). As menores médias foram atingidas através da utilização das doses mínima e máxima recomendadas pelo fabricante, ou seja, 100 e 125 g i.a./ha de trinexapaque-etílico. A MMG da maior dose estudada, 150 g i.a./ha de trinexapaque-etílico, não diferiu estatisticamente da MMG observada tanto sem aplicação de TE como nas duas doses menores de TE, indicando que as variações amostrais não permitem definir claramente se a MMG de URS Charrua é afetada pelo uso de TE.

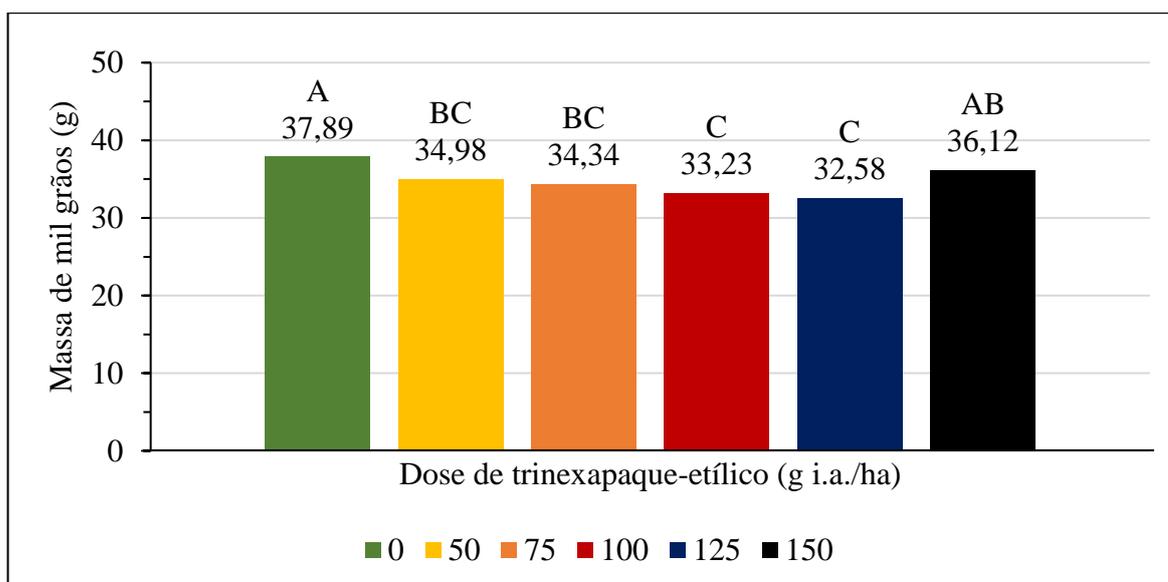


FIGURA 13. Massa de mil grãos do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de massa de mil grãos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.2.5 Peso hectolitro

Através da análise de variância pode ser identificada que a aplicação de TE causou diferenças significativas entre as médias PH de ambas as classes de resistência ao acamamento, resistente e suscetível, dos genótipos de aveia branca, na primeira época de semeadura dos anos de 2020 e 2021 (Tabela 4). Porém, o efeito da aplicação de TE sobre o PH dependeu do genótipo, conforme evidenciado pela interação dupla entre genótipo e dose de TE, dentro da classe resistente ao acamamento, e pela interação tripla entre ano, dose e genótipo, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento (Tabela 4).

Dessa forma, outra análise de variância foi realizada para identificar quais foram os genótipos, pertencentes a classe de genótipos resistentes ao acamamento, tiveram sua média de PH diferentemente expressas devido ao efeito de dose de aplicação de trinexapaque-etílico. Foi possível identificar que o efeito de dose de TE sobre a média de PH foi significativa nos genótipos IPR Afrodite, URS Altiva URS Brava e URS Taura, independente do ano de avaliação. Enquanto na cultivar URS Monarca a interação dupla “ano x dose” foi significativa (Tabela 10).

TABELA 10. Significância dos efeitos principais e sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso do hectolitro, nos genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>					C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	A	D	A*D	
PH	R	IPR Afrodite	**	**	N.S. <sup>£</sup>	1,81
		URS Altiva	N.S.	*	N.S.	2,05
		URS Brava	N.S.	**	N.S.	1,74
		URS Monarca	N.S.	**	*	1,56
		URS Taura	*	**	N.S.	2,75

<sup>§</sup> A = ano; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente.

<sup>†</sup> PH = peso hectolitro.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

IPR Afrodite, URS Altiva URS Brava e URS Taura obtiveram as maiores médias de PH através do tratamento que não utilizou TE, enquanto a maior dose do regulador de crescimento resultou no menor valor de PH em todos esses genótipos (Figuras 14, 15, 16 e 17).

Em IPR Afrodite apenas duas classes se formaram, sendo que a aplicação da dose de 50 g i.a./ha de TE obteve média de PH que não diferiu da média do tratamento controle e os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento que apresentou a menor média (Figura 14).

Os resultados de URS Altiva também foram divididos em duas classes, no entanto, o tratamento que utilizou 150 g i.a./ha TE ficou isolado como o tratamento que apresentou a menor média de PH. Os demais tratamentos não diferiram do tratamento controle, nem entre si (Figura 15).

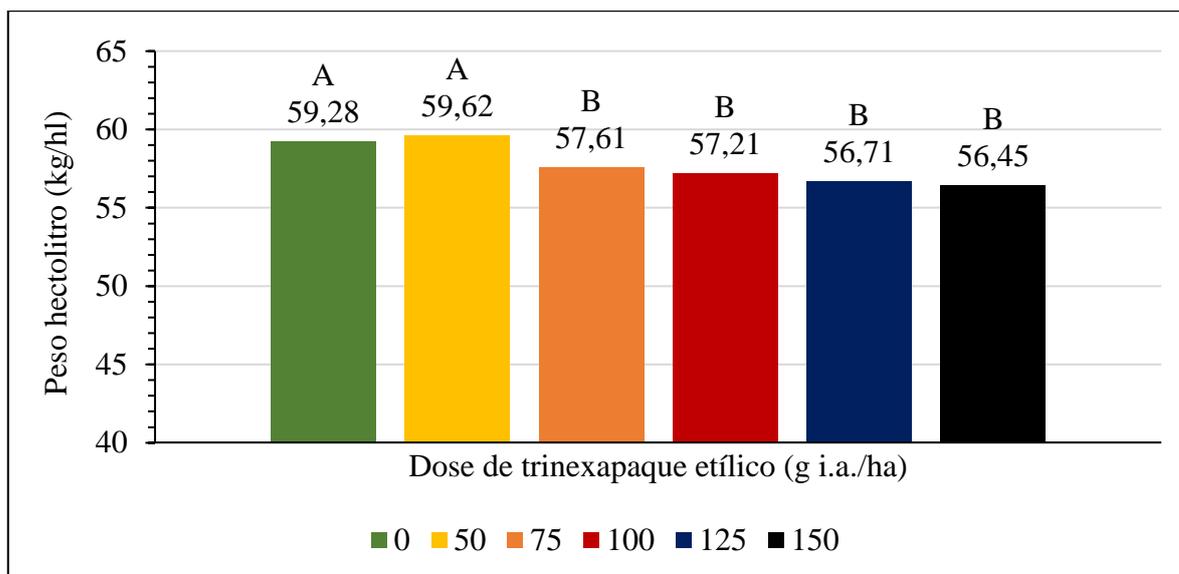


FIGURA 14. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca IPR Afrodite, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

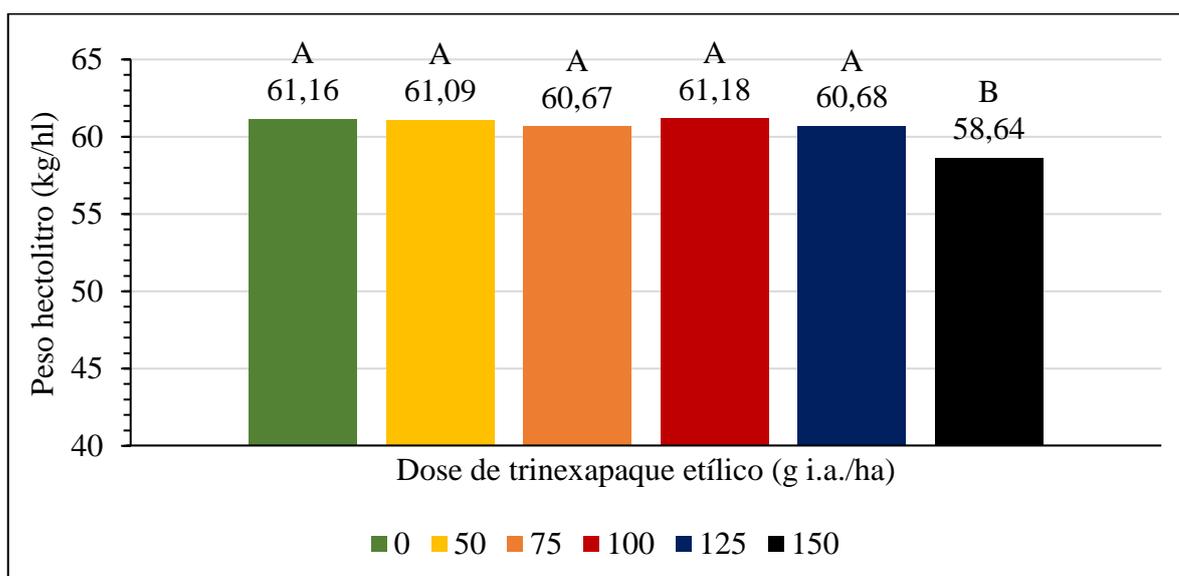


FIGURA 15. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Altiva, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Os resultados de URS Brava já apresentaram uma distinção maior das médias de PH entre tratamentos de doses do regulador de crescimento. A aplicação de 75 g i.a./ha de TE, juntamente com o tratamento controle, obtiveram as maiores médias de PH. Já as doses de

100 e 150 g i.a./ha de TE resultaram nos menores valores de PH observados em URS Brava (Figura 16).

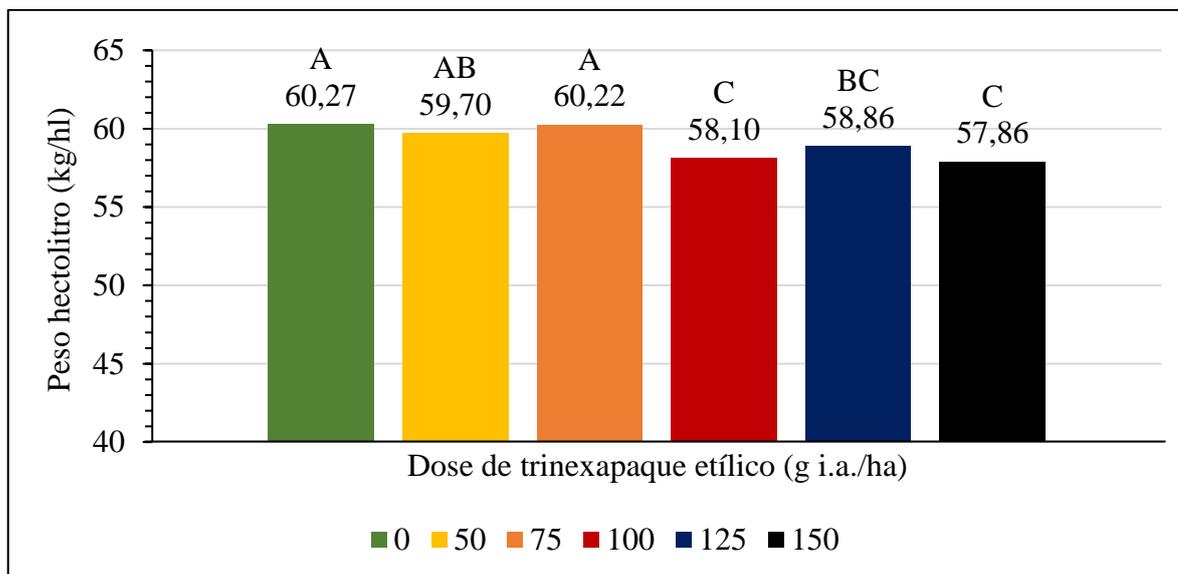


FIGURA 16. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Brava, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Os efeitos das doses de TE sobre as médias de PH de URS Taura criou um decréscimo constante nos valores de PH, conforme as doses de TE aumentaram (Figura 17). As doses de 50, 75, 100 e 125 g i.a./ha de TE apresentaram classes intermediárias. Doses mais baixas de TE obtiveram valores de PH mais altos e ao mesmo mais próximos das médias de PH obtidas pelo tratamento controle. O contrário ocorreu para doses mais altas (Figura 17).

Como foi visto anteriormente, a análise de variância identificou que a interação “ano x dose” foi significativa dentro do genótipo URS Monarca. Assim essa interação foi explorada por uma nova análise de variância, para identificar o efeito de dose de aplicação de TE dentro de ano. Concluiu-se que o efeito de dose foi significativo nos dois anos de cultivo de URS Monarca, ou seja, 2020 e 2021 (Tabela 11).

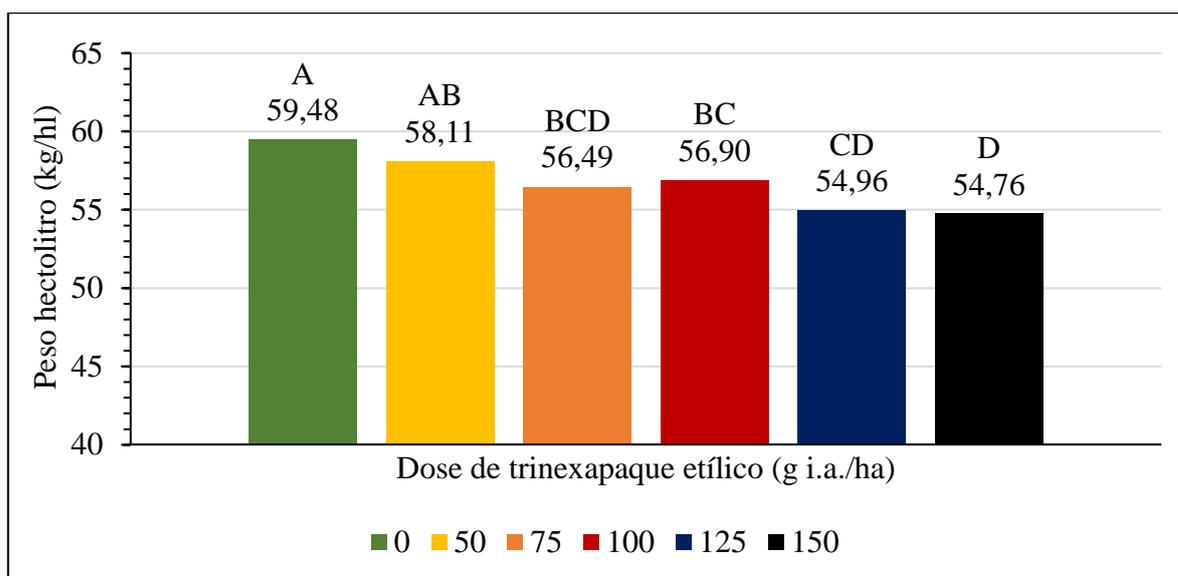


FIGURA 17. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Taura, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 11. Significância do efeito de dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso do hectolitro, no genótipo de aveia branca URS Monarca, submetido a seis doses de trinexapaque-etílico, dentro de ano de avaliação, na primeira época de semeadura. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>				C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	A	D	
PH	R	URS Monarca	2020	**	1,76
			2021	**	1,34

<sup>§</sup> A = ano; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente.

<sup>†</sup> PH = peso hectolitro.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Em 2020, o tratamento com 50 e 75 g i.a./ha de trinexapaque-etílico não diferiram do tratamento que não utilizou o regulador de crescimento, e assim, obtiveram as maiores médias de PH. O inverso ocorreu para as doses de 100 e 125 g i.a./ha de TE, que não diferiram da dose máxima testada no presente trabalho, e dessa forma apresentaram as menores médias de PH (Figura 18).

Os resultados obtidos para URS Monarca no segundo ano de avaliação foi semelhante aos obtidos pela cultivar URS Taura. Os valores extremos de PH foram obtidos com a maior e menor dose de trinexapaque-etílico, enquanto as doses de 50 a 125 g i.a./ha

de TE apresentaram resultados intermediários, tendendo a apresentar um padrão de resposta, ou seja, quanto maior a dose de TE menor a média de PH (Figura 19).

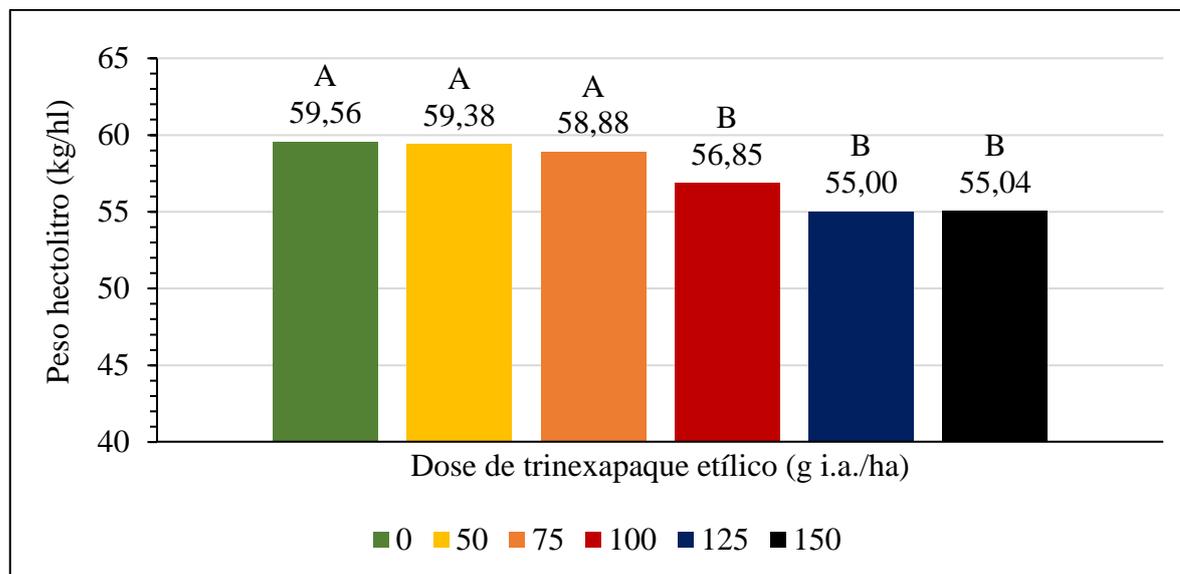


FIGURA 18. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

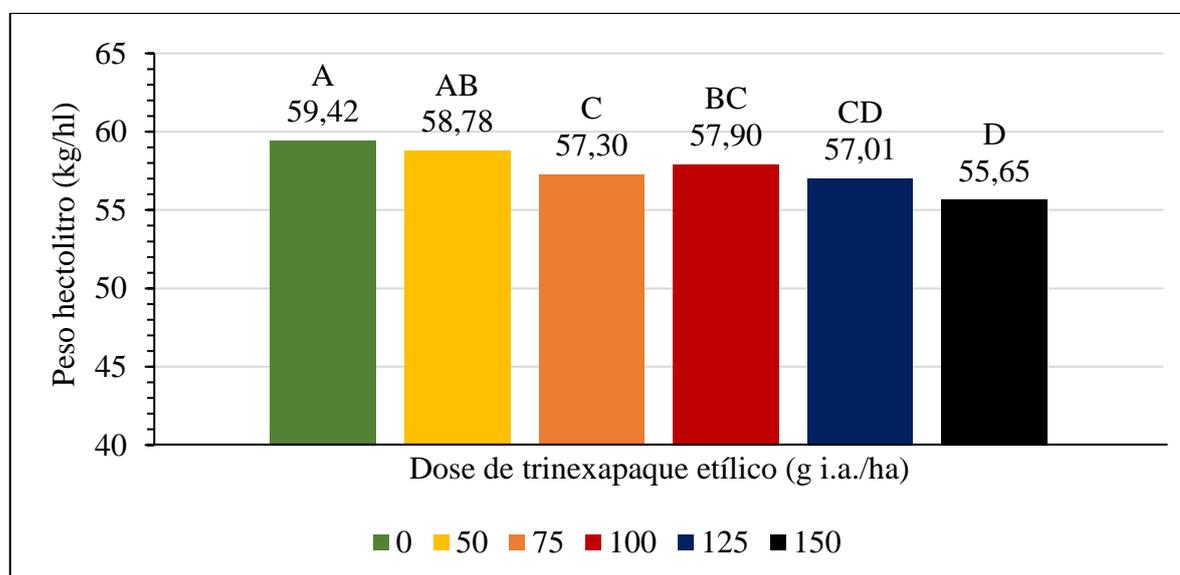


FIGURA 19. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

A análise de variância identificou que a interação tripla “ano x dose x genótipo”, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, foi significativa para o PH (Tabela 4). Para decompor essa interação, uma nova análise de variância foi realizada com o objetivo de identificar a significância dos efeitos de “ano” e de “dose” e a sua interação dentro de cada genótipo pertencente à classe de genótipos suscetíveis ao acamamento (Tabela 12). Com isso foi possível identificar que houve interação entre ano e dose para o genótipo IPR Artemis e que a dose de TE apresentou efeito significativo nas médias de PH para os demais genótipos dessa classe de acamamento.

Os efeitos das doses de TE sobre médias de PH foram analisados dentro de cada genótipo suscetível ao acamamento, que não mostraram interação entre ano e dose de TE, ou seja, UFRGS 127013-1, UFRGS 146171-1, URS Charrua e URS Corona. Nesses quatro genótipos as maiores médias de PH foram observadas quando não foi aplicado regulador de crescimento, embora sem diferença estatística com vários outros tratamentos onde foi aplicado TE (Figuras 20, 21, 22 e 23). Para as linhagens UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1 os dois tratamentos que utilizaram as maiores doses de trinexapaque-etílico, ou seja, 125 e 150 g i.a./ha, apresentaram redução das médias de PH, em relação ao tratamento sem aplicação de TE (Figura 20 e 21). Nas cultivares URS Charrua e URS Corona, somente com a aplicação de 150 g i.a./ha de TE foi observada redução da média de PH, em relação ao controle sem uso de TE (Figuras 22 e 23).

TABELA 12. Significância dos efeitos principais e sua interação e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso do hectolitro, nos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>					C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	A	D	A*D	
PH	S	IPR Artemis	**	**	*	2,38
		UFRGS 127013-1	**	**	N.S. <sup>£</sup>	1,52
		UFRGS 146171-1	**	**	N.S.	2,68
		URS Charrua	N.S.	*	N.S.	1,91
		URS Corona	**	**	N.S.	2,11

<sup>§</sup> A = ano; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> PH = peso hectolitro.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

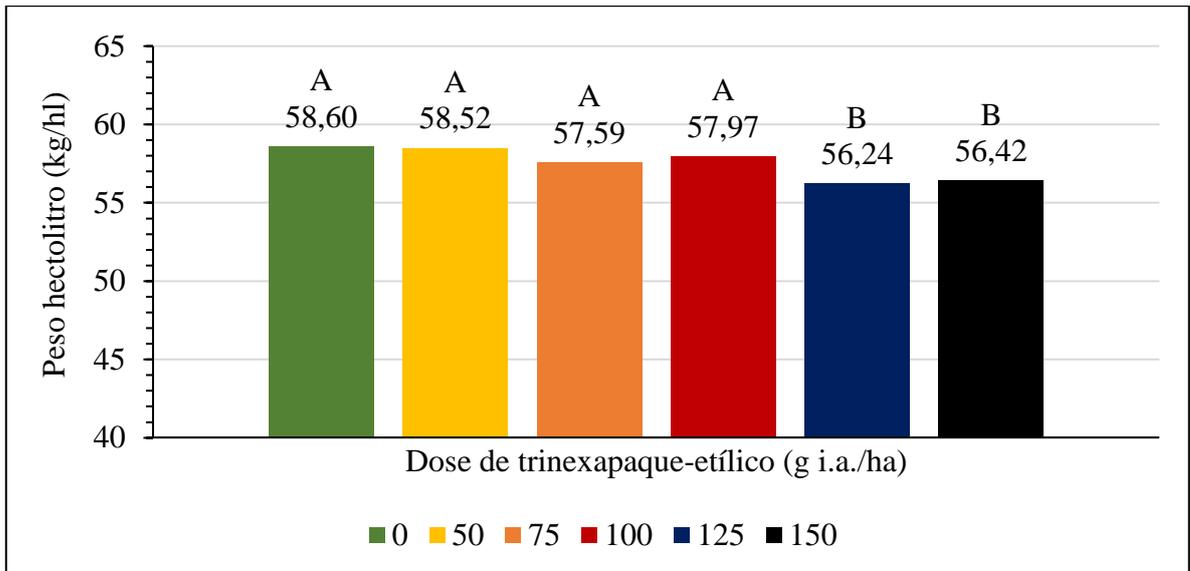


FIGURA 20. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca UFRGS 127013-1, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

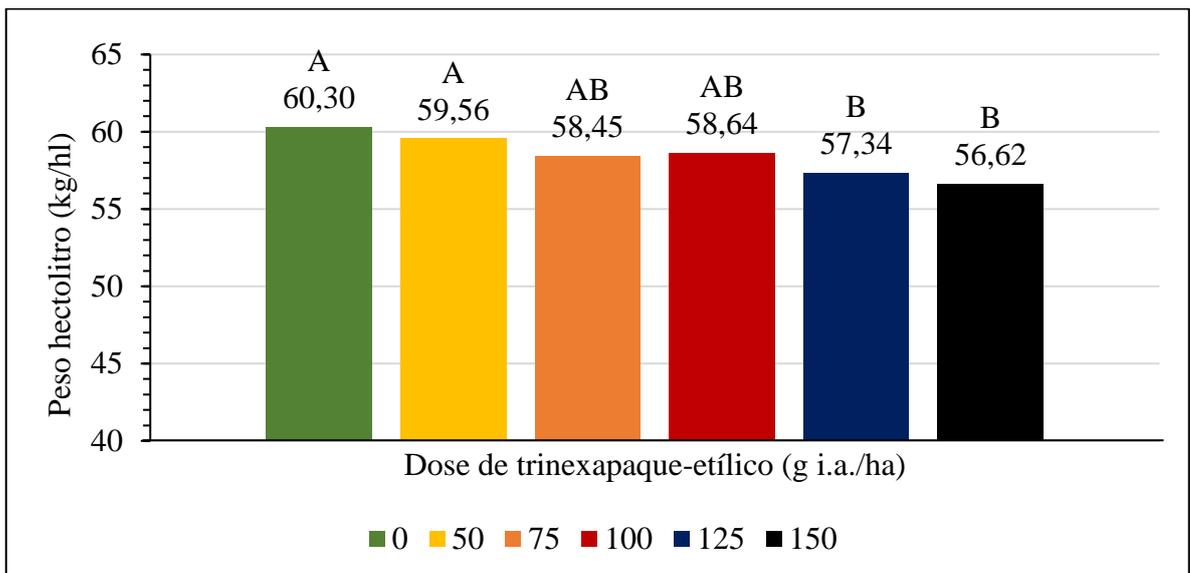


FIGURA 21. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca UFRGS 146171-1, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

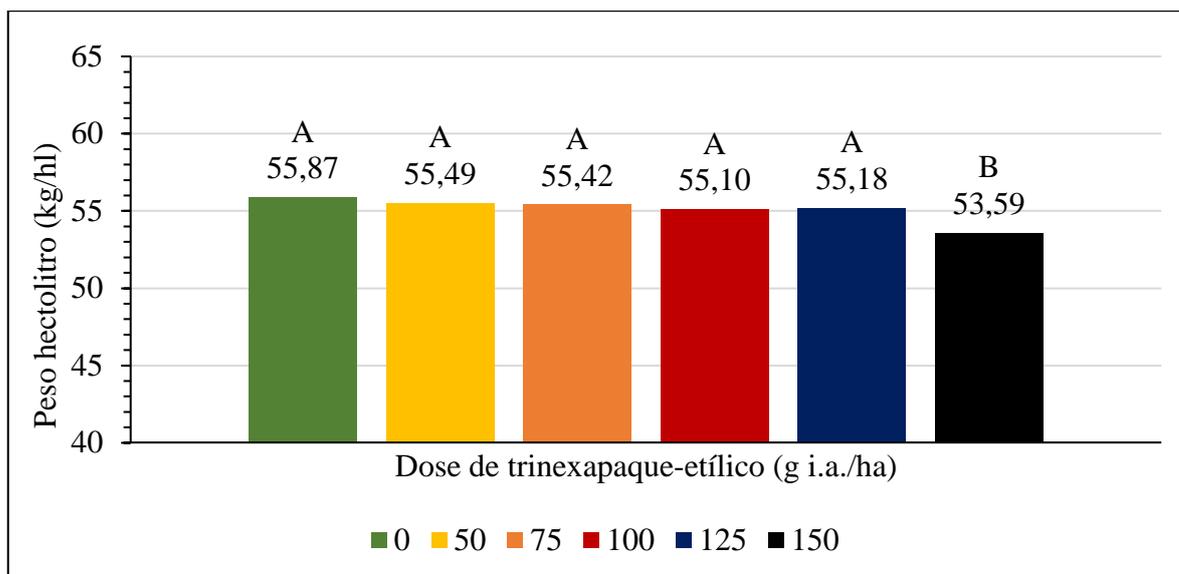


FIGURA 22. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

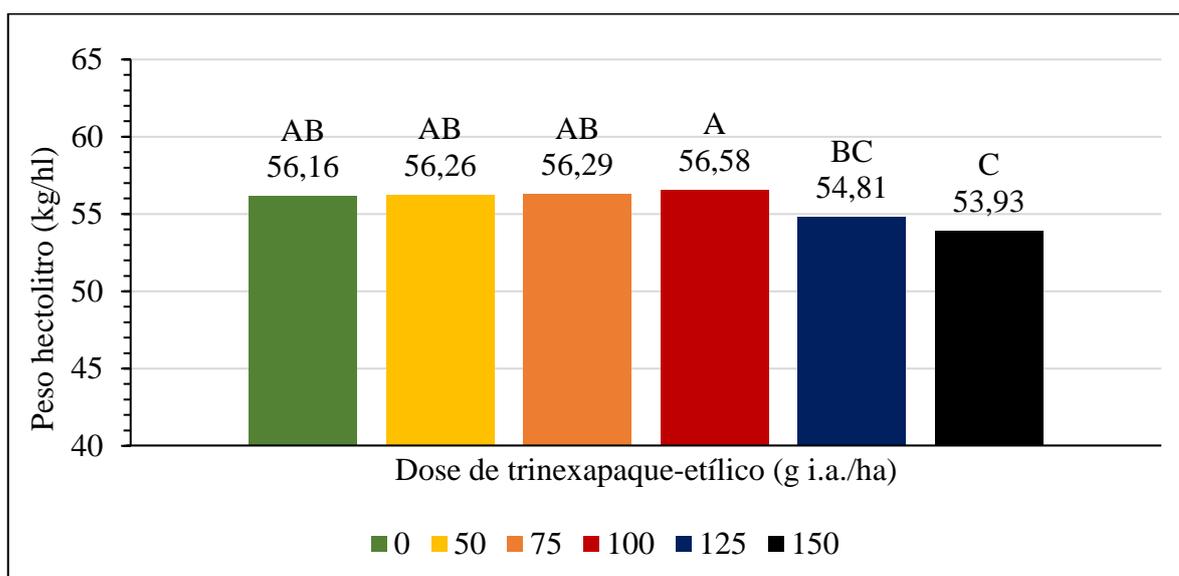


FIGURA 23. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca URS Corona, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Uma terceira análise de variância identificou as diferentes doses de TE tiveram efeito foi significativo sobre o PH do genótipo IPR Artemis em ambos os anos de cultivo (Tabela 13), revelando a necessidade da comparação das médias de PH desse genótipo dentro de cada ano de avaliação.

TABELA 13. Significância do efeito de dose e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o peso hectolitro, no genótipo suscetível ao acamamento IPR Artemis, submetido a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>				C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	Ano	D	
PH	S	IPR Artemis	2020	**	3,36
			2021	**	1,10

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> PH = peso hectolitro.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Ao cultivar o genótipo IPR Artemis na primeira época de 2020, foi identificada a maior redução de PH deste estudo, onde a utilização da dose de 125 g i.a./ha de trinexapaque-etílico resultou em uma queda de 17,3 %, em relação ao tratamento controle, cujo apresentou a média de PH mais elevada. Nesse ano as doses iguais ou maiores que 75 g i.a./ha do regulador de crescimento foram capazes de tornar as médias de PH de IPR Artemis menores que 50 kg/hl (Figura 24).

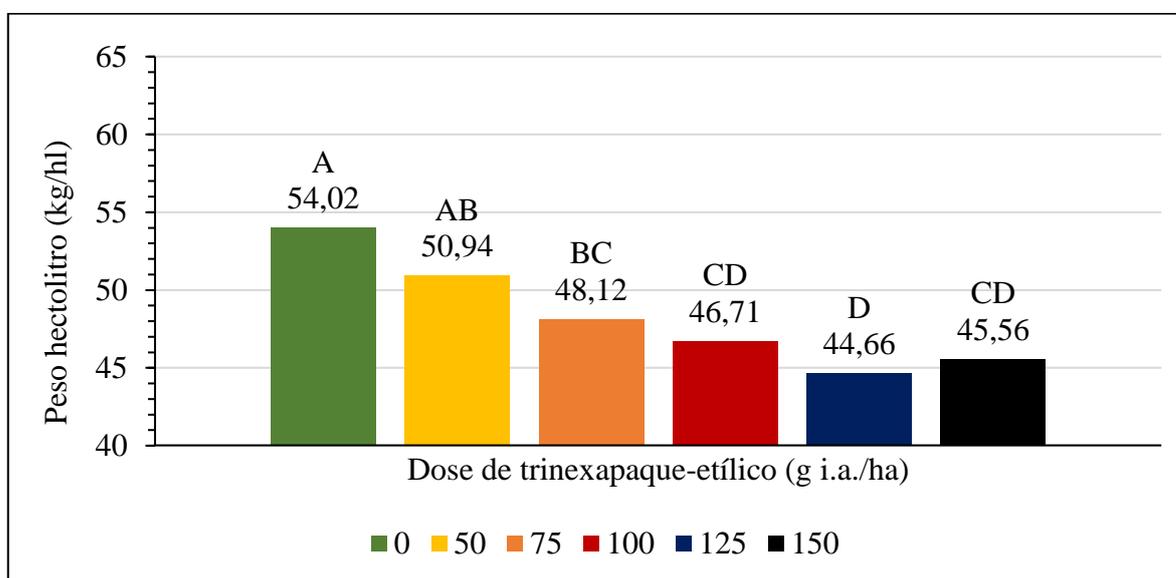


FIGURA 24. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

No ano seguinte, 2021, a redução de PH não foi tão acentuada quanto a observada no ano anterior. A queda no PH médio do tratamento contendo 150 g i.a./ha de TE foi de 7,6 %

relativo ao tratamento com a ausência de aplicação do regulador de crescimento. Esses foram os tratamentos com a menor e a maior média, respectivamente. Em 2021, as médias de PH das plantas do genótipo IPR Artemis tratadas com 50 e 75 g i.a./ha de trinexapaque-etílico foram estatisticamente iguais a média de PH das plantas que não foram tratadas (Figura 25).

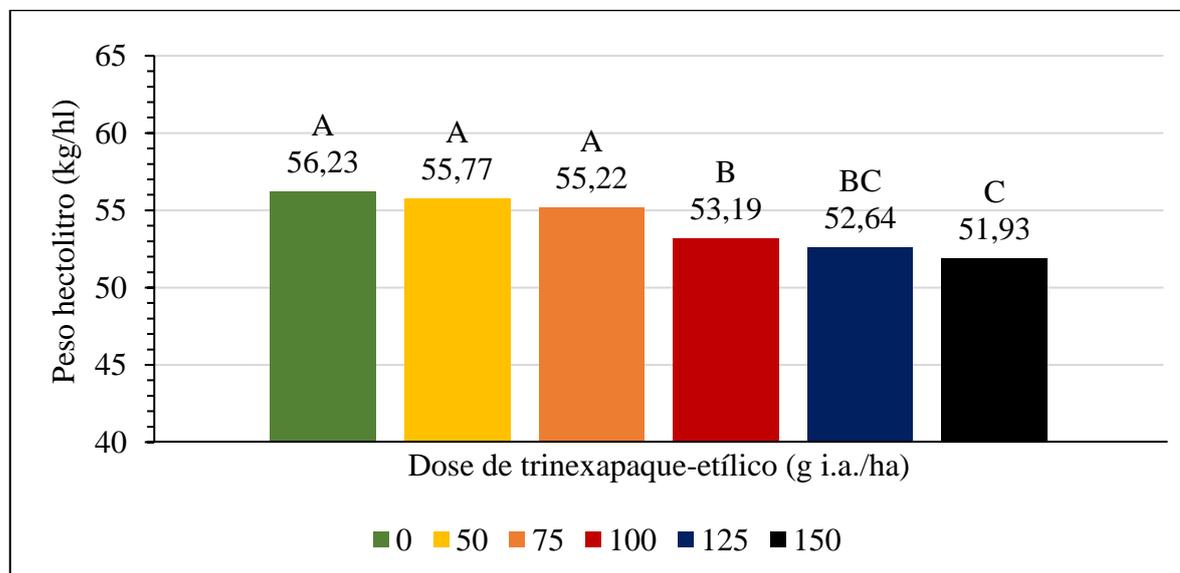


FIGURA 25. Peso do hectolitro do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificada como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de peso hectolitro com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.2.6 Índice de colheita

A análise de variância para as médias de IC indicaram que houve interação significativa entre doses de TE e genótipos de aveia, dentro da classe suscetível ao acamamento (Tabela 4). Porém, quando a análise de variância foi realizada dentro de cada genótipo, desta classe de acamamento, não foram encontradas diferenças significativas entre as médias de IC frente a aplicação de diferentes doses de TE (Tabela 14). Desta forma, as médias de IC obtidas pelos diferentes genótipos de aveia não serão apresentadas nesta dissertação, uma vez que o objetivo é compreender os efeitos de TE sobre caracteres associados ao desempenho agrônômico, mas não esses caracteres em si.

TABELA 14. Significância do efeito principal dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter índice de colheita, dentro de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>			C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	D	
IC	S	IPR Artemis	N.S. <sup>£</sup>	8.64
		UFRGS 127013-1	N.S.	8.59
		UFRGS 146171-1	N.S.	8.04
		URS Charrua	N.S.	6.67
		URS Corona	N.S.	16.38

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> IC = índice de colheita.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

### 4.3 Dias da emergência ao florescimento e estatura de planta

As análises de DEF e EP seguiram o mesmo padrão de estratificação dos genótipos, com duas classes de resistência ao acamamento, resistente e suscetível, conforme utilizado nas análises anteriores.

Inicialmente, realizou-se análise de variância com o objetivo de identificar a significância dos efeitos de ano, dose de TE, genótipo e suas interações, dentro de cada classe de resistência ao acamamento, para os caracteres DEF e EP (Tabela 15).

TABELA 15. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres dias da emergência ao florescimento e estatura de planta, nas classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>								C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	A	D	G	A*D	A*G	D*G	A*D*G	
DEF	R	**	*	*	*	**	N.S. <sup>£</sup>	*	2,31
	S	**	**	**	N.S.	**	N.S.	N.S.	2,28
EP	R	**	**	**	**	**	N.S.	N.S.	5,29
	S	**	**	*	*	**	N.S.	N.S.	4,49

<sup>§</sup> A = ano; D = doses de trinexapaque-etílico; G = genótipo; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente; S = suscetível.

<sup>†</sup> DEF = dias entre a emergência e o florescimento; EP = estatura final de planta.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

### 4.3.1 Dias da emergência ao florescimento

Dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, a análise de variância mostrou diferenças estatísticas entre as médias de DEF de acordo com a dose de TE utilizada (Tabela 15). Desta forma, o teste de comparação de médias de Duncan foi conduzido entre as médias de DEF para cada dose do regulador de crescimento, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento.

A aplicação de TE resultou em aumento do período entre a emergência e o florescimento de plantas suscetíveis ao acamamento, conforme o aumento da dose do regulador de crescimento (Figura 26). O tratamento controle, sem aplicação de TE, apresentou a menor média de DEF, enquanto a maior dose de TE resultou na maior média de DEF. Médias intermediárias desse caráter foram observadas nas doses intermediárias do regulador de crescimento. Entretanto, doses de pelo menos 75 g i.a./ha de TE foram necessárias para que o retardo no florescimento fosse significativo, nos genótipos suscetíveis ao acamamento (Figura 26).

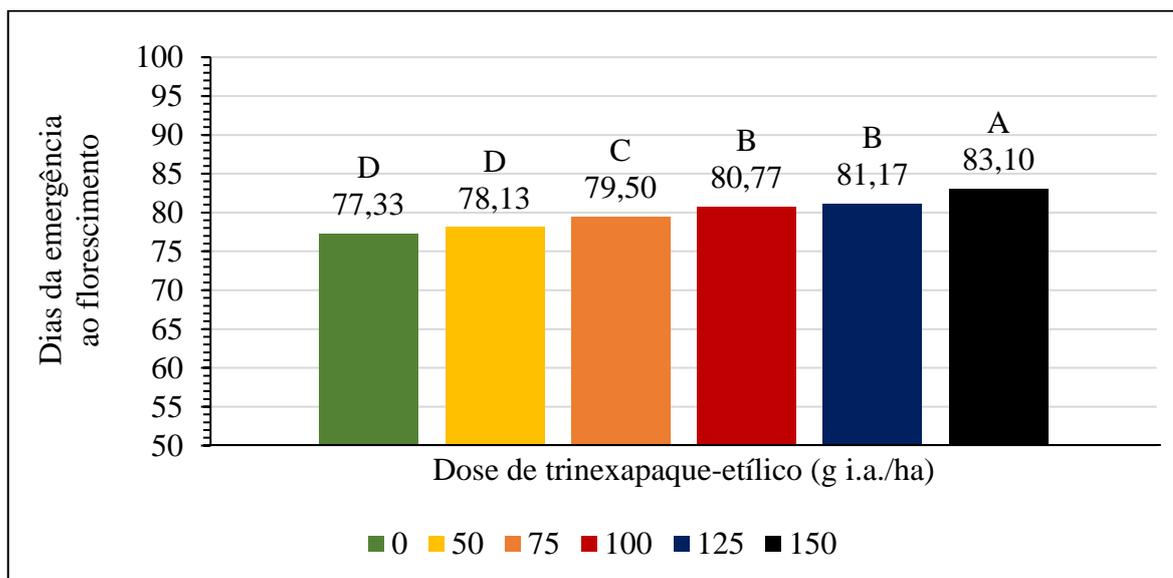


FIGURA 26. Dias da emergência ao florescimento na média dos genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias da emergência ao florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Dentro da classe de genótipos resistentes ao acamamento, a análise de variância indicou que a interação tripla “ano x dose x genótipo” foi significativa para as médias de DEF (Tabela 15). Sabendo disso, uma análise de variância complementar foi realizada para

identificar os efeitos de ano de cultivo e dose de TE, e sua interação, dentro de cada genótipo que faz parte da classe resistente ao acamamento (Tabela 16). Através do teste *F* foi possível identificar que os efeitos individuais de ano de cultivo e dose de trinexapaque-etílico causaram diferenças estatísticas entre as médias de DEF de todos os genótipos pertencentes ao grupo resistente ao acamamento. Além disso, foi possível notar que ocorreu interação dupla entre ano e dose de TE dentro da cultivar URS Monarca (Tabela 16).

TABELA 16. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter dias da emergência ao florescimento, na classe de genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>					C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	A	D	A*D	
DEF	R	IPR Afrodite	**	**	N.S. <sup>£</sup>	1,93
		URS Altiva	**	**	N.S.	2,86
		URS Brava	**	**	N.S.	2,56
		URS Monarca	**	**	**	1,65
		URS Taura	**	**	N.S.	2,46

<sup>§</sup> A = ano; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente.

<sup>†</sup> DEF = dias entre a emergência e o florescimento.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

As médias de DEF, considerando os dois anos de cultivo em conjunto, geradas pelas diferentes doses de TE, dentro dos genótipos IPR Afrodite, URS Altiva, URS Brava e URS Taura, foram comparadas pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade, com o objetivo de identificar os efeitos de TE sobre esse caráter.

Um padrão foi observado nos resultados de comparação de médias de DEF para os genótipos resistentes ao acamamento, onde o tratamento controle, representado pela ausência de TE, exibiu as menores médias de DEF, em comparação com os tratamentos onde o regulador de crescimento foi utilizado. Efeito de dose e resposta foram observados, sendo que o aumento da dose de TE resultou em aumento na média de DEF. Embora nem sempre houvesse diferenças significativas em DEF nos tratamentos com doses de TE mais similares entre si (Figuras 27, 28, 29 e 30).

Para URS Altiva, URS Brava e URS Taura a dose de 50 g i.a./ha de trinexapaque-etílico não foi capaz de atrasar significativamente o florescimento, mas a dose contendo 75 g i.a./ha do regulador de crescimento causou esse fenômeno. Houve um atraso maior no

florescimento daquelas plantas tratadas com a dose máxima estudada, isto é, 150 g i.a./ha de trinexapaque-etílico (Figuras 28, 29 e 30).

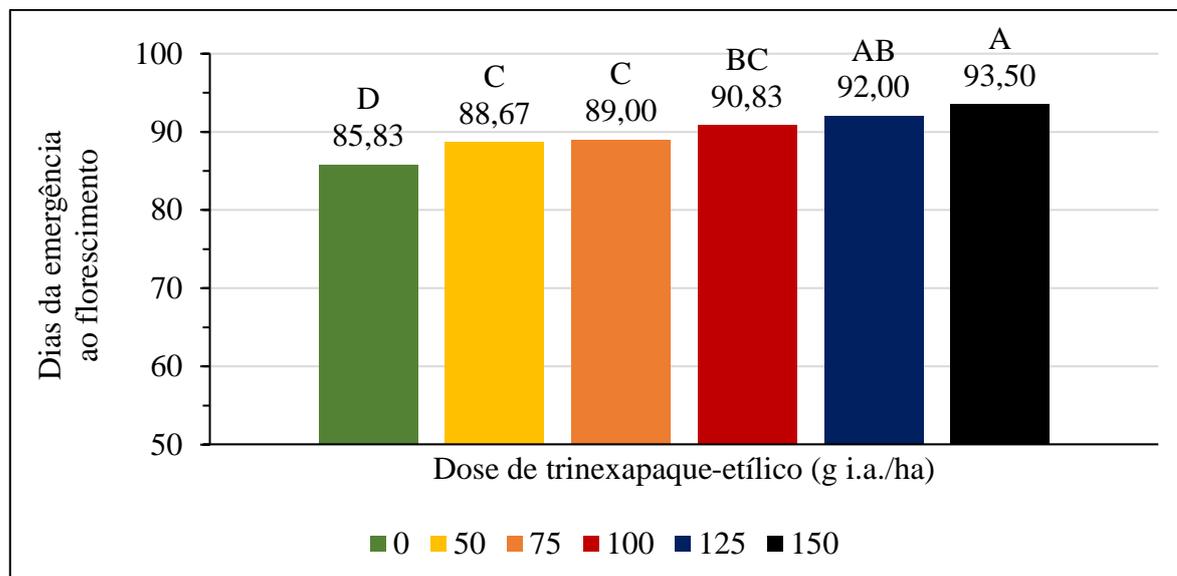


FIGURA 27. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca IPR Afrodite, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

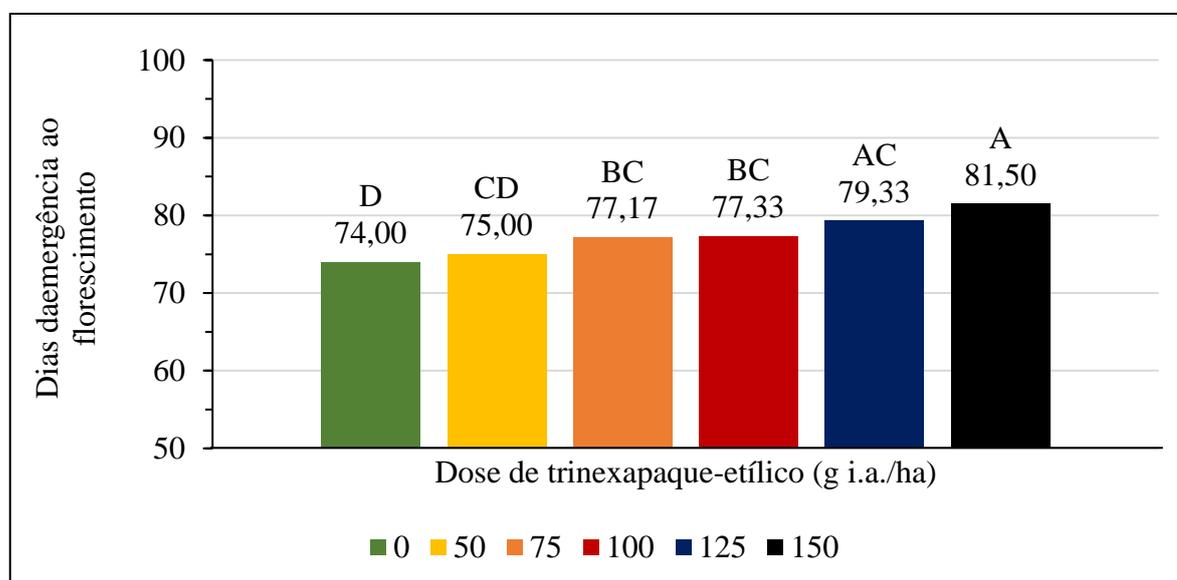


FIGURA 28. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Altiva, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

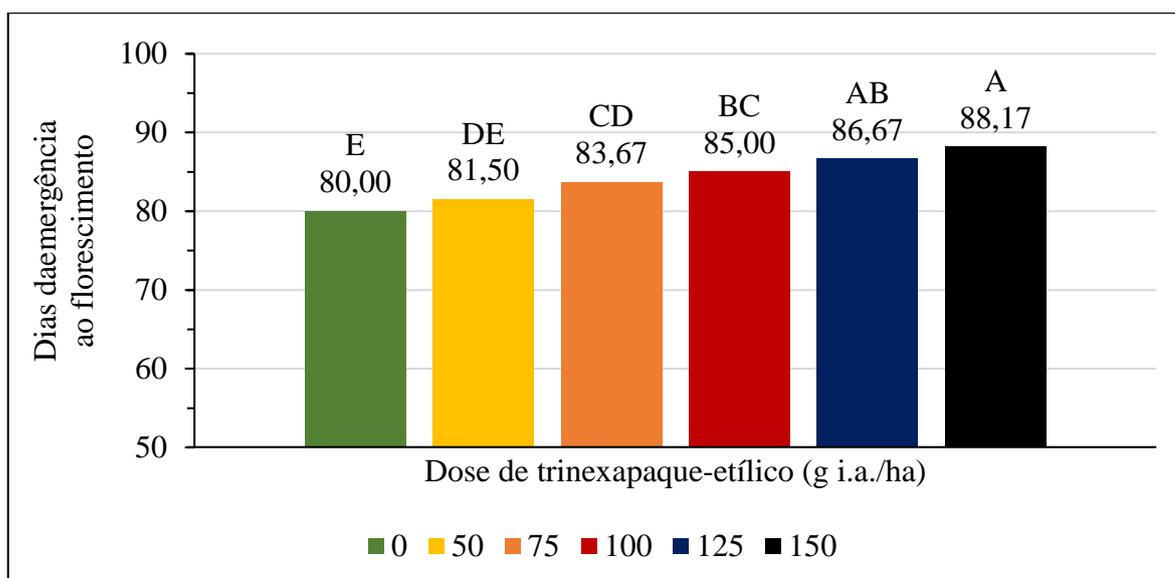


FIGURA 29. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Brava, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapac-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

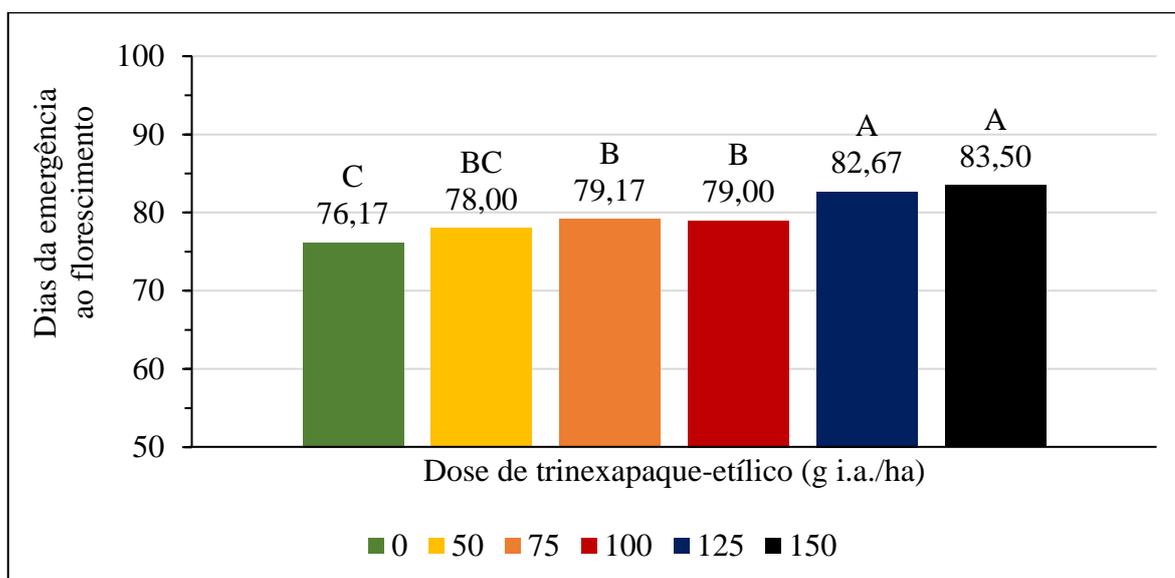


FIGURA 30. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Taura, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapac-etílico, na primeira época de semeadura, na média de 2020 e 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Conforme descrito acima, as médias de DEF de URS Monarca mostraram interação entre ano e dose de TE (Tabela 16). Dessa forma, uma análise de variância complementar foi realizada para identificar em qual dos anos de teste a cultivar URS Monarca teve

alterações significativas nas médias de DEF, devido a aplicação das diferentes doses de aplicação de TE. A partir dessa análise foi possível identificar que apenas ocorreram diferenças entre as médias de DEF de URS Monarca, em função da dose do regulador de crescimento, dentro do ano de 2021 (Tabela 17).

TABELA 17. Significância do efeito de dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, submetido a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>				C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Genótipo	Ano	D	
DEF	R	URS Monarca	2020	N.S. <sup>£</sup>	0,65
			2021	**	2,29

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente.

<sup>†</sup> DEF = dias entre a emergência e o florescimento.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Para URS Monarca, em 2021, o maior atraso no florescimento, relativo ao tratamento controle, sem uso de TE, ocorreu no tratamento que utilizou a maior dose de TE, 150 g i.a./ha, sendo igual a 9,34 dias de atraso, o que representa incremento de 13,3 % na média de DEF. A dose mínima de TE, 50 g i.a./ha, não casou atraso no florescimento, enquanto as doses intermediárias de TE, de 75, 100 e 125 150 g i.a./ha, tiveram DEF intermediários às doses extremas do regulador de crescimento (Figura 31).

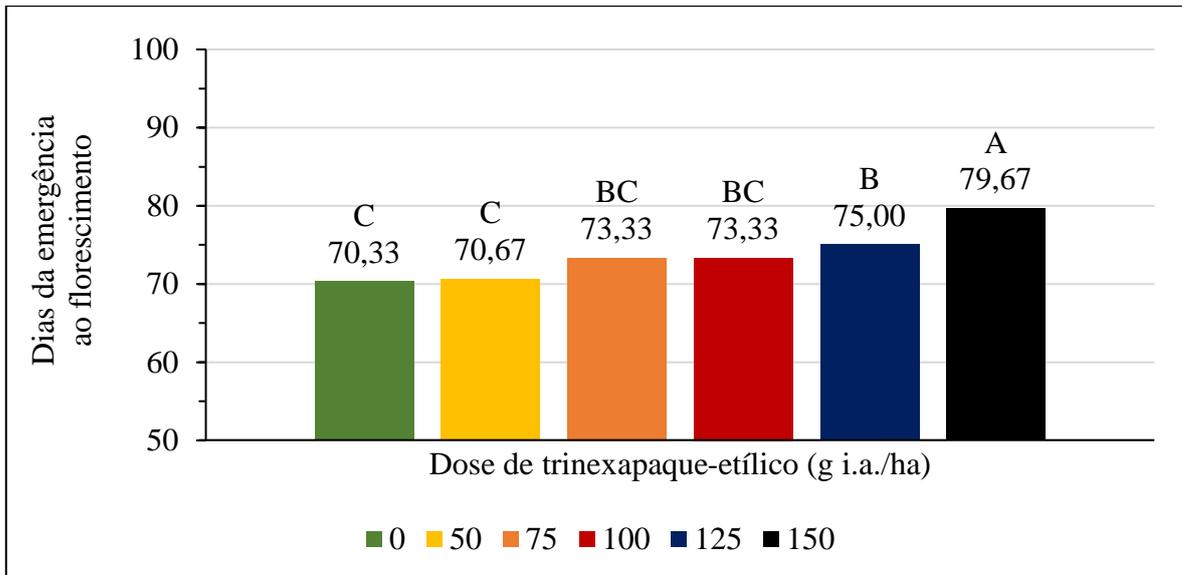


FIGURA 31. Dias da emergência ao florescimento do genótipo de aveia branca URS Monarca, classificada como resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de dias entre a emergência e o florescimento com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.3.2 Estatura de planta

Os dados de EP foram analisados seguindo o mesmo padrão de estratificação dos genótipos. Os genótipos foram classificados em duas classes de resistência ao acamamento, resistente e suscetível.

A análise de variância foi realizada com o objetivo de identificar a significância dos efeitos de ano, dose de TE, genótipo e suas interações, dentro de cada classe de resistência ao acamamento (Tabela 15). As interações duplas “ano x dose de TE” e “ano x genótipo” foram significativas para ambas as classes de resistência ao acamamento, resistente e suscetível. Dessa forma, foi analisada o efeito de dose e genótipo, e sua interação, sobre as médias de EP em cada ano de cultivo. A interação dupla “dose de TE x genótipo” foi significativa para as médias de EP da classe suscetível ao acamamento em 2020 (Tabela 18). O efeito individual de dose de TE e genótipo foi significativo nas classes de genótipos resistentes e suscetíveis ao acamamento nos anos 2020 e 2021. Devido ao objetivo do trabalho, apenas os resultados de dose de TE serão apresentados.

O uso de regulador de crescimento resultou em maiores reduções de EP à medida que doses maiores de TE foram utilizadas. O tratamento controle, sem a aplicação de TE, apresentou a maior média de EP na classe de genótipos resistentes ao acamamento, cultivados em 2020 e 2021, e na classe de genótipos suscetíveis ao acamamento quando cultivados em 2021 (Figura 32, 33 e 34). Nesses casos, a utilização da dose máxima testada,

150 g i.a./ha de TE, provocou reduções de 31,2 %, 36,8 % e 30,5 % na EP quando comparadas com o tratamento controle, respectivamente. A menor dose testada, correspondendo a 50 g i.a./ha de TE, foi suficiente para reduzir a EP.

TABELA 18. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter estatura de planta, dentro das classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura, em dois anos de avaliação. Eldorado do Sul, 2020 e 2021.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>					C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	Ano	D	G	D*G	
EP	R	2020	**	**	N.S. <sup>€</sup>	5,25
		2021	**	**	N.S.	5,26
	S	2020	**	**	*	4,28
		2021	**	**	N.S.	4,72

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; G = genótipo; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente; S = suscetível.

<sup>†</sup> EP = estatura final de planta.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>€</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

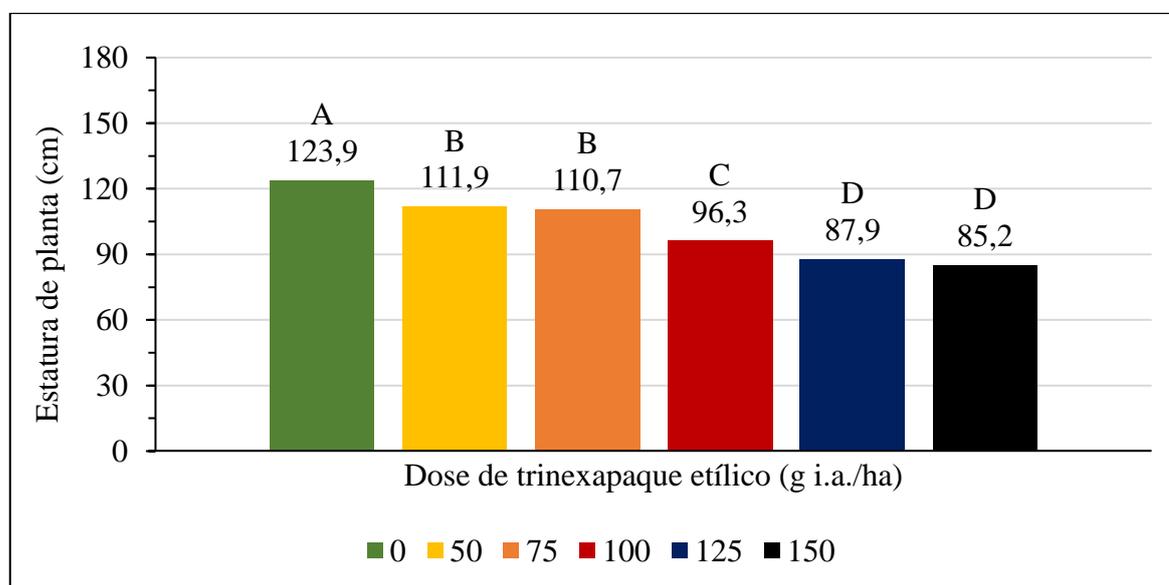


FIGURA 32. Estatura de planta, na média de cinco genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

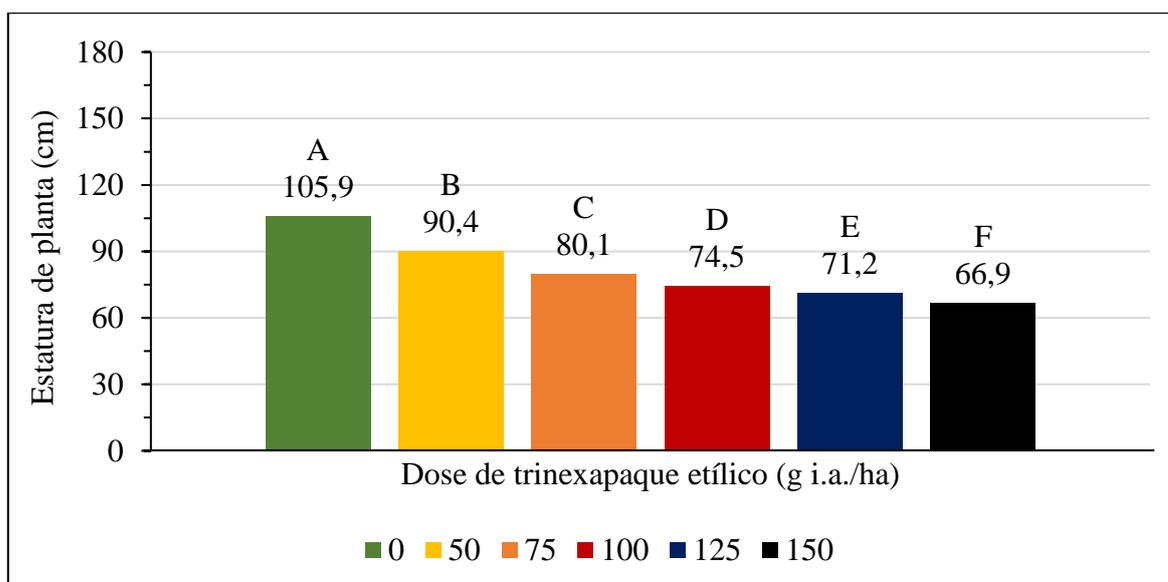


FIGURA 33. Estatura de planta, na média de cinco genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

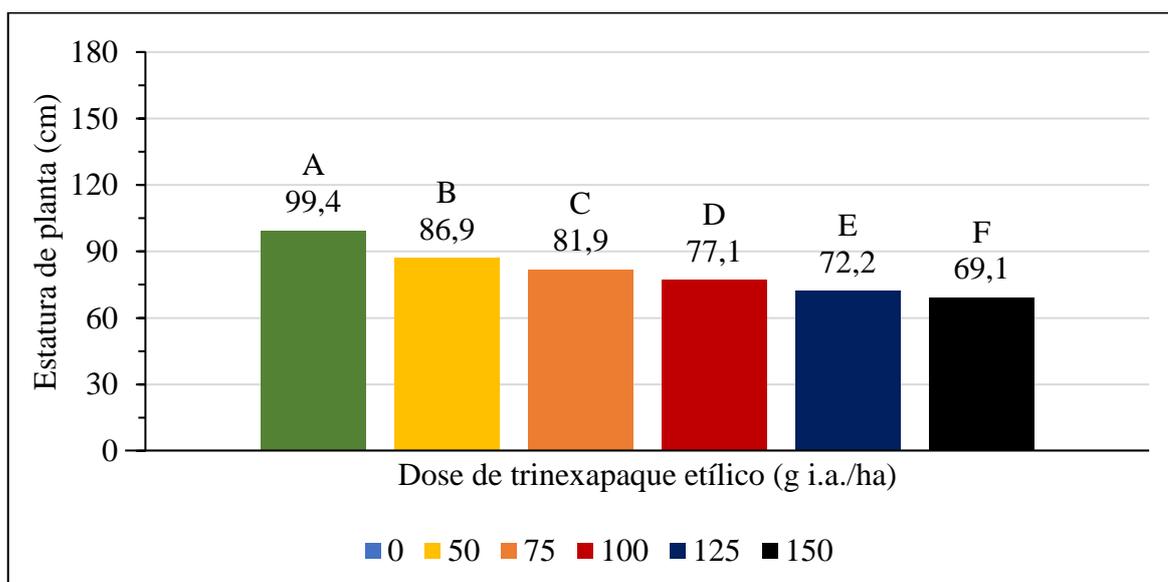


FIGURA 34. Estatura de planta, na média de cinco genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2021. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Como foi comentado anteriormente, a análise de variância identificou uma interação dupla “dose de TE x genótipo” para as médias de EP da classe de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento cultivados em 2020. Uma análise de variância subsequente foi realizada para identificar a significância de dose de TE sobre as médias de EP de 2020 de

cada genótipo classificado como suscetível ao acamamento. Foi observado que, em 2020, a dose de aplicação de TE foi um dos causadores de variação das médias de EP de IPR Artemis, UFRGS 127013-1, UFRGS 146171-1, URS Charrua e URS Corona cultivadas (Tabela 19).

TABELA 19. Significância do efeito de dose de trinexapaque-etílico e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter estatura de planta, dentro da classe de genótipos de aveia branca suscetíveis ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Eldorado do Sul, 2020.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>			C.V. (%) <sup>‡</sup>	
	CA	Ano	Genótipo		
EP	S	2020	IPR Artemis	**	3,58
			UFRGS 127013-1	**	3,78
			UFRGS 146171-1	**	6,7
			URS Charrua	**	2,28
			URS Corona	**	4,89

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; S = suscetível.

<sup>†</sup> EP = estatura final de planta.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

O mesmo padrão de redução da estatura devido a aplicação de TE, observado nos resultados acima, se repetiu nos genótipos da classe suscetível ao acamamento em 2020. Dentre os tratamentos as maiores médias de EP de cada genótipo foram obtidas pela falta de aplicação de TE, enquanto as menos médias foram correspondentes aos tratamentos contendo as doses mais altas (Figura 35, 36, 37, 38 e 39). O uso do regulador de crescimento causou redução de estatura gradual conforme a dose de sua aplicação de TE foi aumentada.

A aplicação de 150 g i.a./ha de TE resultou em médias de EP diferentes das médias obtidas por 125 g i.a./ha de TE apenas no genótipo URS Charrua (Figura 38). Outro fenômeno que ocorreu apenas nesse genótipo foi que o teste de Duncan classificou as médias de EP do tratamento controle e do tratamento que utilizou 50 g i.a./ha de TE como estatisticamente iguais.

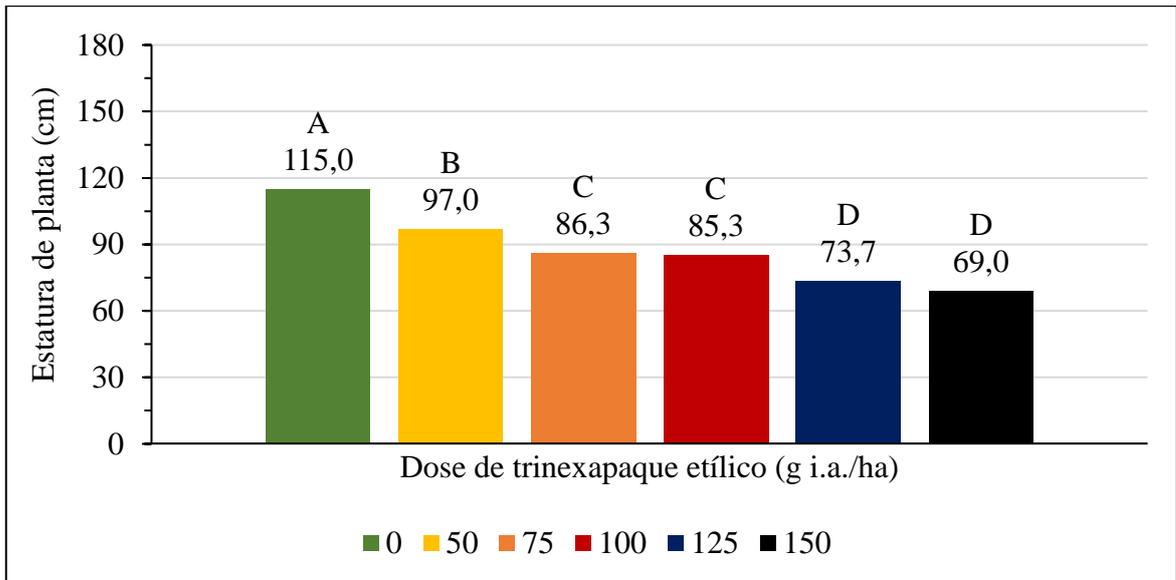


FIGURA 35. Estatura de planta do genótipo de aveia branca IPR Artemis, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

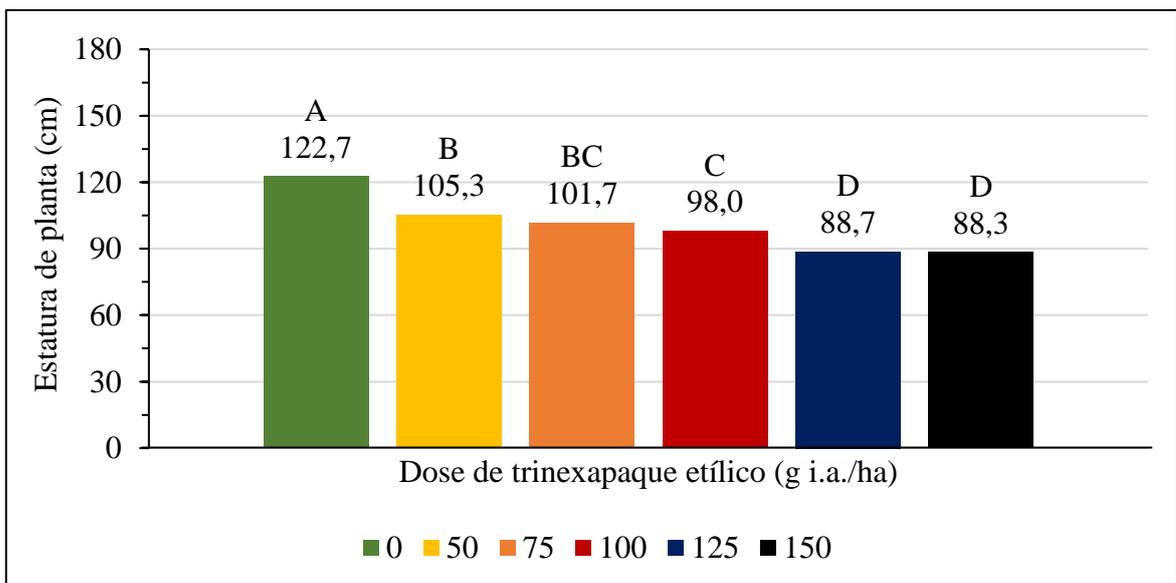


FIGURA 36. Estatura de planta do genótipo de aveia branca UFRGS 127013-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

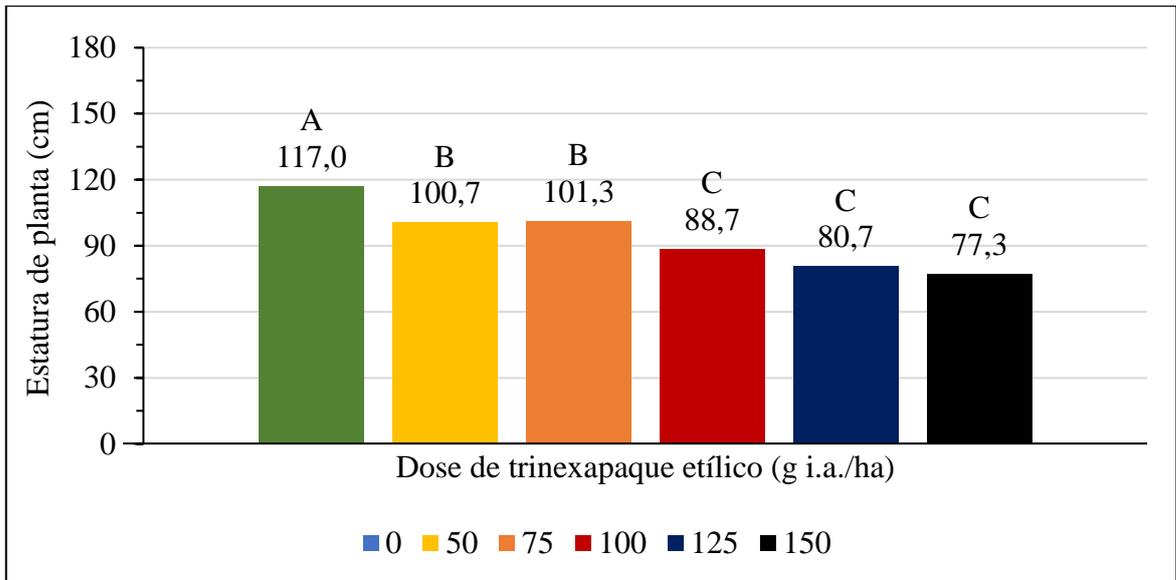


FIGURA 37. Estatura de planta do genótipo de aveia branca UFRGS 146171-1, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

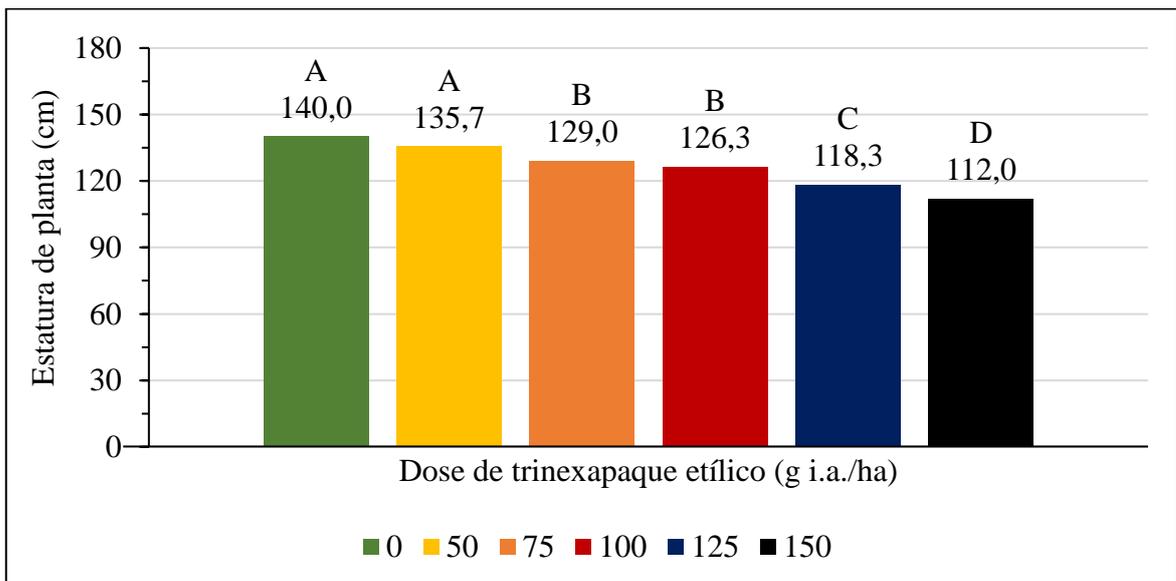


FIGURA 38. Estatura de planta do genótipo de aveia branca URS Charrua, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

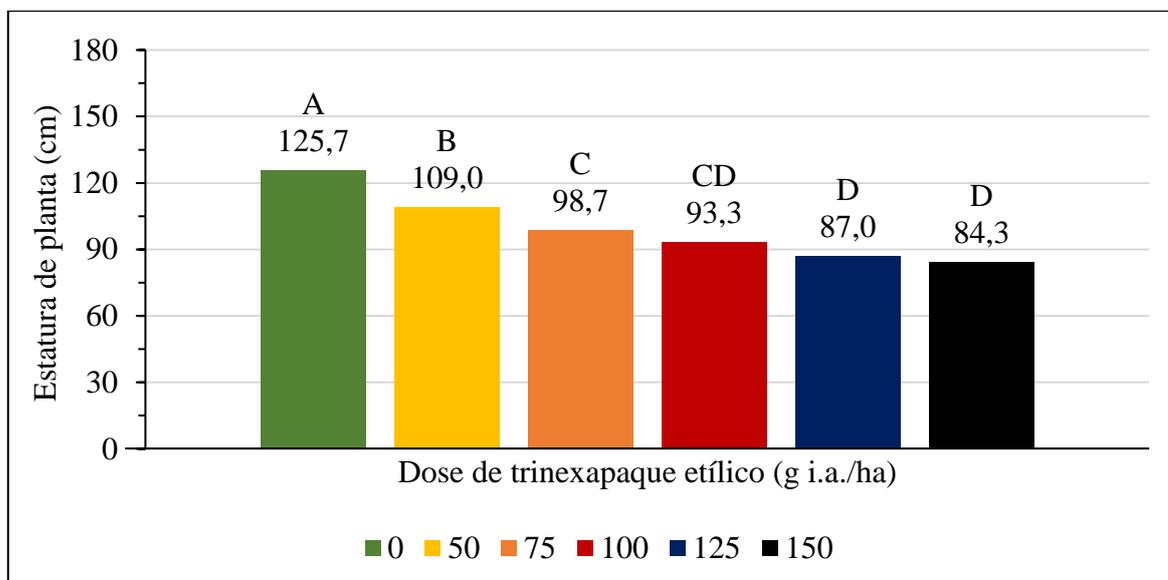


FIGURA 39. Estatura de planta do genótipo de aveia branca URS Corona, classificado como suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Médias de estatura de planta com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.4 Morfologia dos entrenós expandidos

Os dados de comprimento de entrenó (CE), diâmetro de entrenó (DE) e espessura da parede do entrenó (EPE) de cada entrenó expandido foram tabelados e submetidos a análise de variância para que fosse identificado o efeito da dose de aplicação de TE e de genótipo, assim como sua interação, nas médias de cada um dos três caracteres (Tabela 20). Para o caráter CE a estratificação dos genótipos de aveia em duas classes de resistência ao acamamento, resistente e suscetível, foi respeitada. O mesmo não ocorreu para os caracteres DE e EPE, sendo analisados no conjunto de genótipos pertencentes as duas classes.

A análise da variância indicou a influência da dose de aplicação de TE sobre as médias de CE do segundo, terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos, dentro do grupo de genótipos resistentes ao acamamento, e sobre as médias de CE do terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento (Tabela 20).

Também foi identificado que a interação “dose x genótipo” foi significativa para as médias de CE do quarto e quinto entrenós expandidos, dentro da classe de plantas resistentes ao acamamento, sendo as únicas interações identificadas que envolveram os caracteres morfológicos de colmo estudados no presente trabalho.

Para o restante dos caracteres, apenas foram encontrados efeitos significativos da dose de aplicação de TE sobre as médias de DE do segundo e terceiro entrenós expandidos, no conjunto de todos os genótipos estudados no trabalho, semeados na primeira época de

2020. Não foram identificadas diferenças das médias de EPE, devido a aplicação de TE, indicando que esse caráter não foi afetado pelo uso do regulador de crescimento (Tabela 20).

TABELA 20. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para os caracteres comprimento, diâmetro e espessura da parede do primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos, dentro das classes de genótipos de aveia branca resistentes e suscetíveis ao acamamento ou para ambas as classes, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Eldorado do Sul, 2020.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>					C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	EN	D	G	D*G	
CE	R	1	N.S. <sup>£</sup>	**	N.S.	24,37
	R	2	**	**	N.S.	11,87
	R	3	**	**	N.S.	7,59
	R	4	**	**	**	5,98
	R	5	**	**	*	10,78
	S	1	N.S.	**	N.S.	24,57
	S	2	N.S.	**	N.S.	12,92
	S	3	**	**	N.S.	8,25
	S	4	**	**	N.S.	6,93
	S	5	**	**	N.S.	9,39
DE	Ambas	1	N.S.	**	N.S.	6,60
	Ambas	2	*	*	N.S.	4,95
	Ambas	3	*	**	N.S.	4,94
	Ambas	4	N.S.	**	N.S.	5,99
	Ambas	5	N.S.	*	N.S.	10,01
EPE	Ambas	1	N.S.	**	N.S.	16,36
	Ambas	2	N.S.	**	N.S.	15,10
	Ambas	3	N.S.	**	N.S.	15,83
	Ambas	4	N.S.	**	N.S.	16,77
	Ambas	5	N.S.	**	N.S.	19,74

<sup>§</sup> D = doses de trinexapaque-etílico; G = genótipo; CA = classe de resistência ao acamamento; EN = número do entrenó.

<sup>†</sup> CE = comprimento do entrenó; DE = diâmetro do entrenó; EPE = espessura da parede do entrenó.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>£</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

#### 4.4.1 Comprimento dos entrenós expandidos

As diferenças significativas entre as médias de CE produzidas pelas diferentes doses de TE, identificadas previamente pela análise de variância, foram exploradas pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade, exceto quando houve interação entre dose de TE e genótipo,

observada para as médias de CE do quarto e quinto entrenós expandidos, dentro da classe de genótipos resistentes ao acamamento.

A apresentação dos resultados será iniciada pela classe de genótipos suscetíveis ao acamamento. Foram identificadas reduções no CE do terceiro ao quinto entrenós expandidos, devido a aplicação das diferentes doses de TE, que se acentuaram quando as doses do regulador de crescimento foram aumentadas (Figuras 40, 41, 42). As médias de CE do terceiro e quarto entrenós expandidos, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, apresentaram as primeiras reduções na aplicação da menor dose de TE, 50 g i.a./ha (Figuras 40 e 41). O quinto entrenó expandido sofreu a redução de CE mais sutil. Nesse caso a dose de 50 g i.a./ha não foi suficiente gerar médias de CE estatisticamente diferentes das médias produzidas pelo tratamento controle, fato observado a partir da dose de 75 g i.a./ha do regulador de crescimento (Figura 42). A redução máxima do CE foi atingida com o uso da dose de 150 g i.a./ha de trinexapaque-etílico. As reduções de CE provocadas pelo uso da maior dose de trinexapaque-etílico estudada, em relação ao tratamento tal qual não utilizou o regulador de crescimento, foram de 33,7 %, 32,2 % e 19,1 % no terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, respectivamente (Figuras 40, 41, 42).

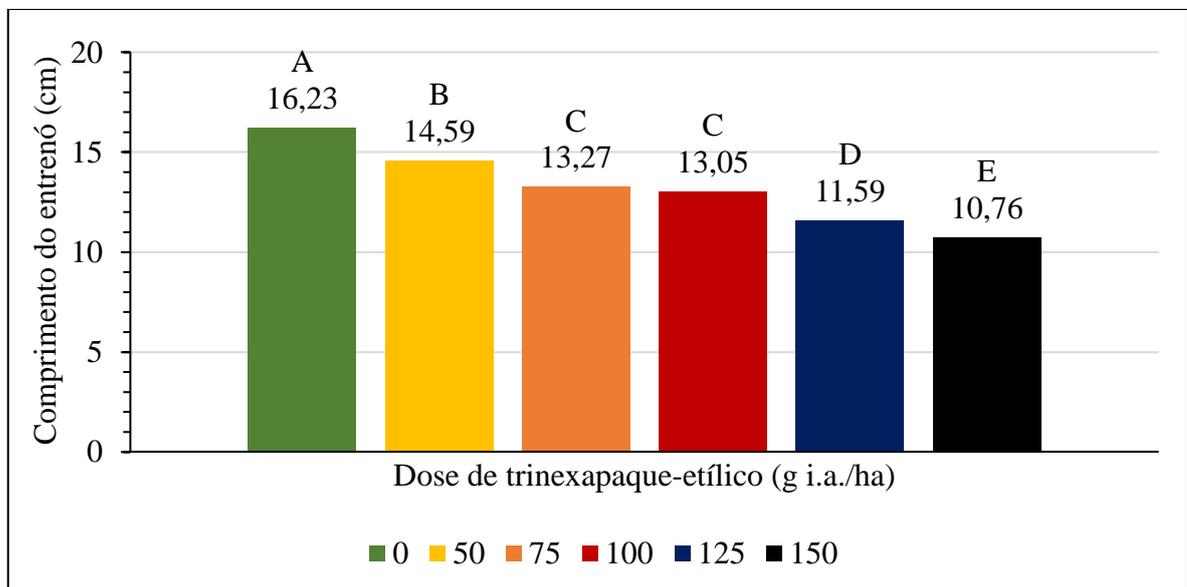


FIGURA 40. Comprimento médio do terceiro entrenó expandido dos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do terceiro entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

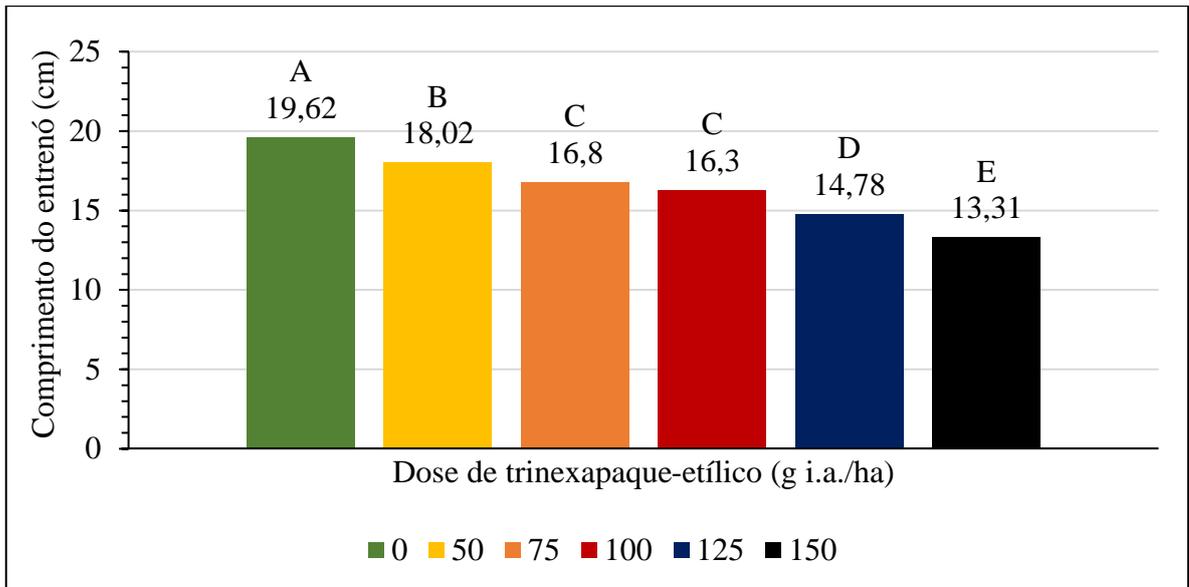


FIGURA 41. Comprimento médio do quarto entrenó expandido dos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

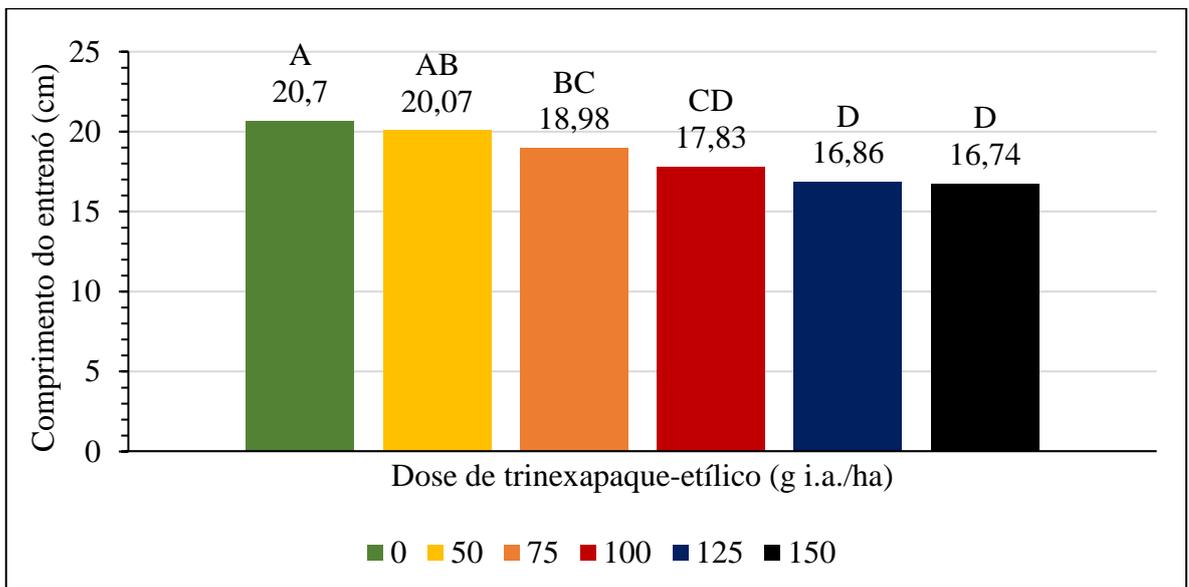


FIGURA 42. Comprimento médio do quinto entrenó expandido dos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Devido ao momento que as aplicações de TE foram realizados, seu princípio ativo não pode agir nos caracteres morfológicos do segundo entrenó expandido, como agiram nos

entrenós que o sucederam. Isso pode ser visto nos resultados do CE do segundo entrenó expandido, dentro da classe de genótipos resistentes ao acamamento. Apesar das médias desse caráter serem influenciadas pela dose de TE aplicada, segundo a análise de variância, seus resultados apresentaram, com maior frequência, médias que não diferiram entre si, em função da dose do regulador de crescimento, tornando as suas diferenças menos evidentes (Figura 43). O tratamento com a ausência da aplicação de TE seguiu apresentando a maior média de CE no segundo entrenó expandido, dentro da classe de genótipos resistentes ao acamamento, porém sem diferir das doses de 50, 75 e 100 g i.a./ha de TE. As menores médias foram alcançada através da aplicação de 125 e 150 g i.a./ha do regulador de crescimento. A maior redução da média foi observada sob a aplicação da dose de 125 g i.a./ha de TE, resultando em média 15,1 % inferior à observada na testemunha sem aplicação de TE (Figura 43).

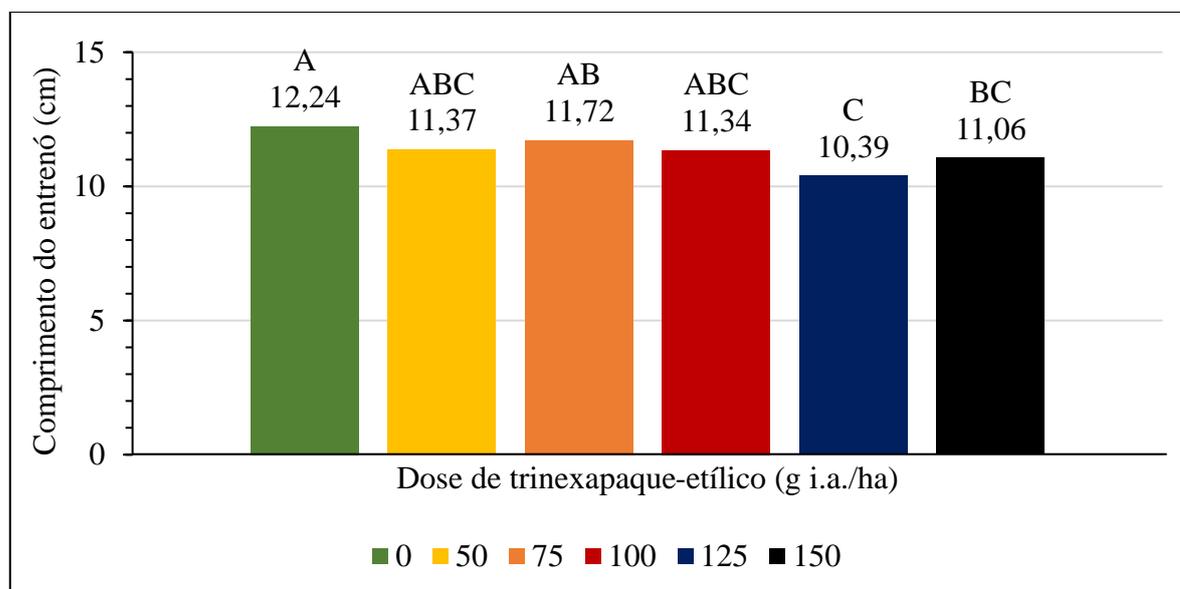


FIGURA 43. Comprimento médio do segundo entrenó expandido de genótipos de aveia branca classificados como resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do segundo entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

O padrão observado na alteração das médias de CE da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, sob diferentes doses de TE, se repetiu quando as médias de CE do terceiro entrenó expandido dos genótipos da classe resistente ao acamamento foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5 % de probabilidade. A ausência de aplicação de TE resultou na maior média de CE do terceiro entrenó expandido de plantas resistentes ao acamamento cultivadas

na primeira época de 2021. O CE foi reduzido a partir da dose de 50 g i.a./ha do regulador de crescimento, sem diferir da dose de 75 g i.a./ha. As menores médias do comprimento do terceiro entrenó expandido, dos genótipos resistentes ao acamamento, foram observadas nas duas maiores doses de TE, resultando em redução de 23,3 % em relação à média do tratamento controle (Figura 44).

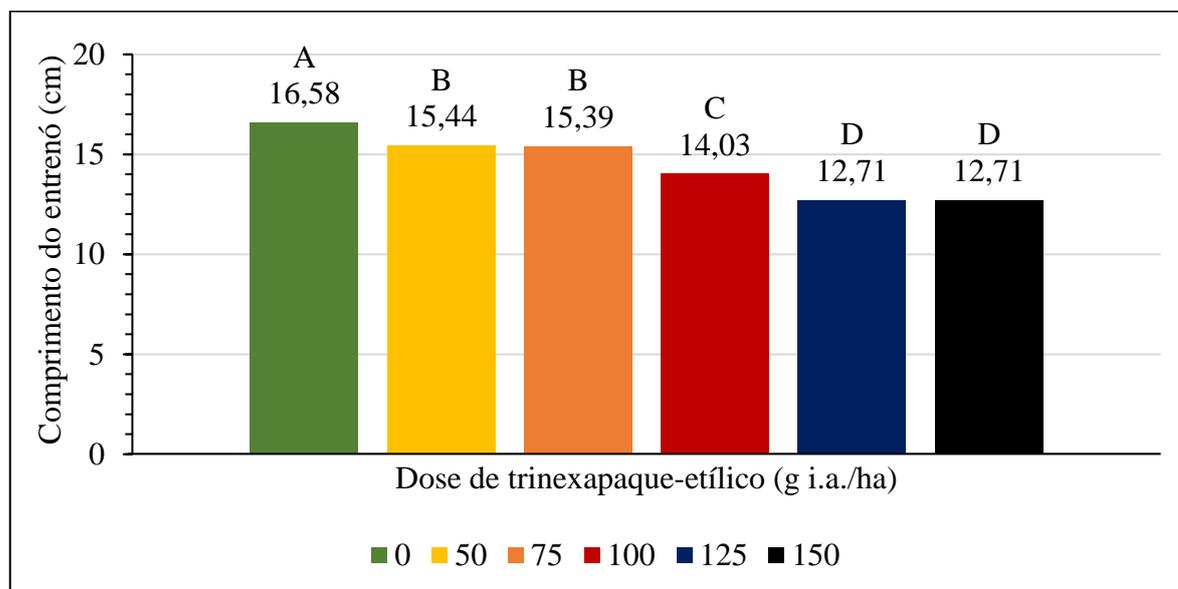


FIGURA 44. Comprimento médio do terceiro entrenó expandido de genótipos de aveia branca classificados como resistentes ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do terceiro entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Outra análise de variância foi realizada com a finalidade de identificar o efeito da dose de aplicação de TE nas médias de CE do quarto e quinto entrenós expandidos dos genótipos pertencentes a classe resistente ao acamamento (Tabela 21). Essa análise revelou que a aplicação do regulador de crescimento alterou as médias de CE do quarto entrenó expandido, de todos os genótipos resistentes ao acamamento, e do quinto entrenó expandido de três dos cinco genótipos resistentes ao acamamento estudados, que são IPR Afrodite, URS Brava e URS Monarca, sem ocorrer alteração no comprimento do quinto entrenó expandido de URS Altiva e URS Taura (Tabela 21).

A comparação das médias de CE do quarto entrenó expandido de URS Altiva, URS Brava e URS Taura evidenciou padrão de comportamento similar destas cultivares, quando submetidas as diferentes doses de TE (Figuras 45, 46 e 47). A redução de CE ocorreu a partir da aplicação de 50 g i.a./ha do regulador de crescimento e atingindo seus valores mínimos

ao ser utilizada a dose máxima testada, 150 g i.a./ha, embora as diferenças de CE entre doses próximas de TE nem sempre tenham sido significativas. Em URS Brava foram observados apenas dois níveis de redução do comprimento do quarto entrenó expandido, em comparação com o controle, o primeiro com as duas menores doses de TE e o segundo com as três maiores doses, incluindo as duas doses recomendadas pelo fabricante, 100 e 125 g i.a./ha, e a dose 150 g i.a./ha do regulador de crescimento (Figura 45).

TABELA 21. Significância dos efeitos principais e das suas interações e coeficiente de variação, segundo a análise de variância, para o caráter comprimento do quarto e quinto entrenó expandidos, em uma classe com cinco genótipos de aveia branca resistentes ao acamamento, submetidos a seis doses de trinexapaque-etílico e semeados na primeira época de 2020. Eldorado do Sul, 2020.

Caráter <sup>†</sup>	Causas de variação <sup>§</sup>				C.V. (%) <sup>‡</sup>
	CA	EN	Genótipo	D	
CE	R	4	IPR Afrodite	**	6,15
			URS Altiva	**	5,48
			URS Brava	**	5,18
			URS Monarca	**	5,46
			URS Taura	**	6,21
		5	IPR Afrodite	**	5,15
			URS Altiva	N.S. <sup>‡</sup>	9,07
			URS Brava	*	9,44
			URS Monarca	**	9,38
			URS Taura	N.S.	13,15

<sup>§</sup> EM = entrenó; D = doses de trinexapaque-etílico; CA = classe de resistência ao acamamento; R = resistente.

<sup>†</sup> CE = comprimento do entrenó.

<sup>‡</sup> Coeficiente de variação, em porcentagem.

<sup>‡</sup> Teste F não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

\* Teste F significativo, ao nível de 5 % de probabilidade.

\*\* Teste F significativo, ao nível de 1 % de probabilidade.

Por um lado, entre as cultivares resistentes ao acamamento, IPR Afrodite mostrou menor sensibilidade ao regulador do crescimento, quanto à redução do CE do quarto entrenó expandido, havendo redução do CE, em relação ao controle, apenas na dose mais elevadas de TE, na proporção de 21,1 % (Figura 48). Por outro lado, a cultivar URS Monarca foi a cultivar resistente ao acamamento mais sensível aos efeitos do regulador de crescimento, quanto ao crescimento do quarto entrenó expandido. Em URS Monarca houve redução gradual do comprimento do quarto entrenó expandido com o aumento das doses de TE, até a dose de 125 g i.a./ha, que resultou em redução de CE em 39,4 %, sem diferir da dose de 150 g i.a./ha (Figura 49).

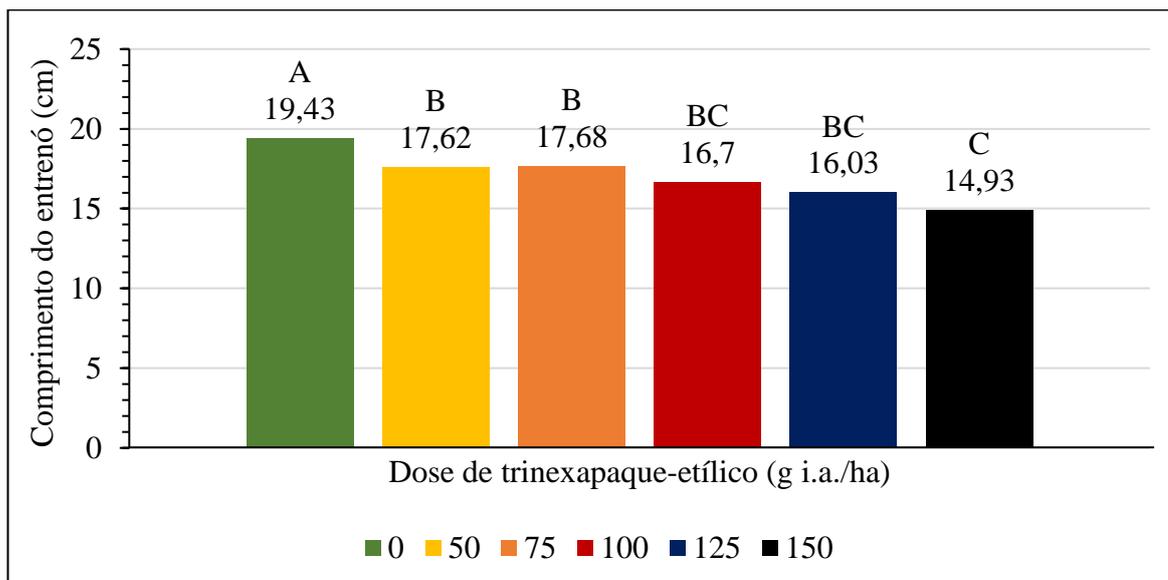


FIGURA 45. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Altiva, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

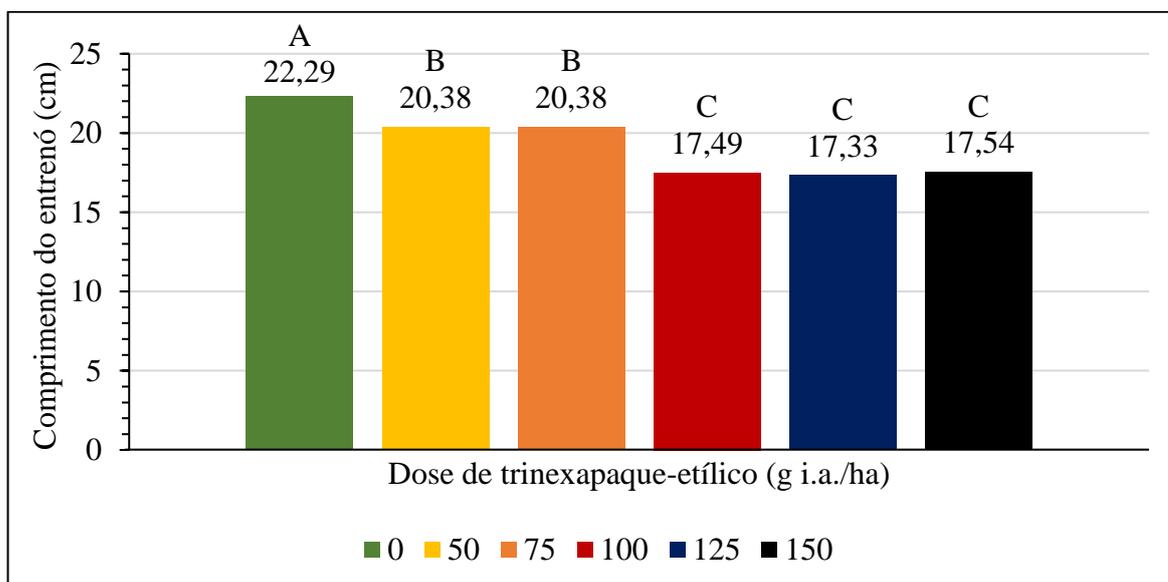


FIGURA 46. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Brava, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

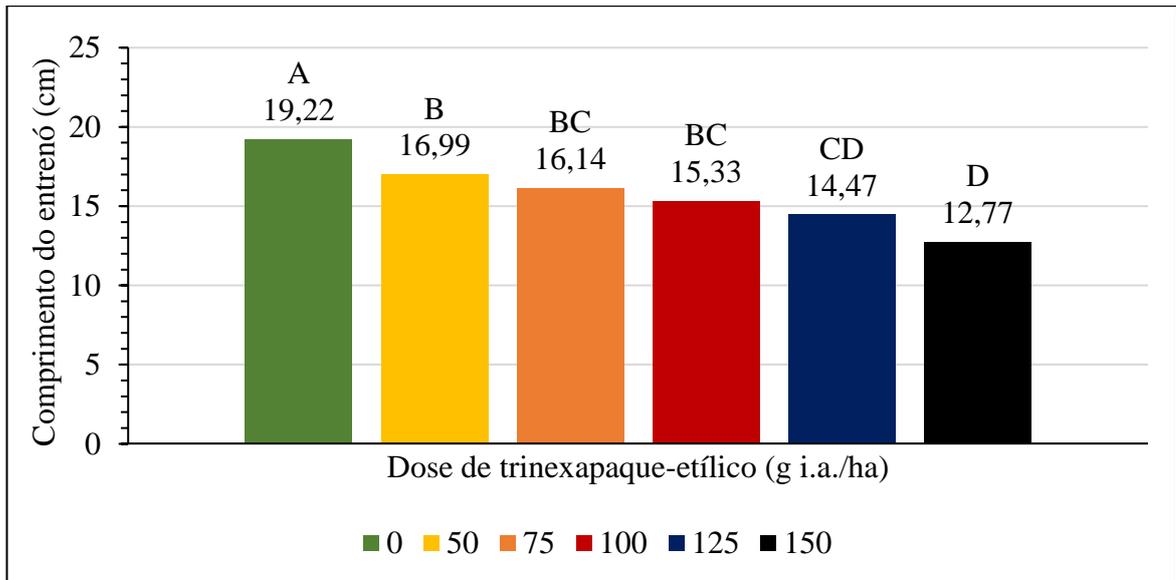


FIGURA 47. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Taura, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

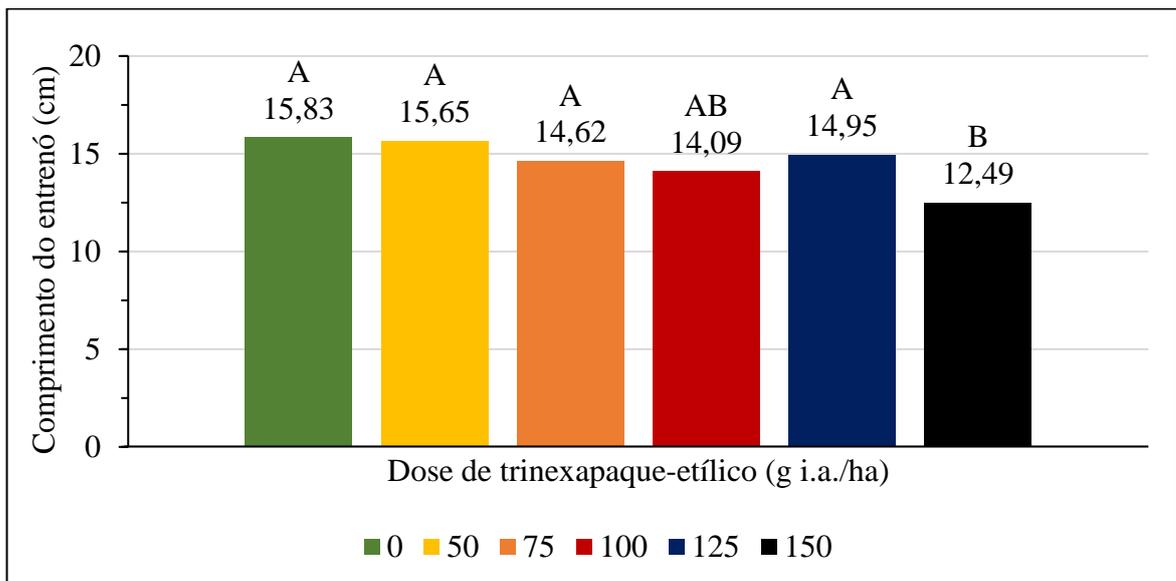


FIGURA 48. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de IPR Afrodite, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

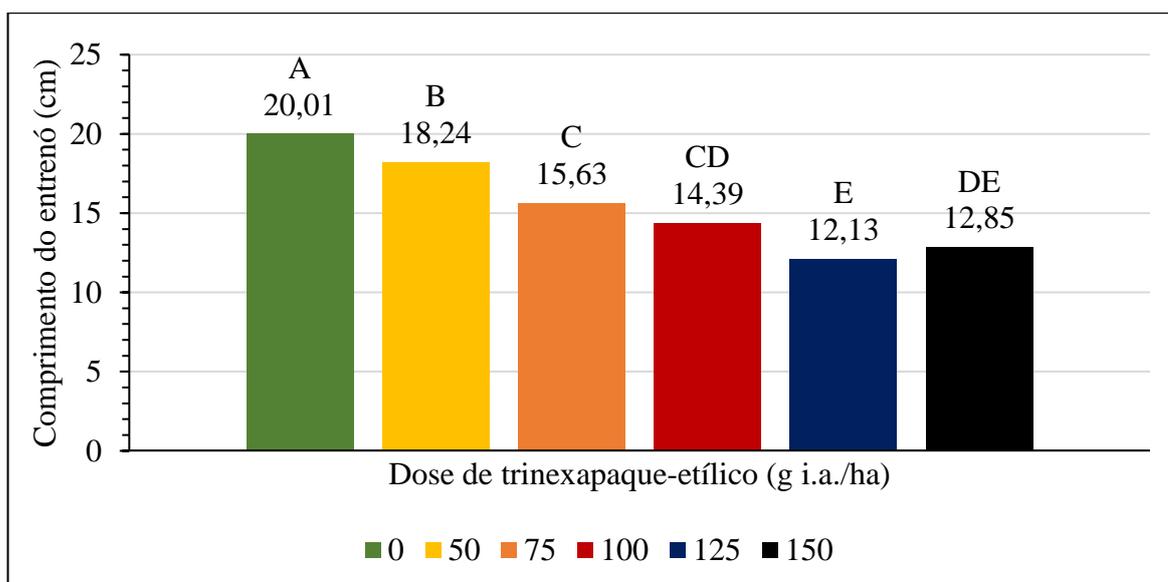


FIGURA 49. Comprimento médio do quarto entrenó expandido de URS Monarca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quarto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Ao analisar as médias de CE do quinto entrenó expandido nota-se que o comportamento das cultivares IPR Afrodite e URS Brava foi mais similar, com menor sensibilidade à redução do comprimento do quinto entrenó expandido pela aplicação de TE (Figuras 50 e 51), enquanto URS Monarca foi mais sensível (Figura 52), assim como observado para a redução do quarto entrenó expandido. Em IPR Afrodite foi observada redução de CE do quinto entrenó expandido somente a partir da dose de TE igual a 100 g i.a./ha, sem diferir das doses de 125 e 150 g i.a./ha do regulador de crescimento (Figura 50). Enquanto em URS Brava o comprimento do quinto entrenó expandido foi reduzido significativamente somente a partir da dose máxima de TE recomendada pelo fabricante, 125 g i.a./ha, e chegando à redução ainda maior com a dose de 150 g i.a./ha (Figura 51).

Já URS Monarca mostrou redução de CE do quinto entrenó expandido com a aplicação da dose mínima de TE utilizada, 50 g i.a./ha, na proporção de 17,5 %, relativo ao controle, sendo seguida pela dose de 75 g i.a./ha, com redução de 32,3 %, relativo ao controle, porém sem mais redução significativa no comprimento do quinto entrenó expandido com o incremento na dose de TE (Figura 52).

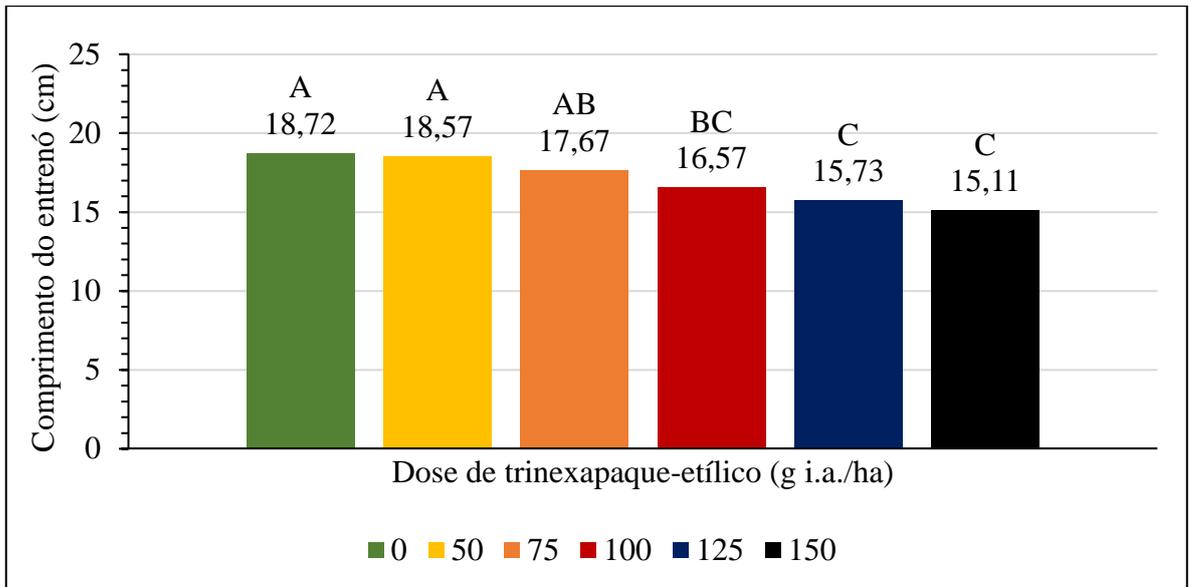


FIGURA 50. Comprimento médio do quinto entrenó expandido de IPR Afrodite, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

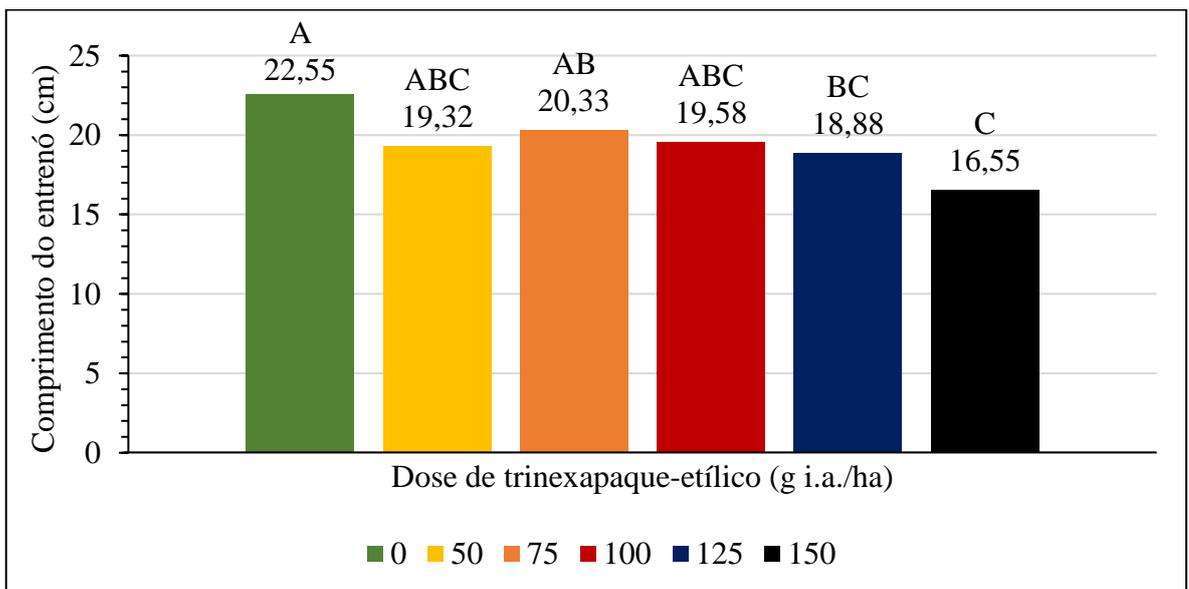


FIGURA 51. Comprimento médio do quinto entrenó expandido de URS Brava, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

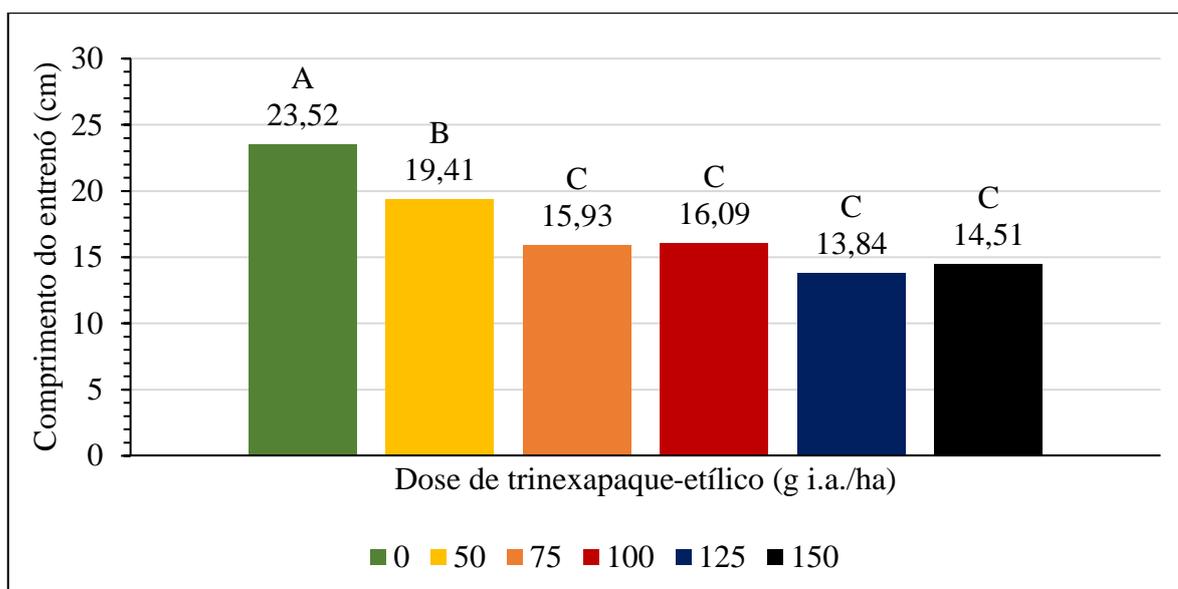


FIGURA 52. Comprimento médio do quinto entrenó expandido de URS Monarca, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Comprimentos médios do quinto entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.4.2 Diâmetro dos entrenós expandidos

Uma vez que a análise da variância mostrou haver diferenças significativas no DE do segundo e terceiro entrenós expandidos, devido a aplicação das diferentes doses de TE (Tabela 20), as médias de DE desses entrenós, no conjunto dos dez genótipos estudados, foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade (Figuras 53 e 54).

A aplicação de TE, na média dos dez genótipos de aveia, mostrou resultados semelhantes para o DE do segundo e terceiro entrenós expandidos, não havendo mudanças em DE com a aplicação de TE entre a dose mínima utilizada, 50 g i.a./ha, e máxima recomendada pelo fabricante, 125 g i.a./ha, relativo ao controle, sem aplicação de TE. A dose máxima utilizada neste estudo, 150 g i.a./ha, resultou em menor diâmetro do colmo no segundo e terceiro entrenós expandidos (Figuras 53 e 54).

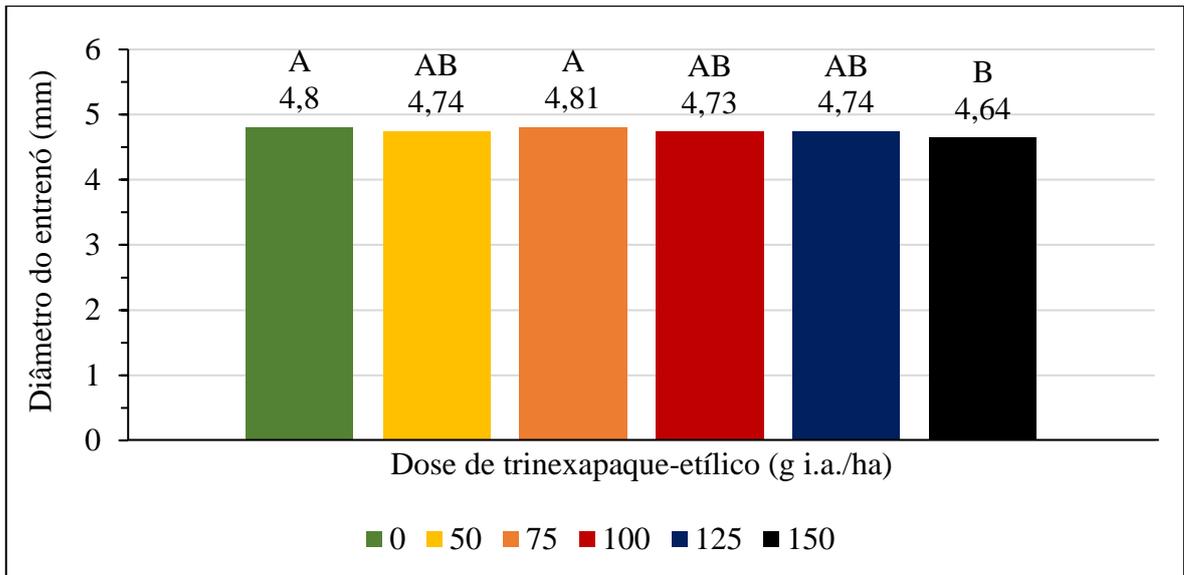


FIGURA 53. Diâmetro médio do segundo entrenó expandido do conjunto de dez genótipos de aveia branca, classificados como resistentes e suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Diâmetros médios do segundo entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

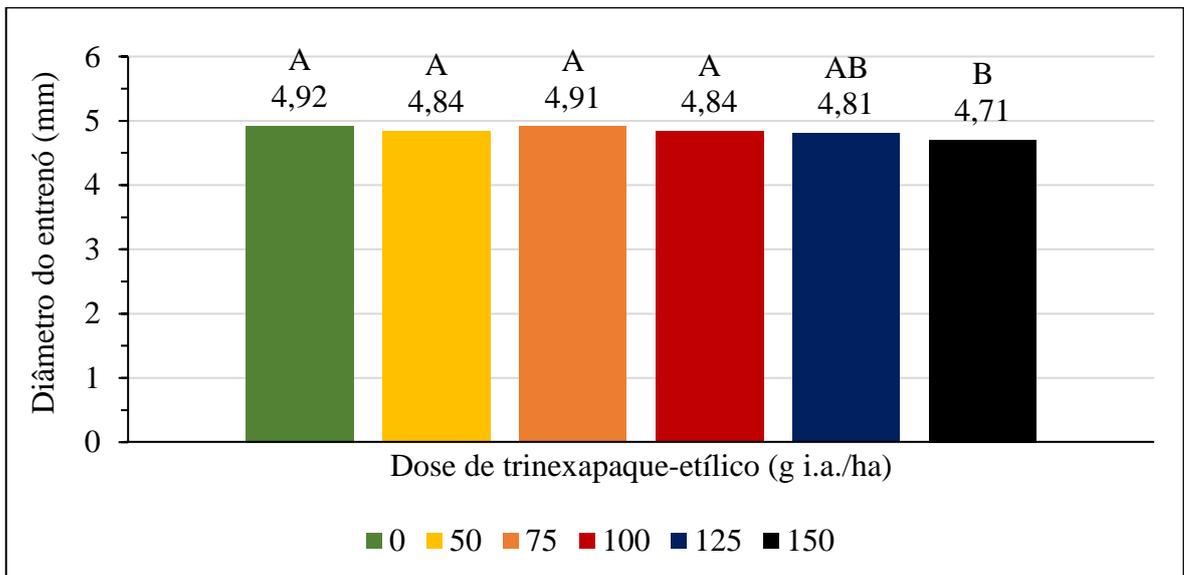


FIGURA 54. Diâmetro médio do terceiro entrenó expandido do conjunto de dez genótipos de aveia branca, classificados como resistentes e suscetíveis ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020. Diâmetros médios do terceiro entrenó expandido com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### 4.5 Análise de correlação de Spearman entre os caracteres avaliados

A análise de correlação de Spearman foi realizada para identificar o grau de associação linear entre os caracteres agronômicos de aveia branca, avaliados dentro de cada classe de resistência de genótipos ao acamamento, em dois anos de cultivo. Os caracteres utilizados na análise foram aqueles que responderam ao uso de TE na média dos genótipos pertencentes à classe suscetível ao acamamento.

Nenhuma correlação forte foi encontrada entre as médias de caracteres dos genótipos classificados como suscetíveis ou resistentes ao acamamento. As duas correlações de maior magnitude, acima de 0,60, envolveram o caráter DEF, sendo -0,64 entre DEF e PH, dentro dos genótipos suscetíveis ao acamamento (Quadro 4) e -0,69 entre DEF e MMG, dentro dos genótipos resistentes ao acamamento (Quadro 5). Ambas as correlações envolvendo DEF refletem tanto a amostra de genótipos utilizados no estudo, onde os genótipos mais precoces têm melhor qualidade de grãos, medido tanto pelo PH quanto pela MMG, assim como o efeito do regulador de crescimento que retardou o florescimento e tendeu a reduzir o PH. Para exemplificar a amostra dos genótipos utilizadas, pode-se citar que URS Monarca apresentou a maior MMG e menor DEF dentre os genótipos avaliados, enquanto o contrário ocorreu em IPR Afrodite.

A DEF e a EP apresentaram correlações médias e negativas com o RG, -0,54 e -0,46, respectivamente, dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento (Quadro 4). A correlação negativa entre EP e RG indica que genótipos de maior estatura podem ter parte do seu potencial de rendimento de grãos restringido devido a tendência ao acamamento, uma vez que EP e IA foram correlacionados em 0,59, enquanto o IA afetou negativamente o RG, resultando em correlação negativa de -0,30, dentro dos genótipos suscetíveis ao acamamento. Essa correlação entre IA e RG, dentro dos genótipos suscetíveis ao acamamento foi baixa, indicando que neste estudo outros fatores foram mais importantes para definir o rendimento de grãos observado. Interessantemente, para os genótipos resistentes ao acamamento, a correlação entre IA e RG, com coeficiente de -0,27, foi similar à observada nos genótipos suscetíveis ao acamamento. Da mesma forma, a correlação entre EP e IA se manteve nos genótipos resistentes ao acamamento, embora com coeficiente um pouco menor, de 0,44, em comparação aos genótipos suscetíveis ao acamamento (Quadro 5).

Embora a EP e IA tenha mostrado correlação negativa com RG, o mesmo não foi observado entre EP e PH e entre IA e PH, independente da classe de acamamento dos genótipos. Dentro da classe de genótipos suscetíveis ao acamamento, EP e PH não foram correlacionados e IA e PH tiveram correlação fraca positiva, de 0,18 (Quadro 4), enquanto

dentro dos genótipos resistentes ao acamamento EP e PH tiveram correlação positiva de 0,46, acompanhado por correlação de 0,21 entre IA e PH (Quadro 5). As correlações positivas, embora fracas, entre IA e PH refletem a amostra de genótipos utilizadas no estudo e não uma causa com fundamento na fisiologia da espécie, uma vez que a maioria dos genótipos de aveia estudados e que tendem a acamar, além do porte mais elevado, pertencem ao Programa de Melhoramento de Aveia da UFRGS, o qual faz forte seleção para a qualidade de grãos.

Já a correlação positiva entre EP e PH, observada apenas para genótipos resistentes ao acamamento (Quadro 5), indica que as plantas mais altas tendem a produzir grãos de maior qualidade, refletem tanto a amostra de genótipos estudados quanto o possível efeito do uso de TE. Uma vez que foi observada redução da EP frente ao aumento das doses de TE, juntamente com redução do PH com o aumento das doses de TE, resultando na correlação positiva entre EP e PH, nos genótipos resistentes ao acamamento, onde a maior estatura nem sempre resulta em maior acamamento.

**QUADRO 4.** Coeficientes de correlação de Spearman entre os caracteres dias da emergência ao florescimento (DEF), índice de acamamento (IA), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), número de grãos por espiguetas (NGE) e massa de mil grãos (MMG), em cinco genótipos de aveia branca pertencentes a classe suscetível ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.

<b>Caráter</b>	<b>DEF</b>	<b>IA</b>	<b>EP</b>	<b>RG</b>	<b>PH</b>	<b>NGE</b>
<b>IA</b>	N.S. <sup>‡</sup>					
<b>EP</b>	0,30**	0,59**				
<b>RG</b>	-0,54**	-0,30**	-0,46**			
<b>PH</b>	-0,64**	0,18*	N.S.	0,27**		
<b>NGE</b>	N.S.	N.S.	0,30**	N.S.	-0,34**	
<b>MMS</b>	N.S.	N.S.	0,24**	0,26**	0,28**	N.S.

<sup>‡</sup> Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade;

\*Significante ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\*Significante ao nível de 1 % de probabilidade.

QUADRO 5. Coeficientes de correlação de Spearman entre os caracteres dias da emergência ao florescimento (DEF), índice de acamamento (IA), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), número de grãos por espiguetas (NGE) e massa de mil grãos (MMG), em cinco genótipos de aveia branca pertencentes a classe resistente ao acamamento, sob a aplicação de seis doses de trinexapaque-etílico, na primeira época de semeadura de 2020 e 2021.

<b>Caráter</b>	<b>DEF</b>	<b>IA</b>	<b>EP</b>	<b>RG</b>	<b>PH</b>	<b>NGE</b>
<b>IA</b>	N.S. <sup>‡</sup>					
<b>EP</b>	0,26**	0,44**				
<b>RG</b>	-0,22**	-0,27**	-0,44**			
<b>PH</b>	-0,31**	0,21**	0,46**	N.S.		
<b>NGE</b>	N.S.	N.S.	0,19*	-0,19*	-0,16*	
<b>MMG</b>	-0,69**	N.S.	N.S.	N.S.	0,31**	N.S.

<sup>‡</sup> Não significativo ao nível 5 % de probabilidade;

\*Significante ao nível de 5 % de probabilidade;

\*\*Significante ao nível de 1 % de probabilidade.

#### 4.6 Condições meteorológicas

A estação meteorológica, localizada na área experimental onde o presente trabalho foi instalado na EEA/UFRGS, não registrou corretamente as condições climáticas de alguns dias. Em razão deste fato, dados da estação meteorológica automatizada do INMET de Porto Alegre foram utilizados para caracterizar as condições meteorológicas ocorridas durante a condução dos experimentos.

A menor temperatura observada em 2020 foi de 2,7°C no dia 15 de julho, cerca de 50 dias antes do florescimento médio da primeira época de semeadura (Figura 55). Nesse ano de cultivo o dia 19 de outubro apresentou a temperatura máxima, que foi de 33,8°C, que foi cerca de 15 e 45 dias após o florescimento médio da primeira e segunda épocas de semeadura, respectivamente. A temperatura média para a primeira época de cultivo de 2020 foi de 16,6°C, enquanto na segunda época a temperatura média foi de 17,4°C. A primeira época durou 152 dias da semeadura até a coleta de todas as parcelas, enquanto na segunda época todo o trabalho foi concluído em 131 dias, 21 dias a menos do que na primeira época de semeadura. A aceleração do ciclo se deve muito as maiores temperaturas observadas na segunda época de 2020 (Figura 55), além do maior fotoperíodo diário.

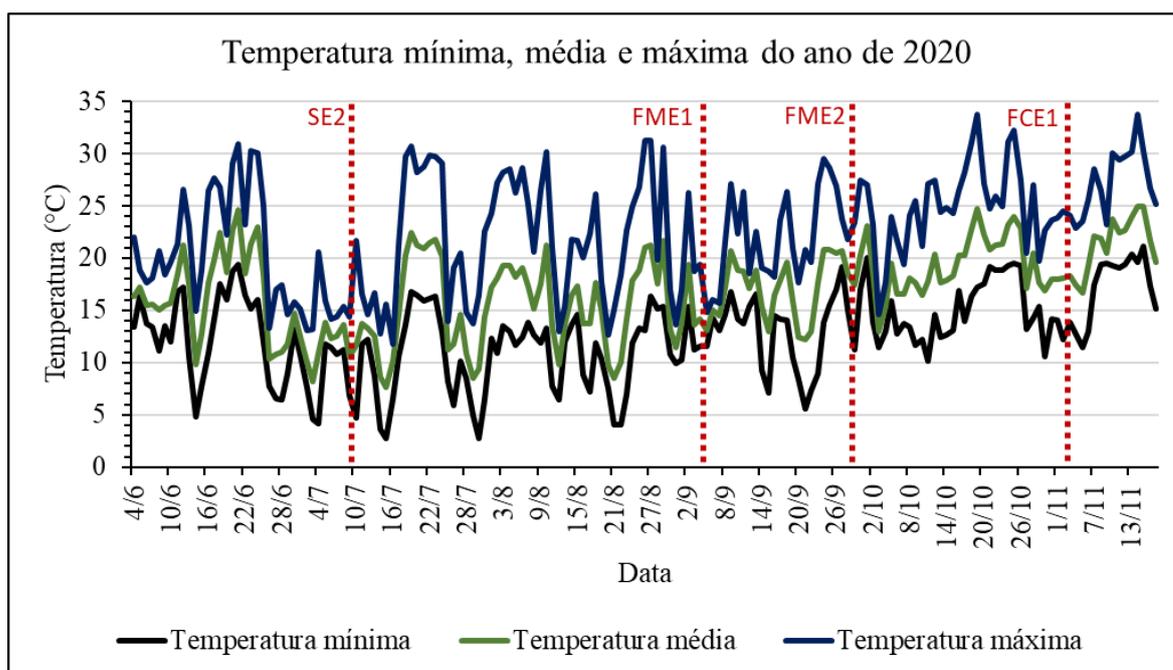


FIGURA 55. Temperatura mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2020. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021.

A maior velocidade dos ventos em 2020 foi observada entre a semeadura da primeira época e a semeadura da segunda época (Figura 56). Essas rajadas de vento atingiram 20,5 km/h em seu pico. Esse pico ocorreu fora de um momento de risco de acamamento, pois as plantas da primeira época ainda estavam em estádio iniciais de desenvolvimento. Vários picos com ventos de velocidade de aproximadamente 15 km/h ocorreram após o início do florescimento da primeira época, porém não foram suficientes para causarem condições mais favoráveis ao acamamento.

Além das rajadas de vento pouco intensas, a precipitação pluviométrica não foi excessivamente elevada, a ponto de comprometer estruturalmente as plantas de aveia branca avaliadas (Figura 57). No enchimento de grãos a precipitação reduziu, sendo menor na segunda época de 2020, comparada à primeira época do mesmo ano. Mesmo assim, a precipitação foi suficiente para que o enchimento de grãos ocorresse de forma adequada.

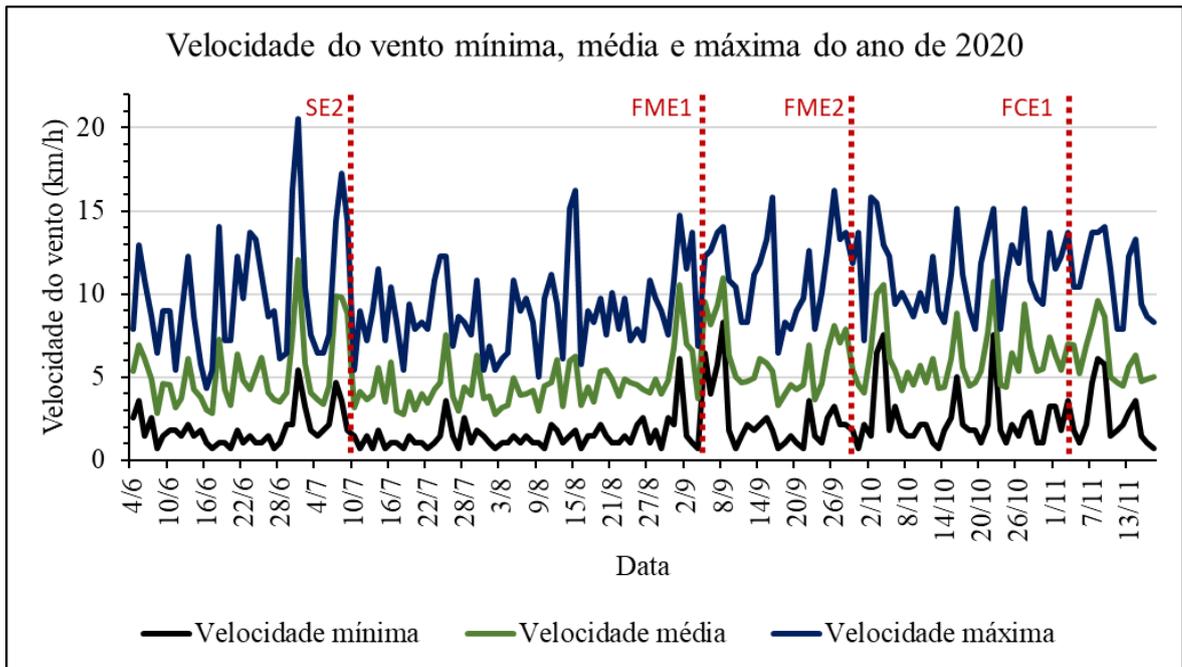


FIGURA 56. Velocidade do vento mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2020. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021.

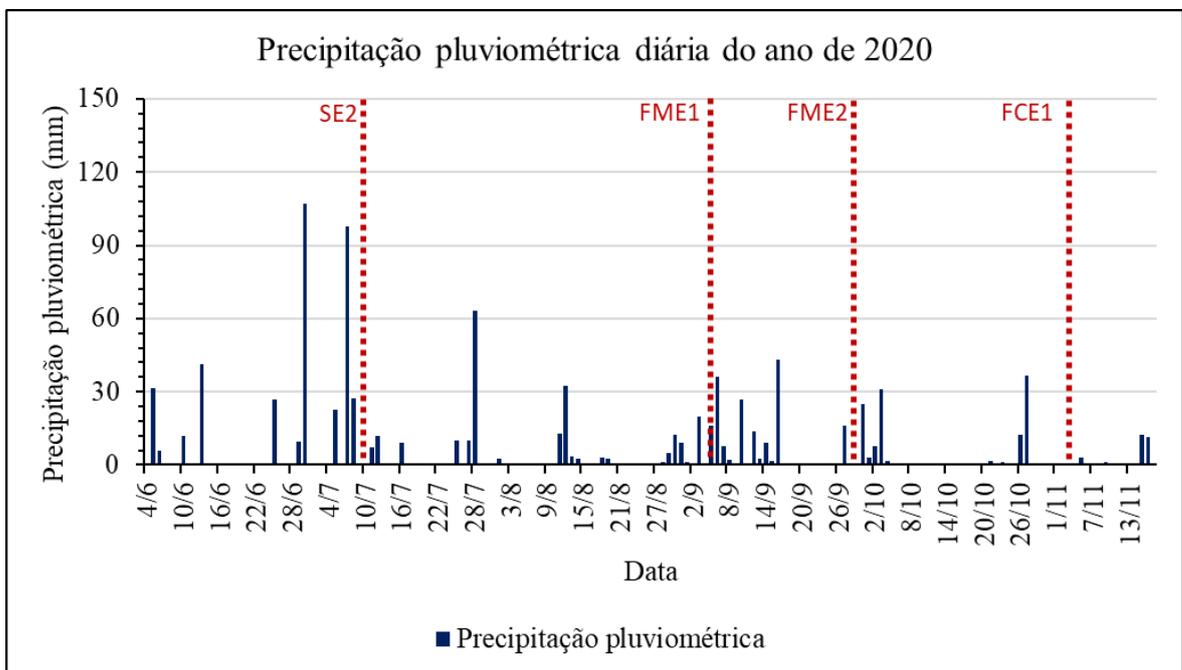


FIGURA 57. Precipitação pluviométrica diária no período de condução dos experimentos no ano de 2020. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021.

Em 2021 foi observada temperatura mínima de 2,3°C no dia 30 de julho, cerca de 40 dias antes do florescimento médio da primeira época de semeadura (Figura 58). Nesse mesmo período foram identificadas temperaturas elevadas, próximas de 30°C. Apesar disso, essas não foram as temperaturas mais altas durante o período de cultivo. No dia 19 de agosto, cerca de 20 dias antes do florescimento médio da primeira época de semeadura, a temperatura máxima foi de 34,5°C. Outros picos de temperatura ocorreram no final de outubro e início de novembro. O pico desse período, atingindo 34,3°C, ocorreu no dia 27 de outubro, cerca de 27 dias após o florescimento da segunda época de semeadura. A temperatura média para a primeira época de cultivo de 2021 foi de 16,7°C, enquanto a na segunda época a temperatura média atingiu 23,3°C (Figura 58).

Em 2021, a primeira época durou 141 dias, da semeadura até a coleta de todas as parcelas, enquanto a segunda época foi concluída em 126 dias. A diferença de duração entre essas épocas foi de quinze dias, seis dias a menos que a diferença de duração entre as duas épocas de 2020.

Apesar de ocorrer um atraso de dose dias na implantação da primeira época de 2021 em relação a primeira época de 2020, o segundo ano foi totalmente coletado um dia antes, devido a maior temperatura média observada no segundo ano de condução dos experimentos.

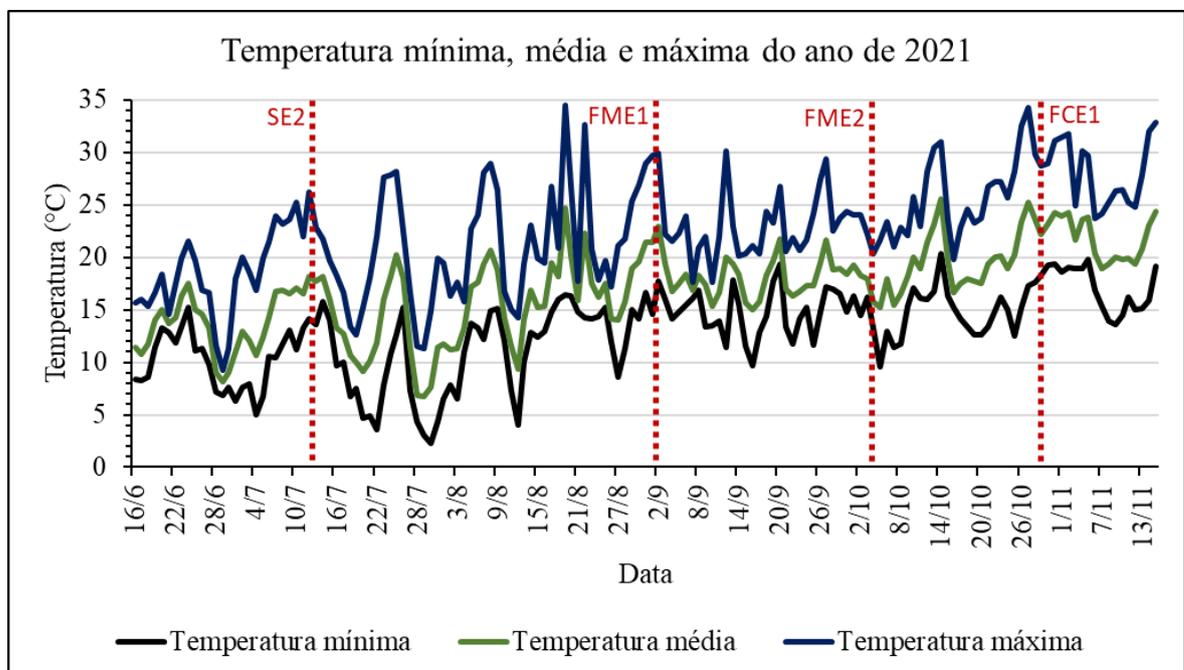


FIGURA 58. Temperatura mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2021. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021.

Os picos de velocidade do vento foram ainda menores no segundo ano de estudo. No dia 18 de julho ocorreram os maiores picos de velocidade do vento, atingindo 17,6 km/h (Figura 59). Esse evento ocorreu após a semeadura da segunda época de 2021 não causando riscos para as plantas. Picos de velocidade do vento de 15 km/h se manifestaram até o final do ano de cultivo, no entanto essas rajadas não foram suficientes para causar comprometimentos estruturais severos nas plantas estudadas.

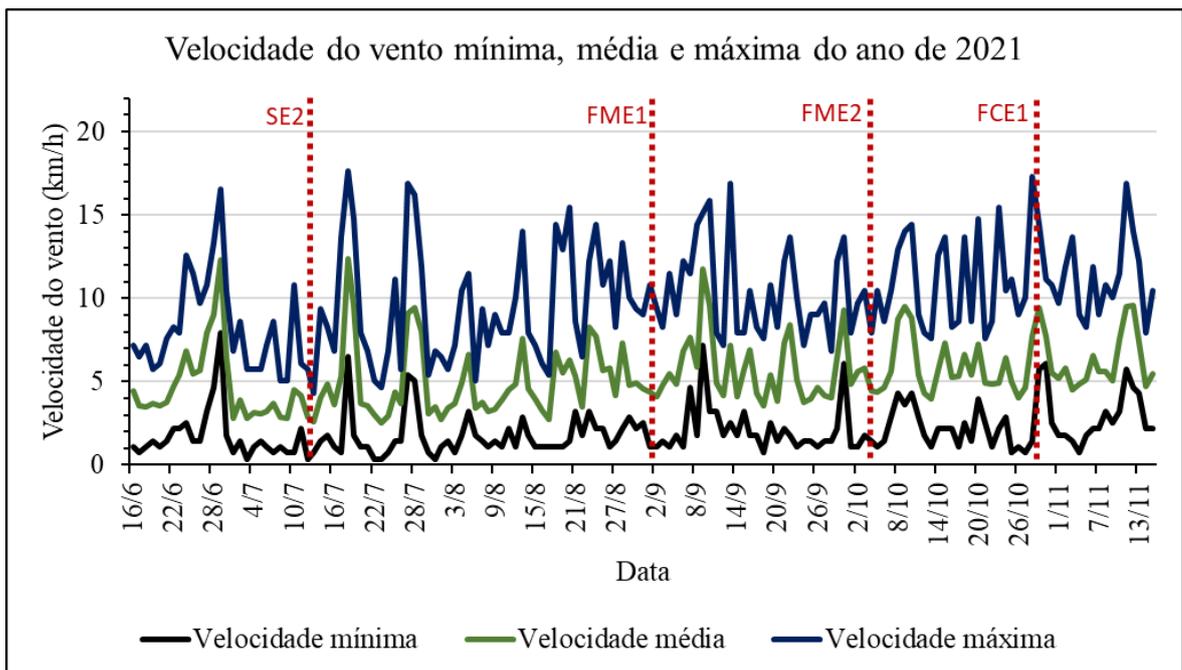


FIGURA 59. Velocidade do vento mínima, média e máxima no período de condução dos experimentos no ano de 2021. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021.

Após a semeadura da primeira época, no segundo ano de experimentos, ocorreu a maior precipitação pluviométrica de 2021. Nessa ocasião um total de 87 mm de chuva foi identificada no dia 26 de junho (Figura 60). Chuvas frequentes foram observadas próximas ao florescimento da primeira época e início do florescimento da segunda época de semeadura. A frequência e intensidade dessas chuvas foi reduzida no enchimento de grãos das duas épocas de cultivo, mas principalmente impactou negativamente a segunda época de 2021. Nesse período foram dezessete dias sem precipitações significativas.

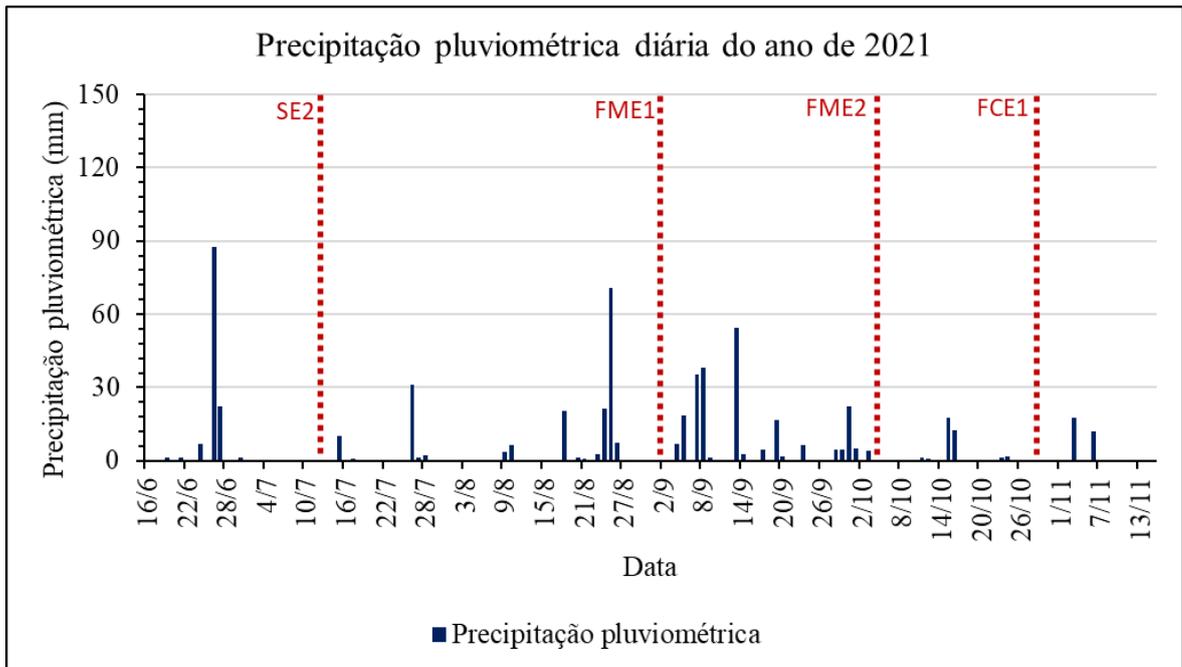


FIGURA 60. Precipitação pluviométrica diária no período de condução dos experimentos no ano de 2021. SE2: semeadura da segunda época; FME1: florescimento médio da primeira época; FME2: florescimento médio da segunda época; FCE1: finalização das coletas da primeira época. Fonte: INMET, 2021.

## 5 DISCUSSÃO

O rendimento de grãos se mostrou dependente da dose de trinexapaque-etílico (TE), genótipo e época. As condições climáticas da primeira época, independente do ano, foram mais adequadas para que a cultura obtivesse maior rendimento de grãos. Dessa forma a primeira época é a mais indicada para que a cultura seja implantada.

A influência das diferentes doses de TE sobre o rendimento de grãos foi variável quanto à época de cultivo. Do ponto de vista do rendimento de grãos, de forma geral, a aplicação do regulador de crescimento deve ser evitada quando a semeadura ocorre na segunda época. Nesses casos houve pouca influência ou redução no rendimento de grãos (dados não apresentados).

Apesar da inadequação dos dados de acamamento ao modelo paramétrico, a análise de Kruskal-Wallis demonstrou que seus efeitos ocorreram em alguns tratamentos e foram refletidos em outros caracteres, como o rendimento de grãos da primeira época. Esse resultado pode ser observado tanto pela correlação de Spearman entre os caracteres rendimento de grãos e acamamento (Quadros 4 e 5) ou nas diferenças observadas entre as médias de rendimento de grãos de IPR Artemis, UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1, causadas pelo efeito de doses de aplicação de TE (Figuras 7, 8 e 9, respectivamente). O fato do acamamento afetar o rendimento de grãos de alguns genótipos classificados como suscetíveis ao acamamento indica que o uso de TE é mais adequado para genótipos que possuem alguma limitação estrutural do colmo. Entretanto, nas cultivares com maior resistência ao acamamento (IPR Afrodite, URS Altiva, URS Brava, URS Monarca e URS Taura) a utilização de TE, independente da dose, não teve qualquer efeito sobre o rendimento de grãos (Tabela 4).

O teste de comparação de médias de Duncan, a 5 % de probabilidade, demonstrou que as doses que proporcionaram maior rendimento de grãos em IPR Artemis foram 75 e 100 g i.a./ha de TE (Figura 7); em UFRGS 127013-1 foram as doses recomendadas pelo fabricante, ou seja, 100 e 125 g i.a./ha de TE (Figura 8); enquanto em UFRGS 146171-1 foi a maior dose testada no presente trabalho, 150 g i.a./ha de TE (Figura 9). Apesar de URS Charrua e URS Corona apresentaram níveis significativos de acamamento (Figura 5), a

utilização de trinexapaque-eflúico não foi capaz de expressar diferenças estatísticas nas médias de rendimento de grãos (Tabela 5). Estes resultados demonstram que o uso de TE, apesar de ser capaz de reduzir o acamamento das plantas de aveia (Figura 4 e Quadro 2), somente contribuiu para aumento de rendimento de grãos em genótipos de aveia suscetíveis ao acamamento, variando sua eficiência entre genótipos e entre as doses utilizadas. Diferente do que foi encontrado por Bazzo *et al.* (2019), em experimento conduzido em Mauá da Serra, PR, com a aplicação da dose de 125 g i.a./ha de TE, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura, que observaram aumento de rendimento de grãos nas quatro cultivares de aveia branca avaliadas (IPR Afrodite, IPR Artemis, URS Corona e URS Guria), juntamente com a redução de acamamento em todas as doses de nitrogênio testadas. Kaspary *et al.* (2015) obtiveram resultados semelhantes ao de Bazzo *et al.* (2019) em seu trabalho conduzido em Frederico Westphalen utilizando a cultivar URS Guapa e as doses de 0, 50, 100 e 150 g i.a./ha de TE. A dose de 100 g i.a./ha de TE apresentou redução de cerca de 20 % no acamamento das plantas e aumento do rendimento de grãos em cerca de 35 %. Enquanto a dose de 150 g i.a./ha de TE inibiu totalmente o acamamento, mas levou à redução de outros caracteres, comparado à dose de 100 g i.a./ha, como a massa de mil grãos e o rendimento de grãos.

Em um trabalho conduzido por Krysczum *et al.* (2017), em Augusto Pestana, RS utilizando o genótipo Barbarasul, as doses de 0, 50, 100 e 150 g i.a./ha de TE e de 30, 90 e 150 kg/ha de N, foi observada uma redução do acamamento a partir da dose de 50 g i.a./ha. Assim como foi observado no presente trabalho, para sete das dez cultivares avaliadas, as médias de rendimento de grãos sob diferentes doses de TE se mantiveram estáveis, não havendo aumento do rendimento de grãos pelo uso de TE até a dose mínima indicada pelo fabricante, 100 g i.a./ha de TE. No entanto, diferente do que foi observado nesta dissertação, onde a dose de 150 g i.a./ha de TE não diferiu da dose de 125 g i.a./ha, com exceção de IPR Artemis (Figura 7), ocorreu uma redução do rendimento de grãos da cultivar Barbarasul ao ser utilizada a maior dose testada.

O presente trabalho não encontrou evidências da influência da dose de aplicação de TE sobre os caracteres número de grãos por panícula, número de espiguetas por panículas e poucos resultados quanto ao número de grãos por espiguetas. Esse último caráter apresentou redução nas médias de URS Corona, no ano de 2020, com doses de TE entre 100 e 150 g i.a./ha (Figura 10). Em URS Charrua também foi observada redução número de grãos por espiguetas, mas sem um padrão definido, pois essa redução foi apenas na menor dose de TE, 50 g i.a./ha (Figura 11).

As alterações no número de grãos por panícula se mostraram mais responsivas ao ano de cultivo, indicando que diferenças climáticas devem ter expressado maior influência nas médias de número de grãos por panícula. Foi identificado que o número de grãos por panícula foi menor na primeira época de semeadura do ano de 2021, quando comparado com a primeira época do ano de 2020 (dados não apresentados). Enquanto alguns genótipos, especialmente IPR Afrodite e IPR Artemis, apresentaram maior massa de mil sementes em 2021, relativo ao ano de 2020 (dados não apresentados). Embora seja bastante difícil identificar as causas dessas diferenças, pode-se averiguar que no ano de 2020, no período entre a semeadura e o florescimento da primeira época de semeadura ocorreu maior frequência e maior volume de chuvas (Figura 57), comparado ao ano de 2021 (Figura 60). Enquanto no período de florescimento da primeira época do ano de 2021, foram identificadas chuvas menos frequentes, mas mais volumosas, incluindo 70,6 mm de precipitação pluviométrica no dia 25 de agosto de 2021, coincidindo com o início do florescimento das plantas, principalmente daquelas que apresentam ciclo menor, e uma chuva de 54,4 mm no dia 13 de setembro de 2021 durante o pleno florescimento dos genótipos de aveia branca (Figura 60). Assim como foi observado maior disponibilidade hídrica no período de enchimento de grãos da primeira época de semeadura no ano de 2021, relativo à 2020, com chuvas frequentes e de pequena intensidade, o que pode ter favorecido o maior peso de mil sementes de alguns genótipos e maior rendimento de grãos de quase todos os genótipos em 2021, relativo à 2020 (dados não apresentados). Por um lado, foi registrada temperatura média 1,5 °C maior durante o período de pleno florescimento na primeira época de 2021, em relação a primeira época de 2020, porém, no período de enchimento de grãos, as temperaturas máximas no ano de 2021 foram, na maior parte dos dias, inferiores às temperaturas máxima de 2020 (Figuras 58 e 55), fato que deve ter sido preponderante para maior enchimento e rendimento de grãos em 2021, relativo à 2020.

Apesar do presente trabalho não identificar significância da dose de aplicação de TE sobre as médias de número de grãos por panícula (Tabelas 4 e 6), outros autores identificaram respostas tanto no aumento como no decréscimo do número de grãos. No trabalho de Kaspary *et al.* (2015), citado anteriormente, no qual foram observadas maiores médias de rendimento de grãos, através da aplicação de TE em URS Guapa, foi demonstrado que a aplicação do regulador de crescimento resultou em maior número de grãos por panícula. A dose de 50 g i.a./ha de TE já resultou em maior número de grãos por panícula em relação a ausência da aplicação. Com o aumento da dose para 100 g i.a./ha as médias foram ainda mais altas, mas o acamamento ainda era de cerca de 80 %. No entanto, o maior número de grãos por panícula foi obtido ao ser utilizada a dose de 150 g i.a./ha de TE, dose

que eliminou praticamente todo o acamamento e reduziu a quantidade de flores abortadas ou grãos perdidos (Kaspary *et al.*, 2015). Resultados contrários foram obtidos por Bazzo *et al.* (2019), onde a aplicação de 125 g i.a./ha de TE, em IPR Afrodite, IPR Artemis, URS Corona e URS Guria, resultou em uma média inferior do número de grãos por panícula, quando comparado à ausência da aplicação do regulador de crescimento. No trabalho de Bazzo *et al.* (2019), os níveis de acamamento também foram bastante elevados, atingindo valores próximos a 100 % na ausência da aplicação de TE. Mesmo com a aplicação do regular de crescimento, a cultivar URS Guria atingiu valores de acamamento de pelo menos 70 %, sendo intensificado conforme o aumento da adubação nitrogenada, se aproximando de 90 % na dose de 90 kg/ha de N, na forma de ureia.

Apesar das médias de massa de mil grãos de IPR Artemis e URS Charrua apresentarem diferenças estatísticas em função da dose de aplicação de TE, esses resultados demonstraram diferenças sutis como um todo, visto que a grande maioria dos casos não tiveram suas médias de massa de mil grãos influenciadas pela dose de aplicação de TE (Figuras 12 e 13). Não muito diferente do que foi encontrado em arroz, no trabalho realizado por Sezer *et al.* (2016) que identificou redução na média do peso de grãos somente quando foi utilizada a dose de 300 g i.a./ha de TE, comparada ao tratamento controle e as doses de 100 e 200 g i.a./ha de TE. Resultados semelhantes ao de arroz foram encontrados por Sangoi *et al.* (2020) em milho, com aplicação de duas doses de 150 g i.a./ha de TE, aplicadas em V5 e V6, somando o total de 300 g i.a./ha, que provocou uma redução da massa de mil sementes entre 2 e 3 %, em dois anos de avaliação. Resultados contrastantes foram observados em *Lolium perenne* L., onde a aplicação de 400 g i.a./ha de TE não foi capaz de provocar diferenças estatísticas para o peso de sementes e em *Festuca arundinacea*, na qual as doses testadas atingiram 600 g i.a./ha de TE, mas não influenciaram na massa das sementes (Chastain *et al.* 2014; 2015). Já Kaspary *et al.* (2015) identificaram que o trinexapaque-etílico pode aumentar a massa de mil grãos de aveia branca até certo ponto. No momento que a dose ótima foi ultrapassada a aplicação do regulador de crescimento se tornou prejudicial para o caráter. Em todos esses trabalhos o acamamento foi reduzido pela aplicação do regulador de crescimento.

Nesta dissertação, a aplicação das doses recomendadas pelo fabricante e a dose máxima testada levou ao ligeiro aumento no número de grãos chochos ou flores abortadas, resultando em menor NGE na cultivar URS Corona, ao ser cultivada em 2020 (Figura 10), sem afetar a MMG, em qualquer dos anos de avaliação (Tabelas 8 e 9). Ao contrário, em azevém Chastain *et al.* (2014) registraram aumento no número de sementes por espiguetas, mas também sem afetar a massa individual das sementes, através da aplicação de 400 g

i.a./ha de TE, em comparação com o controle. Em contraste, ainda em azevém e utilizando a mesma dose do regulador de crescimento, Trethewey *et al.* (2016) não observaram aumento no número de sementes por espiguetas na comparação com a testemunha, porém obtiveram aumentos no número de sementes comercializáveis por espiguetas, resultando em aumento de quase 80 % para este caráter, além de aumento do rendimento de sementes em 55 %, quando foi utilizado TE em comparação à ausência do seu uso.

Mesmo não tendo sido encontrado efeito do uso de TE sobre o aumento do NGE, pelo contrário, conforme descrito acima para URS Corona, é importante ressaltar que o maior NGE não é um efeito desejado em aveia granífera, com destino a produção de grãos para a indústria de beneficiamento. Mesmo que o aumento nesse caráter possa resultar em maior rendimento de grãos, em virtude de que um número maior de grãos por espiguetas é alcançado pela presença mais frequente de grãos terciários nas espiguetas, sendo esses grãos de pequeno tamanho e, normalmente, descartados na indústria. Como resultado positivo, de modo geral não foi observada alteração na MMG com uso de TE nos genótipos avaliados nesta dissertação (Tabelas 4, 8 e 9).

Porém, o uso do regulador de crescimento afetou negativamente o PH em todos os dez genótipos avaliados, embora tenha havido diferenças entre as doses que foram capazes de causar essas reduções (Figuras 14 a 25). De modo geral, a dose mínima de TE, 50 g i.a./ha, não casou redução no PH, enquanto a dose que foi capaz de reduzir o PH variou entre 75 e 150 g i.a./ha. Por um lado, URS Altiva foi genótipo que teve o PH menos afetado pelo uso de TE, havendo redução apenas na dose de 150 g i.a./ha (Figura 15). Por outro lado, os efeitos mais severos sobre o PH foram observados em IPR Artemis, no ano de 2020, com redução em quase 10 kg/hL na dose de 125 g i.a./ha, chegando a 44,7 kg/hL, em comparação a ausência de uso de TE, com PH médio de 54 kg/hL (Figura 24). No ano de 2020 foi observado claro efeito fitotóxico do uso de TE sobre IPR Artemis, com bronzeamento das suas folhas, efeito que aumentou à medida que a dose de TE era aumentada. Já em 2021, o PH de IPR Artemis não foi afetado pelo uso de TE, apresentando redução do caráter somente a partir da dose de 100 g i.a./ha (Figura 25), demonstrando claro efeito de interação entre uso de TE e condições de ambiente.

Cabe ressaltar que o peso do hectolitro indica de maneira indireta a quantidade de reservas nas sementes e por consequência, reflete a qualidade nutricional da aveia. Mas também cabe salientar que apesar da aplicação com trinexapaque-etílico reduzir os valores desse caráter, apenas a cultivar IPR Artemis apresentou resultados inferiores a 50 kg/hL na primeira época de 2020 (Figura 24). PH igual ou superior à 50 kg/hL é um requisito para que os grãos de aveia sejam classificados como pertencentes ao grupo 1 e apresentem maior

valor agregado, sendo passíveis de utilização na indústria de moagem, conforme estabelecido pela Portaria nº 191, de 14 de abril de 1975, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1975). Outros pesquisadores registraram a redução de peso hectolitro devido à aplicação de trinexapaque-etílico em aveia branca (Bazzo et al., 2021) e trigo (Pagliosa *et al.*, 2013).

A falta de evidências que demonstrem a relação das doses de trinexapaque-etílico e sua influência simultânea nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos torna a perda por acamamento a hipótese mais plausível para explicar as diferenças observadas quanto à produtividade. Outro fator que pode ter influenciado positivamente o aumento do rendimento de grãos foi o aumento no perfilhamento e, conseqüente, no número de panículas por área, porém esses caracteres não foram avaliados nesta dissertação. Como relatado por Rajala & Peltonen-Santo (2001), com base em um experimento conduzido em casa de vegetação, a aplicação de trinexapaque-etílico pode resultar no aumento da massa e número de perfilhos de aveia branca. Kaspary *et al.* (2015) obtiveram resultados semelhantes ao realizar um experimento em Frederico Westphalen, RS, avaliando o efeito das doses 0, 50, 100 e 150 g de trinexapaque-etílico aplicadas em aveia branca. Esses autores puderam identificar que o número de panículas/m<sup>2</sup> de aveia branca foi aumentado através do uso de 100 g i.a./ha, em comparação ao controle e à dose de 50 g i.a./ha. A dose de 100 g i.a./ha também resultou no maior NGP, maior MMG e maior RG (Kaspary *et al.*, 2015); entretanto esses resultados vão de encontro ao que é normalmente observado em cereais, onde há efeito compensatório entre componentes de rendimento de grãos e o aumento do número de panículas/m<sup>2</sup>, em geral, resulta em menor NGP e menor MMG. Conforme observado por Bazzo *et al.*, (2019) que identificaram aumento no número de panículas/m<sup>2</sup> associado à redução do NGP, através da aplicação de 125 g i.a./ha de TE, na média conjunta das cultivares IPR Afrodite, IPR Artemis, URS Corona e URS Guria, resultando em aumento de rendimento de grãos devido ao uso de TE, sem afetar a MMG, com exceção de IPR Artemis, que teve a MMG reduzida pelo uso do regulador de crescimento (Bazzo *et al.*, 2019).

O ácido giberélico age em conjunto com o *FLOWERING LOCUS T1 (FT1)* para promover o desenvolvimento da inflorescência e o alongamento do colmo. O papel da giberelina nesse processo é aumentar a expressão de *SUPPRESSOR OF CONSTANS1 (SOC1)*, *FLORAL PROMOTING FACTOR3 (FPF3)*, *LEAFY (LFY1)* e *PANICLE PHYTOMER2 (PAP2)*, esses que são genes promotores do florescimento. Dessa forma, inibição da síntese de ácido giberélico resulta no retardo do florescimento (Boden *et al.*, 2014). Portanto, o retardo observado no florescimento com o aumento das doses de trinexapaque-etílico, pode ser atribuído à inibição da síntese de giberelina. O atraso no

florescimento foi, geralmente, significativo em doses iguais ou superiores a 75 g i.a./ha de trinexapaque-etílico, em relação à ausência do seu uso (Figuras 26 a 31). Ao mesmo tempo, a aplicação do regulador de crescimento causou redução do alongamento do colmo, também devido à inibição da síntese de giberelina, com conseqüente redução na estatura das plantas, havendo efeito de dose de trinexapaque-etílico sobre este último caráter (Figuras 32 a 39). Resultados que estão de acordo com aqueles observados por Kupke, *et al.* (2021) em cevada, em experimento conduzido em casa de vegetação, em plantas cultivadas em vasos, com aplicação de doses crescentes de TE, em dois estádio, no estádio 13 (plantas com três folhas expandidas) e estádio 33 (primeiro nó visível) da Escala de Zadoks *et al.* (1974). A aplicação em ambas as épocas resultou em plantas mais baixas e que necessitaram de mais graus-dia acumulados para que florescessem, também sendo observado efeito de dose, ou seja, conforme as doses foram aumentando esses efeitos foram se intensificando. O contrário ocorreu para o tratamento contendo ácido giberélico. Com o aumento da dose de ácido giberélico, no estádio 33, as plantas foram aumentando em estatura. No entanto, não foi observada aceleração do florescimento com a aplicação de giberelina, em qualquer um dos dois estádios de aplicação, nem aumento da estatura quando a aplicação de giberelina ocorreu no estádio 13.

A menor estatura de plantas, observada nesta dissertação, com o aumento da dose de TE, reflete a redução nas médias do comprimento dos entrenós expandidos do colmo. Nos genótipos de aveia branca classificados como suscetíveis ao acamamento foram encontradas reduções significativas no comprimento do terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos, sob a aplicação de cinco doses de trinexapaque-etílico, em relação ao tratamento controle (Figuras 40 a 42). Enquanto que nos genótipos classificados como resistentes ao acamamento foram encontradas reduções significativas no comprimento do segundo, terceiro, quarto e quinto entrenós expandidos com aplicação de TE (Figuras 43 a 52). Embora reduções significativas no comprimento do segundo entrenó expandido, nos genótipos resistentes ao acamamento, tenham sido observadas somente nas doses mais elevadas de TE, de 125 e 150 g i.a./ha (Figura 43). A redução do comprimento nos entrenós expandidos tendeu a aumentar com o aumento da dose de TE. Em conjunto com a estatura final de plantas, esses resultados explicam a redução de acamamento observada, especialmente nos genótipos suscetíveis ao acamamento (Figura 4 e Quadro 2). Cabe ressaltar que as plantas de aveia branca apresentaram menor estatura final na segunda época de semeadura devido a implantação mais tardia da cultura, reduzindo o tempo hábil de crescimento dessas plantas, porém o uso de regulador de crescimento também resultou na redução da estatura de planta,

apresentando efeito de dose, assim como foi observado na primeira época de semeadura (dados não apresentados).

Em cana-de-açúcar, a aplicação total de 375 g i.a./ha de TE, dividido em três aplicações, apresentou reduções no tamanho de entrenós de duas das quatro cultivares testadas em Chapadão do Céu, GO (Lima *et al.*, 2019). Outro estudo em cana-de-açúcar verificou diferenças no comprimento do nono entrenó, sendo que o momento de aplicação ocorreu no oitavo entrenó. Essa diferença seguiu sendo expressa até o décimo quarto entrenó. Nesse mesmo trabalho os autores identificaram diferenças de mais de 60 cm do comprimento do colmo entre o tratamento controle e o tratamento contendo 2 l do produto comercial/ha (van Heerden *et al.*, 2015). Em milho, foram identificadas reduções no comprimento dos entrenós acima da espiga, entre 5 e 7 %, e redução da estatura de planta em somente em um dos dois anos de avaliação, em apenas 3 % (Sangoi *et al.*, 2020).

Embora o uso de trinexapaque-etílico resultou na redução do comprimento de entrenós expandidos (Tabelas 20 e 21, Figuras 40 a 52) e estatura final das plantas (Tabelas 18 e 19, Figuras 32 a 39), o tratamento não apresentou os mesmos impactos no diâmetro e espessura da parede dos entrenós expandidos (Tabela 20). Somente houve redução do diâmetro do segundo e terceiro entrenós expandidos na utilização da maior dose testada, 150 g i.a./ha de TE, em relação ao tratamento controle (Figuras 53 e 54). Fialho *et al.* (2009) observou que o uso de 0,75 kg/ha de trinexapaque-etílico em braquiária resultou na redução da altura de planta, comprimento dos entrenós, mas não influenciou em seu diâmetro, em comparação com o tratamento sem a aplicação de TE. No presente trabalho, as diferenças entre genótipos foram maiores do que as diferenças entre doses de TE, quanto ao diâmetro e espessura da parede dos entrenós expandidos (Tabela 20). A URS Monarca apresenta uma excelente resistência ao acamamento (Figura 5) e isso pode ser comprovado pelo seu porte, e robustez do colmo. Essa cultivar foi uma das que apresentou maiores médias de diâmetro e espessura da parede dos entrenós expandidos (dados não publicados); entretanto o diâmetro do colmo de URS Monarca foi muito similar ao diâmetro dos entrenós de URS Charrua (dados não publicados), a cultivar de estatura mais elevada (Figura 38) e suscetível ao acamamento nesta dissertação (Figura 5). Assim como URS Charrua teve espessura de parede dos entrenós expandidos similar ao apresentado por URS Altiva, uma das cultivares resistentes ao acamamento (dados não publicados). Desta forma, é possível verificar que a resistência ao acamamento é um caráter complexo, que depende de um conjunto de caracteres primários, como estatura de planta, diâmetro e espessura dos entrenós expandidos, além da própria anatomia dos entrenós, como demonstrado por Argenta *et al.* (2022).

O uso de reguladores de crescimento apresenta benefícios na segurança da produção de grãos, devido a redução do acamamento, sendo uma importante ferramenta para ser utilizada em conjunto com aquelas cultivares que apresentam maior suscetibilidade ao acamamento. Contudo, o uso de trinexapaque-etílico pode resultar em efeitos colaterais indesejados e não deve ser utilizado como a única ferramenta disponível. Escolher o genótipo embasado na área que será cultivado, região, época de semeadura e tratos culturais realizados ainda é fundamental para o sucesso da lavoura. Vale ressaltar que dois dos três genótipos que apresentaram incremento do rendimento de grãos (Figuras 8 e 9), pela aplicação de trinexapaque-etílico, são linhagens que não foram lançadas comercialmente devido aos seus problemas críticos de acamamento (Figura 5).

Devido às condições ambientais nos dois anos de estudo, o presente trabalho não pode testar o desempenho do regulador de crescimento sob condições mais propensas à ocorrência de acamamento. Visto que o acamamento pode trazer alterações nos caracteres pesquisados, mudanças nos resultados obtidos podem ocorrer em anos com condições climáticas mais adversas e favoráveis ao acamamento.

Mesmo com a falta de condições ambientais mais severas, o presente trabalho demonstrou que a redução do acamamento pelo uso de trinexapaque-etílico ocorre majoritariamente pela redução do comprimento dos entrenós expandidos (Figuras 40 a 52) e conseqüente redução de estatura (Figuras 32 a 39). Visto que o uso do regulador de crescimento, praticamente, não apresentou alterações morfológicas de aumento do diâmetro dos entrenós expandidos ou da espessura de sua parede (Tabela 20 e Figuras 53 e 54). Ainda assim, cabe ressaltar que não foram realizadas avaliações anatômicas e bioquímicas para identificar possíveis alterações devido ao uso de trinexapaque-etílico.

É importante que algumas avaliações do presente trabalho sejam repetidas em experimentos futuros com o objetivo de reforçar os resultados já obtidos e elucidar aqueles que não apresentaram uma explicação clara. Ao ser realizado, é indicado que seja feita a avaliação de número de panículas por área, auxiliando a esclarecer as possíveis causas do aumento de rendimento de grãos sob o uso de trinexapaque-etílico, caso ocorra.

Esse trabalho contribui para o melhor entendimento das conseqüências do uso de trinexapaque-etílico em aveia branca e deverá auxiliar técnicos e agricultores na tomada de decisão sobre o uso consciente deste regulador de crescimento, assim como a identificação das doses do regulador de crescimento que são mais indicadas para cada classe de genótipo, quanto à sua suscetibilidade ao acamamento e condições de ambiente.

## 6 CONCLUSÕES

Os anos de avaliação não apresentaram condições climáticas favoráveis à ocorrência de acamamento de modo severo e uniforme entre as unidades experimentais do mesmo genótipo e mesma dose de regulador de crescimento, dentro de cada genótipo. Porém, foi possível identificar dois grupos de genótipos quanto à reação ao acamamento, um grupo de genótipos suscetíveis ao acamamento, formado por IPR Afrodite, URS Altiva, URS Brava, URS Monarca e URS Taura, e outro grupo suscetível ao acamamento, formado por IPR Artemis, UFRGS 127013-1, UFRGS 146171-1, URS Charrua e URS Corona.

De modo geral, o acamamento ocorreu com maior frequência no tratamento sem o uso de trinexapaque-etílico, mas só passou a ser observado em frequência muito baixa no tratamento com 100 g i.a./ha, que corresponde a dose mínima indicada pelo fabricante.

A aplicação de trinexapaque-etílico reduziu o acamamento pelo encurtamento dos entrenós expandidos do colmo e conseqüentemente da redução de estatura de planta, sendo observado efeito de dose do regulador de crescimento sobre esse último caráter. Enquanto não foram encontradas mudanças significativas no diâmetro e espessura da parede dos entrenós expandidos do colmo com o uso do regulador de crescimento.

O uso de trinexapaque-etílico causou atraso no número de dias da emergência ao florescimento dos genótipos, independente da classe de acamamento, de acordo com o aumento das doses do regulador de crescimento. De modo geral, doses de trinexapaque-etílico iguais ou maiores que 75 g i.a./ha foram necessárias para que o atraso no florescimento fosse significativo, em relação ao controle, sem uso do regulador de crescimento. O atraso do florescimento chegou até a 9 dias, quando considerada a dose máxima utilizada do regulador de crescimento, de 150 g i.a./ha, enquanto que, na média dos genótipos, ficou entre 5 a 7 dias, quando considerada a dose máxima recomendada pelo fabricante, de 125 g i.a./ha, na comparação com o controle.

Nos genótipos resistentes ao acamamento, o uso de trinexapaque-etílico não apresentou qualquer efeito sobre o rendimento de grãos, entretanto causou reduções no peso do hectolitro destes genótipos. Deste grupo, URS Altiva foi o genótipo com o menor prejuízo

no peso do hectolitro, enquanto URS Taura foi o mais prejudicado devido à aplicação do regulador de crescimento.

No grupo de genótipos suscetíveis ao acamamento, a aplicação de trinexapaque-etílico mostrou benefícios na redução do acamamento em todos os cinco genótipos, enquanto o aumento do rendimento de grãos foi observado em três deles, que foram IPR Artemis, UFRGS 127013-1 e UFRGS 146171-1, sendo que o tratamento sem uso do regulador de crescimento apresentou o menor rendimento de grãos, dentro da primeira época de cultivo. Para o incremento de rendimento de grãos, a dose de trinexapaque-etílico mais adequada variou entre genótipos, sendo de 75 ou 100 g i.a./ha para IPR Artemis, 100 a 125 g i.a./ha para UFRGS 127013-1 e 150 g i.a./ha para UFRGS 146171-1. Enquanto que nos genótipos URS Charrua e URS Corona, também suscetíveis ao acamamento, a aplicação de trinexapaque-etílico não teve efeito sobre o rendimento de grãos. Entretanto, o uso do regulador de crescimento pode reduzir o peso do hectolitro nos genótipos suscetíveis ao acamamento, especialmente quando utilizada a dose máxima recomendada pelo fabricante, 125 g i.a./ha, ou dose superior. Da classe suscetível ao acamamento, IPR Artemis mostrou ser o genótipo mais sensível à redução do peso do hectolitro, devido à aplicação de trinexapaque-etílico.

Embora a aplicação de trinexapaque-etílico tenha sido prejudicial à qualidade física de grãos, devido ao impacto negativo sobre o peso hectolitro, cabe ressaltar que esse caráter ainda se manteve acima do valor mínimo para que os grãos sejam classificados como grupo 1, ou seja, peso do hectolitro maior ou igual  $50 \text{ kg.hL}^{-1}$ , de acordo com o regulamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). A única exceção foi a cultivar IPR Artemis, cultivada na primeira época de 2020, sob a aplicação de doses iguais ou maiores que 75 g i.a./ha de trinexapaque-etílico. Mesmo cumprimento um dos requisitos mínimos para aceitação pela indústria moageira, ou seja, peso do hectolitro maior ou igual  $50 \text{ kg.hL}^{-1}$ , é importante salientar que a redução do peso do hectolitro, devido ao uso do regulador de crescimento, deve afetar negativamente o rendimento industrial durante o beneficiamento dos grãos de aveia.

O uso de trinexapaque-etílico apresentou pouco ou nenhum efeito sobre os caracteres relacionados ao rendimento de grãos estudados no presente trabalho, sendo eles: número de grãos por espiguetas, número de grãos por panícula, número de espiguetas por panícula, massa de mil grãos e índice de colheita.

A primeira época de semeadura apresentou condições de cultivo mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura, em relação à segunda época, em cada ano de avaliação, resultando em maiores rendimentos de grãos, embora tenha apresentado condições mais

propensas à ocorrência de acamamento. Na segunda época de semeadura o uso de trinexapaque-etílico, com o objetivo de reduzir o acamamento, pode ser descartado, visto que os casos de acamamento foram limitados. Quando ocorreram, foram de leve intensidade e em genótipos mais suscetíveis ao acamamento. Além disso, não foram observados modificações significativas no rendimento de grãos com a utilização de regulador de crescimento na segunda época de semeadura.

O regulador de crescimento trinexapaque-etílico mostrou ser uma ferramenta valiosa para a redução do acamamento em aveia branca, porém, somente quando utilizado em genótipos suscetíveis ao acamamento e sob condições de cultivo que favoreçam a ocorrência do mesmo, com eventual contribuição para o aumento do rendimento de grãos, porém com possível redução no peso do hectolitro. Salienta-se ainda que as doses ideais de trinexapaque-etílico, para que não cause prejuízos à cultura, são dependentes do genótipo e da época de cultivo.

## REFERÊNCIAS

- ARGENTA, J. *et al.* Morphological, anatomical, and chemical characteristics associated with lodging resistance in *Avena sativa*. **Euphytica**, Dordrecht, v. 218, [art.] 22, [p. 1-13], 2022.
- BAKER, C. J.; STERLING, M.; BERRY, P. A generalised model of crop lodging. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 363, p. 1-12, 2014.
- BARBOSA NETO, J. F. *et al.* Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.
- BAZZO, J. H. B. *et al.* Mineral composition of oat grains in response to nitrogen fertilization and growth regulator. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 2, [art.] e6714, 2020.
- BAZZO, J. H. B. *et al.* Performance of white oat cultivars in response to nitrogen fertilization and trinexapac-ethyl. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 5, p. 2121-2136, 2019. Supl. 1.
- BAZZO, J. H. B. *et al.* Physiology quality of seeds of white oat cultivars in response to trinexapac-ethyl. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 4, p. 636-643, 2018.
- BAZZO, J. H. B. *et al.* Topdressing nitrogen fertilization associated with trinexapac-ethyl on industrial quality of oat grains. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 68, n. 1, p. 47-54, 2021.
- BERRY, P. M.; BERRY, S. T. Understanding the genetic control of lodging-associated plant characters in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 205, p. 671-689, 2015.
- BERRY, P. M.; SPINK, J. Predicting yield losses caused by lodging in wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 137, p. 19-26, 2012.
- BHATLA, S. C.; LAL, M. A. **Plant physiology, development and metabolism**. Singapura: Springer, 2018. 1237 p.
- BODEN, S.A. *et al.* EARLY FLOWERING3 regulates flowering in spring barley by mediating gibberellin production and FLOWERING LOCUS T expression. **The Plant Cell**, Rockville, v. 26, p. 1557-1569, 2014.
- BONNETT, O. T. **The oat plant: its histology and development**. Urbana: University of Illinois, 1961. 112 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 191 de 14 de Abril de 1975. Aprova as especificações em anexo para a padronização, classificação e comercialização interna de aveia, centeio e cevada. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 6 maio 1975.

BROUWER, J.; FLOOD, R. G. Aspects of oat physiology. *In*: WELCH, Robert W. (ed.). **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995. 584 p.

BRUNAVA, L.; ALSINA, I. Lodging cause height at the centre of gravity changes during vegetation period for oat. **Research for Rural Development**, Jelgava, v. 1, p. 56-60, 2014.

BUERSTMAYR, H. *et al.* Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 343-351, 2007.

CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C. Evolução da cultura da aveia no sul do Brasil. **Revista Trigo e Soja**, Porto Alegre, v. 102, p. 16-19, 1989.

CHASTAIN, T. G. *et al.* Performance of trinexapac-ethyl on *Lolium perenne* seed crops in diverse lodging environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 157, p. 65-70, 2014.

CHASTAIN, T. G. *et al.* Trinexapac-ethyl rate and application timing effects on seed yield and yield components in tall fescue. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 173, p. 8-13, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Safra 2021/22: décimo primeiro levantamento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos**, Brasília, DF, v. 9, n. 11, p. 1-86, ago. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 13 ago. 2022.

CORBIN, J. L. *et al.* Evaluation of trinexapac-ethyl and nitrogen management to minimize lodging in rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, n. 6, p. 2365-2370, 2016.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!** Boston: Kluwer Academic, 2004. 750 p.

DUMLUPINAR, Z. *et al.* Correlation and path analysis of grain yield and yield components of some turkish oat genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 44, n. 1, p. 321-325, 2012.

ERVIN, E. H.; KOSKI, A. J. Trinexapac-ethyl increases Kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 36, n. 4, p. 787-789, 2001.

FIALHO, C. M. T. *et al.* Caracteres morfoanatômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 533-539, 2009.

FIPKE, M. V. *et al.* Initialism hypothesis: can gibberellin synthesis inhibitor increase the oat crop competitive ability? **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 1, [art.] e5614, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS (FAO). **Crops**. [Base de Dados FAOSTAT]. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 20 abr. 2022.

GUERREIRO, R. M.; OLIVEIRA, N. C. Produtividade de grãos de aveia branca submetida a doses de trinexapac-ethyl. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Ponta Grossa, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2012.

HARTWIG, I. *et al.* Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 337-345, 2007.

HAWERROTH, M. C. *et al.* Redução do acamamento em aveia-branca com uso de regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.

HARRISON, M. A.; KAUFMAN, P. B. Hormonal regulation of lateral bud (tiller) release in oats (*Avena sativa* L.). **Plant Physiology**, Lancaster, v. 66, n. 6, p. 1123-1127, 1980.

HECKMAN, N. L. *et al.* Growth regulator effects on cellular characteristics of two turfgrass species. **International Turfgrass Society**, Hoboken, v. 10, p. 857-861, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Tabela de dados das estações**: Porto Alegre – Estação Jardim Botânico A801. Porto Alegre: INMET, 5 ago. 2022.

KASHIWAGI, T.; SASAKI, H.; ISHIMATU, K. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Production Science**, Kyoto, v. 8, n. 2, p. 166-172, 2005.

KASPARY, T. E. *et al.* Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia-branca. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015.

KHAN, A. *et al.* Optimization of plant density and nitrogen regimes to mitigate lodging risk in wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 112, n. 4, p. 2535–2551, 2020.

KUPKE, B. M. Manipulation of barley development and flowering time by exogenous application of plant growth regulators. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, [art.] 694424, 2022.

KRYSCZUN, D. K.; SILVA, J. A. G.; MAROLLI, A. Growth regulator on oat yield indicators. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 12, p. 828-833, 2017.

LIMA, S. F. *et al.* Effect of trinexapac-ethyl on sugarcane varieties. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 159-165, 2019.

MARCH, S. R.; MARTINS, D.; MCELROY, J. S. Growth inhibitors in turfgrass. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 733-747, 2013.

MAROLLI, A. *et al.* A simulação da biomassa de aveia por elementos climáticos, nitrogênio e regulador de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**

**Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 70, n. 2, p. 535-544, 2018.

MAROLLI, A. *et al.* Biomass and grain yield of oats by growth regulator. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 163-168, 2017c.

MAROLLI, A. *et al.* Contributive effect of growth regulator Trinexapac-Ethyl to oats yield in Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 12, n. 10, p. 795-804, 2017d.

MAROLLI, A. *et al.* Modelagem matemática da produtividade de grãos e acamamento de aveia com o uso de regulador de crescimento. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1-7, 2017a.

MAROLLI, A. *et al.* Oat yield through panicle components and growth regulator. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 261-266, 2017b.

MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, Poznam, v. 46, n. 2, p. 133–143, 2006.

MOES, J.; STOBBE, H. Barley treated with ethephon: I. Yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 86–90, 1991.

MONTAGE, M. J. Hormonal and gravitropic specificity in the regulation of growth and cell wall synthesis in pulvini and internodes from shoots of *Avena sativa* L. (oat). **Plant Physiology**, Lancaster, v. 107, p. 553-564, 1995.

MOHR, R. M. *et al.* The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 87, n. 4, p. 459-468, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura. Diretoria de Terras e Colonização. Seção de Geografia, 1961. 43 p.

PAGLIOSA, E. E. *et al.* Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013.

PETERSON, D. M. *et al.* Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 4, p. 1249-1255, 2005.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

RAJALA, A. Plant growth regulators to manipulate oat stands. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 13, n. 1/2, p. 186-197, 2004.

RAJALA, A. *et al.* Effects of applying stem-shortening plant growth regulators to leaves on root elongation by seedlings of wheat, oat and barley: mediation by ethylene. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 38, p. 51-59, 2002.

- RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 936-943, 2001.
- RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 11, p. 233-244, 2002.
- RAJKUMARA, S. Lodging in cereals – A review. **Agricultural Reviews**, Karnal, v. 29, n. 1, p. 55-60, 2008.
- REDAELLI, R.; LAGANÀ, P.; RIZZA, F. Genetic progress of oats in Italy. **Euphytica**, Dordrecht, v. 164, n. 3, p. 679–687, 2008.
- ROLSTON, P. *et al.* Trinexapac-ethyl delays lodging and increases seed yield in perennial ryegrass seed crops. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 54, n. 4, p. 403-406, 2010.
- SAMADI, A. F. *et al.* Identification of quantitative trait loci for breaking and bending types lodging resistance in rice, using recombinant inbred lines derived from Koshihikari and a Strong culm variety, Leaf Star. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 89, p. 83-98, 2019.
- SANGOI, L. *et al.* Maize response to trinexapac-ethyl and nitrogen fertilization. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 38, [art.] e020185014, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100037>. Acesso em: 9 ago. 2022.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS 9.3 Programmer's Bookshelf**. Cary, 2011. Disponível em: <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/bookshelf/93/desktop.html>. Acesso em: 27 out. 2020.
- SEKHON, R. S. *et al.* Stalk bending strength is strongly associated with maize stalk lodging incidence across multiple environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 249, [art.] 107737, 2020.
- SEZER, I. *et al.* The effect of trinexapac-ethyl and seeding rate on rice milling yields. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 40, p. 53-61, 2016.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TAN, Z. G.; QIAN, Y. L. Light intensity affects gibberellic acid content in Kentucky bluegrass. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 38, n. 1, p. 113-116, 2003.
- TRETHEWAY, J. A. K. *et al.* The plant growth regulator, trinexapac-ethyl, increases seed yield in annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 59, n. 2, p. 131-121, 2016.

TUMINO, G. *et al.* Genome-wide association analysis for lodging tolerance and plant height in a diverse European hexaploide oat collection. **Euphytica**, Dordrecht, v. 213, [art.] 163, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1939-8>. Acesso em: 3 set. 2020.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agriculture Service. International Production Assessment. **Crop explorer, commodity explorer, oats**. Washington, DC, 2022. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropeexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0452000>. Acesso em: 13 ago. 2022

VAN HEERDEN, P. D. R. T.; MBATHA, T. P.; NGXALIWE, S. Chemical ripening of sugarcane with trinexapac-ethyl (Moddus®) – mode of action and comparative efficacy. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 181, p. 69-75, 2015.

VIEIRA, E. *et al.* Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 169-174, 2007.

WALDOW, D. A. G. **Progresso genético do rendimento de grãos e caracteres agrônômicos associados em aveia, no Programa de melhoramento da UFRGS**. 2012. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/97854>. Acesso em: 27 ago. 2020.

WANG, J. *et al.* Investigation of cell wall composition related to stem lodging resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) by FTIR spectroscopy. **Plant Signaling & Behavior**, Georgetown, v. 7, n. 7, p. 856-863, 2012.

WHITE, E. M. Structure and development of oats. In: WELCH, Robert W. (ed.). **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995. 584 p.

WIERSMA, J. J.; DAI, J.; DURGAN, R. Optimum timing and rate of trinexapac-ethyl to reduce lodging in spring wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 3, p. 864-870, 2011.

WITKOWICZ, R. How do mineral fertilization and plant growth regulators affect yield and morphology of naked oat? **Communications in Biometry and Crop Science**, Warsaw, v. 5, p. 96-107, 2010.

WITKOWICZ, R.; ANTONKIEWICZ, J. Influence of selected agronomic measures on the content of some mineral elements in grain of naked oat (*Avena sativa* L.). **Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura**, Bydgoszcz, v. 8, n. 4, p. 63-73, 2009.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, p. 415-421, 1974.

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

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

ZHANG, W. *et al.* Nitrogen fertilizer application affects lodging resistance by altering secondary cell wall synthesis in japonica rice (*Oryza sativa*). **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 130, n. 5, p. 859-871, 2017.