



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CARLOS HENRIQUE DOS SANTOS FERNANDES

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES E INDUSTRIAL DE GRÃOS
DE CULTIVARES DE AVEIA BRANCA EM RESPOSTA A
DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-
ETHYL**

Londrina
2021

CARLOS HENRIQUE DOS SANTOS FERNANDES

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES E INDUSTRIAL DE GRÃOS
DE CULTIVARES DE AVEIA BRANCA EM RESPOSTA A
DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-
ETHYL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca.

Coorientador: Dr. Klever Márcio Antunes Arruda.

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

F363c Fernandes, Carlos Henrique dos Santos Fernandes.
Características agrônomicas, qualidade fisiológica de sementes e industrial de grãos de cultivares de aveia branca em resposta a doses e épocas de aplicação de trinexapac-ethyl / Carlos Henrique dos Santos Fernandes Fernandes. - Londrina, 2021.
113 f.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.
Coorientador: Klever Márcio Antunes Arruda.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Desempenho produtivo - Tese. 2. Potencial fisiológico de sementes - Tese. 3. Acamamento de plantas - Tese. 4. Redutor de crescimento - Tese. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista . II. Arruda, Klever Márcio Antunes . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CARLOS HENRIQUE DOS SANTOS FERNANDES

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES E INDUSTRIAL DE GRÃOS
DE CULTIVARES DE AVEIA BRANCA EM RESPOSTA A
DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-
ETHYL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. José Henrique Bizzarri Bazzo
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Klever Márcio Antunes Arruda
Instituto de desenvolvimento Rural do Paraná -
IDR-Paraná

Londrina, 24 de fevereiro 2021.

Dedico este trabalho

A Deus, que me consentiu a vida e determinação para vencer todos os obstáculos; aos meus pais Vando Pereira dos Santos Fernandes e Maria Lucia dos Santos Fernandes que sempre acreditaram em mim, me dando todo suporte para que eu fizesse as minhas escolhas com liberdade e de forma segura.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina – UEL e a todos os docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia;

Ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER (IDR-Paraná) e seus colaboradores pelo apoio e disponibilidade para a realização dos experimentos a campo, em particular ao Pesquisador Dr. Klever Márcio Antunes Arruda, pelas valiosas críticas e sugestões, pela amizade e dedicação em revisar os textos;

À minha orientadora Prof. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca pelas orientações e sugestões;

Ao Prof. Dr. Claudemir Zucareli, pelas orientações, pelo apoio, pelo incentivo e sugestões;

A minha família, pelo incentivo, sempre torcendo por mim, me proporcionando todo apoio;

Aos colegas da Graduação e da Pós-Graduação pelo companheirismo, convivência e contribuições;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos durante os dois anos desta pesquisa;

A todos que de uma forma ou de outra, contribuíram para a conclusão dessa etapa.

FERNANDES, Carlos Henrique dos Santos. **Características agronômicas, qualidade fisiológica de sementes e industrial de grãos de cultivares de aveia branca em resposta a doses e épocas de aplicação de trinexapac-ethyl.** 2021. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

A aplicação do redutor de crescimento em lavouras de cereais de inverno tem como objetivo a redução do acamamento, o aumento do diâmetro do colmo, a modificação da arquitetura foliar, entre outros fatores. No entanto, as respostas dos genótipos de aveia quanto ao efeito de doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento podem ser variáveis. Neste sentido, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, a qualidade fisiológica de sementes e industrial de grãos de duas cultivares de aveia branca submetidas a diferentes doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Os experimentos foram conduzidos no município de Londrina-PR, na Estação Experimental do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER, nas safras 2019 e 2020. O delineamento experimental adotado, para cada cultivar e safra, foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl (0, 50, 100 e 150 g ha⁻¹) e três épocas de aplicação distintas (E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas com o 1º nó visível e o 2º nó perceptível e E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de nitrogênio, fracionadas em duas aplicações de 27 kg ha⁻¹. Foram avaliados caracteres agronômicos (altura de plantas, comprimento de panícula, panículas m⁻², espiguetas por panícula, grãos por espiguetas, número de grãos por panícula, massa de mil grãos, acamamento de plantas e produtividade de grãos) e de qualidade fisiológica de sementes (produtividade de sementes, massa de mil sementes, germinação, comprimento e massa seca de plântulas, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência de plântulas em areia). Adicionalmente, foram avaliadas características físicas intimamente relacionadas ao desempenho industrial como: massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo o efeito de doses analisado por regressão até 2º grau. A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduziu os valores dos componentes da panícula: comprimento de panículas, número de espiguetas por panículas e grãos por panículas das cultivares IPR Artemis e URS Corona. No entanto, reduz a altura de plantas e aumenta o número de panículas m⁻² e a produtividade das duas cultivares estudadas. Adicionalmente, nestas mesmas doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento tem-se ainda significativa redução do acamamento das cultivares testada. Os resultados obtidos com a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, nos fornecem um intervalo de segurança para a aplicação do regulador de crescimento que possibilita a redução do acamamento de plantas sem comprometer o rendimento de grãos. A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹ nas épocas de aplicação E₂ e E₃ aumentou a produtividade de sementes da cultivar IPR Artemis, porém afetou a massa de mil sementes a porcentagem de germinação e o vigor, reduzindo a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas. A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduziu a qualidade industrial dos grãos (massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de

grãos) da cultivar IPR Artemis. Conclui-se que a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 a 150 g ha⁻¹ pode ser uma ferramenta eficiente para reduzir o acamamento de plantas e potencializar o rendimento de grãos na cultura da aveia branca; que as épocas de aplicação de 1º nó visível e 2º nó perceptível até 2º nó visível e 3º nó perceptível são adequadas para atender estes propósitos. No entanto, o uso do trinexapac-ethyl afeta negativamente a qualidade fisiológica de sementes e a qualidade industrial da cultivar de aveia branca IPR Artemis.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. acamamento; redutor de crescimento; potencial fisiológico; componentes de rendimentos; produtividade.

FERNANDES, Carlos Henrique dos Santos. **Agronomic characteristics, physiological seed quality and industrial grain of white oat cultivars in response to doses and application times of trinexapac-ethyl.** 2021. 113 f. Dissertation (Master Degree in Agronomy) – Londrina State University, Londrina, 2021.

ABSTRACT

The application of growth reducer in winter cereal crops aims to reduce lodging, increase stem diameter, modify leaf architecture, among other factors. However, the responses of the oat genotypes regarding the effect of doses and times of application of the growth reducer can be variable. In this sense, the objective was to evaluate the productive performance, the physiological quality of seeds and the industrial grain of white oat cultivars submitted to different doses and times of application of the trinexapac-ethyl growth reducer. The experiment was carried out in the city of Londrina-PR, at the Experimental Station of the Paraná Rural Development Institute (IDR-Paraná) in the 2019 and 2020 harvests. The experimental design adopted was a randomized block with four replications, in a factorial scheme 4 x 3, with four doses of trinexapac-ethyl (0, 50, 100 and 150 g ha⁻¹) and three different application times (E₁: plants with the 1° noticeable node; E₂: plants with the 1° visible node and the 2° perceptible node and E₃: plants with the 2° visible node and the 3° perceptible node). The nitrogen cover fertilization was carried out with 54 kg ha⁻¹ of nitrogen, fractionated in two applications of 27 kg ha⁻¹. Agronomic characteristics (plant height, panicle length, panicles m⁻², spikelets per panicle, grains per spikelet, number of grains per panicle, mass of a thousand grains, lodging of plants and pro grain yield) and physiological seed quality (seed yield, thousand seed weight, germination, seedling length and dry mass, accelerated aging, electrical conductivity and seedling emergence in sand). Additionally, physical characteristics closely related to industrial performance were evaluated, such as: mass of a thousand grains, hectolitic weight, percentage of grains with thickness greater than two millimeters, peeling index and industrial grain yield. The data collected were subjected to analysis of variance, where the averages were compared by the Tukey test at 5% probability, with the effect of doses being analyzed by regression to 2° degree. The application of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹, in times of application E₂ and E₃, reduces the values of panicle components: panicle length, number of spikelets per panicle and grains per panicle of cultivars IPR Artemis and URS Corona. However, it reduces plant height and increases the number of panicles m⁻² and the productivity of the two white oat cultivars studied. Additionally, at these same doses and times of application of the growth regulator, there is still a significant reduction in the lodging of the cultivars tested. The results obtained with the use of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹, in times E₂ and E₃, provide us with a safety interval for the application of the growth regulator that allows the reduction of the lodging of plants without compromise grain yield. The application of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹ at times of application E₂ and E₃ increased seed productivity of the cultivar IPR Artemis, but affected the mass of a thousand seeds, the percentage of germination and vigor, reducing the capacity for establishment and initial development of crops. The application of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹, in times of application E₂ and E₃, reduced the industrial quality of the grains (mass of a thousand grains, hectolitic weight, percentage of grains with thickness greater than two millimeters) , peeling index and industrial grain yield) of IPR Artemis cultivare. It is concluded that the use of trinexapac-ethyl in doses of 100 to 150 g ha⁻¹ can be an efficient tool to reduce the lodging of plants and enhance the grain yield in the culture of white oats; that the times of application of the 1° visible node and the 2° noticeable node to the 2°

visible node and the 3^o noticeable node are adequate to meet these purposes. However, the use of trinexapac-ethyl negatively affects the physiological quality of seeds and the industrial quality of the white oat cultivar IPR Artemis.

Keywords: *Avena sativa* L. lodging; growth reducer; physiological potential; technology componentes; productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Tipos de curvas de colmos de aveia no processo de acamamento.....24

ARTIGO A

Figura 3.1 - Dados médios diários de temperatura e precipitação pluvial para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020.....49

Figura 3.2 - AP: altura da planta; CP: comprimento da panícula; P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos; PROD: produtividade de grãos da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....56

Figura 3.3 - AC: acamamento de plantas da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.....61

Figura 3.4 - AC: acamamento de plantas da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de diferentes doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 202061

Figura 3.5 - AP: altura da planta; CP: comprimento da panícula; P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos; PROD: produtividade de grãos da cultivar URS Corona em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....65

Figura 3.6 - AC: acamamento de plantas da cultivar URS Corona em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.....70

ARTIGO B

Figura 4.1 - Dados médios diários de temperatura e precipitação pluvial para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020.....77

Figura 4.2 - PROD: produtividade de sementes; MMS: massa de mil sementes; G: germinação; MSP: massa seca de plântulas; EA: envelhecimento acelerado; CE: condutividade elétrica; EP: emergência de plântulas em areia da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2021.....	83
Figura 4.3 - PC: primeira contagem de germinação da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019	88
Figura 4.4 - CP: comprimento de plântula da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.....	89

ARTIGO C

Figura 5.1 - Dados médios diários de temperatura e precipitação pluvial para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020.....	98
Figura 5.2 - MMG: massa de mil grãos; índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm); índice de descasque (ID); rendimento industrial de grãos (RIG) da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.....	103
Figura 5.3 - Peso hectolítrico (PH) da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....	105
Figura 5.4 - IG>2mm: índice de grãos maiores que dois milímetros da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020	107
Figura 5.5 - ID: índice de descasque da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.....	107
Figura 5.6 - RIG: rendimento industrial de grãos da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.....	108

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A

- Tabela 3.1** - Valores do quadrado médio da análise de variância e estimativa dos coeficientes de variação (CV) para nove características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis, considerando diferentes doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....53
- Tabela 3.2** - Valores médios de seis características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....54
- Tabela 3.3** - Valores médios da massa de mil grãos avaliada na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 201960
- Tabela 3.4** - Valores do quadrado médio da análise de variância e estimativa dos coeficientes de variação (CV) para nove características avaliadas na cultivar de aveia branca URS Corona, considerando diferentes doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....63
- Tabela 3.5** - Valores médios de sete características avaliadas na cultivar de aveia branca URS Corona sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....64
- Tabela 3.6** - Valores médios de acamamento avaliados na cultivar de aveia branca URS Corona sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 201969

ARTIGO B

- Tabela 4.1** - Valores do quadrado médio da análise de variância para nove características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis, em função de doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....81
- Tabela 4.2** - Valores médios de seis características avaliadas na cultivar de aveia

	branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....	82
Tabela 4.3 -	Valores médios da massa de mil sementes avaliada na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019	87
Tabela 4.4 -	Valores médios de duas características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020	89
 ARTIGO C		
Tabela 5.1 -	Valores do quadrado médio da análise de variância e estimativa dos coeficientes de variação (CV) para cinco características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis, considerando diferentes doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.....	102
Tabela 5.2 -	Valores médios de quatro características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019	103
Tabela 5.3 -	Valores médios do peso hectolítrico da cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBPA	Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia
CBPTT	Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAOSTAT	Statistics Division of Food and Agriculture Organization
IDR-Paraná	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	A CULTURA DA AVEIA	19
2.1.1	Origem, Domesticação e Classificação Botânica	19
2.1.2	Produção e Utilização da Aveia	20
2.2	ACAMAMENTO EM CEREAIS	22
2.3	REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL	25
2.3.1	Modo de Ação do Trinexapac-Ethyl	26
2.3.2	Doses e Época de Aplicação de Trinexapac-Ethyl	28
2.4	COMPONENTES DE RENDIMENTO DE GRÃOS	30
2.5	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES	32
2.6	QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS	35
2.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
3	ARTIGO A	46
3.1	RESUMO E ABSTRAT	46
3.2	INTRODUÇÃO	47
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	49
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.5	CONCLUSÃO	71
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
4	ARTIGO B	74
4.1	RESUMO E ABSTRAT	74
4.2	INTRODUÇÃO	75
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	77
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4.5	CONCLUSÃO	91
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

5	ARTIGO C	95
5.1	RESUMO E ABSTRAT	95
5.2	INTRODUÇÃO	96
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	98
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
5.5	CONCLUSÃO.....	110
5.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
6	CONCLUSÕES GERAIS	113

1 INTRODUÇÃO

A aveia (*Avena spp.*) na região sul do Brasil, é uma das indispensáveis alternativas de cultivo de inverno, tanto no sistema de sucessão, quanto nos de rotação de culturas. Excelente opção de cultivo capaz de reduzir os custos de produção das lavouras de verão seja pela sua capacidade restauradora das propriedades químicas e físicas do solo, quanto pela quantidade e qualidade de sua palhada, que impacta positivamente o manejo de plantas invasoras.

Das espécies de aveia mais cultivadas no mundo, a aveia branca (*Avena sativa* L.) é a que ocupa a maior área. Esta espécie apresenta diversas utilidades, sendo empregados na alimentação humana devido à qualidade dos compostos nutricionais presentes em seus grãos, e, na alimentação animal como: feno, silagem, forragem verde e na composição de rações. No Sul do Brasil e em parte do Sudeste e Centro-Oeste é explorada para produção de grãos e formação de palhada para a cobertura do solo, principalmente em sistemas de plantio direto.

Sabe-se que a constituição genética de uma cultivar, as condições edafoclimáticas do meio de cultivo, o manejo aplicado à lavoura e a interação entre esses fatores têm elevada interferência sobre o rendimento de uma cultivar, do mesmo modo sobre o comportamento fisiológico das sementes e a qualidade industrial dos grãos produzidos. A percepção das relações entre esses fatores pode contribuir para o planejamento e, conseqüentemente, para a tomada de decisões que objetivem elevar os rendimentos e a qualidade dos grãos e sementes.

Os programas de melhoramento genético de aveia branca granífera do Brasil têm disponibilizado cultivares cada vez mais adaptadas e produtivas, contudo, para que estas cultivares manifeste o seu real potencial de rendimento, torna-se necessário o emprego de técnicas de manejo adequadas, dentre elas a utilização de reguladores de crescimento.

Os reguladores de crescimento são compostos químicos que representam uma alternativa para melhoria do potencial produtivo de algumas espécies cultivadas; que têm sido eficazes na redução da estatura das plantas e utilizados como técnica de controle para o acamamento, sem decréscimo do rendimento. Diversos redutores de crescimento têm sido utilizados em cereais de inverno, entretanto destaca-se entre eles o trinexapac-ethyl (TE), que age nas plantas encurtando a elongação dos entrenós. Este regulador opera no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, por meio da inibição da enzima 3 β -hidroxilase,

restringindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA_1), resultando no aumento de seu precursor biossintético imediato GA_{20} . O decréscimo no nível do GA_1 , que opera na alongação dos internódios, é o motivo da inibição do crescimento das plantas. Em trigo, além de reduzir o acamamento, o TE tem sido associado a alterações na morfologia e na partição de fotoassimilados na planta, com efeitos positivos na produtividade de grãos. Comumente, por falta de estudos específicos, as doses e épocas de aplicação de TE recomendadas para o trigo, (100 g de TE por ha^{-1} entre o aparecimento do primeiro e o segundo nó detectáveis), são extrapoladas para a cultura da aveia branca. Adicionalmente, nos cereais cuja utilização de redutor de crescimento já está consolidada, as respostas às doses e as épocas de aplicação do produto são variáveis de acordo com o genótipo e o ambiente de cultivo. Com isso, espera-se que para a aveia branca também sejam necessárias recomendações personalizadas de acordo com o genótipo, o ambiente e o manejo.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, a qualidade fisiológica de sementes e industrial de grãos de cultivares de aveia branca submetidas a diferentes doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA AVEIA

2.1.1 Origem, Domesticação e Classificação Botânica

A aveia é da família das *Poaceae*, subfamília *Poideae*, tribo *Aveneae*, gênero *Avena*. O gênero *Avena* porta diversas espécies e sua classificação é definida a partir do nível de ploidia, sendo todas poliploides com número cromossômico básico igual a sete (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993). Em conformidade com Leggett e Thomas (1995), as espécies se subdividem em três níveis de ploidia: diplóides ($2n=2x=14$), tetraplóides ($2n=4x=28$) e hexaplóides ($2n=6x=42$).

Considerada uma gramínea anual de inverno, a aveia alcança inúmeras espécies silvestres, invasoras e cultivadas, disseminadas nos seis continentes (ABREU et al., 2005). As modificações em características morfológicas, agronômicas e o número de genomas são empregados para classificar as espécies de aveia (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993). Sendo que as espécies diplóides conservam os genomas AA ou CC, as tetraplóides os genomas AACC ou AABB e as hexaplóides possuem o genoma AACCCDD. No grupo hexaplóide, a *Avena sativa* L. (aveia branca) apresenta elevado interesse entre as espécies economicamente cultivadas, retratando-se como um alopoliplóide natural, constituído pelos genomas ACD (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

A aveia possui como centro de origem a Ásia e o Oriente Médio (MARCHIORO, 2003). Em conformidade com Coffman (1961), a aveia era retratada como planta invasora de lavouras comerciais de trigo (*Triticum* spp.) e cevada (*Hordeum* spp.). O mesmo autor cita que a aveia branca introduziu-se nos campos europeus juntamente com as sementes de culturas de interesse econômico e à proporção que estas espécies se deslocaram para o centro e o norte da Europa, ambientes mais frios e úmidos, a aveia foi obtendo antagonismo e passando a ser desbravada como uma lavoura alternativa, transformando-se em uma cultura com utilidades alimentícias.

Os motivos primários que levaram a domesticação da aveia ainda não foram bem explorados, contudo acha-se que a adaptação ecológica seria mais ampla do que a do trigo e a da cevada, do mesmo modo, o bom desenvolvimento em climas frios pode ser um desses fatores (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

A aveia é empregada há cerca de 4000 anos, sendo a *Avena strigosa* (aveia preta) a primeira espécie a ser cultivada, seguida da *Avena sativa* (ABREU; SCHUCH; MAIA, 2002). A cultura foi inserida no Brasil pelos pioneiros e imigrantes europeus, e seu cultivo no país ocorre desde 1600 (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

As cultivares de aveia branca exploradas no Sul do Brasil até meados da década de 80 eram provenientes do Uruguai e da Argentina, as quais manifestavam problemas de adaptação ao ambiente de cultivo, apresentando ciclo tardio e elevada estatura. Assim sendo, no início da década de 70, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade de Passo Fundo (UPF) inauguraram programas de melhoramento genético dessa cultura por meio da inserção de linhagens e populações segregantes oriundas da Universidade de Wisconsin, esse encorajamento inicial originou o lançamento de inúmeras cultivares melhoradas no decorrer dos anos 80 (FERDERIZZI et al., 1997).

O melhoramento genético permitiu a criação de genótipos adaptados a distintos ambientes de cultivo brasileiros, modificando as particularidades agrônômicas da cultura em relação às primeiras cultivares empregadas no país. As primeiras cultivares inseridas e lançadas no país mostrava-se como biótipo de uma planta basicamente forrageira, com porte elevado, ciclo de desenvolvimento tardio, e reduzido rendimento e qualidade de grãos em comparação às cultivares desenvolvidas na década de 90, as quais mostravam particularidades típicas de plantas produtoras de grãos (BARBOSA NETO et al., 2000).

O alto rendimento obtido por meio do melhoramento da aveia branca fez com que o Brasil passasse de importador para produtor de grãos de qualidade. Isso repercutiu positivamente na cadeia produtiva da aveia, com o surgimento de indústrias para transformação e processamento do cereal para a elaboração de produtos destinados à dieta humana (FERDERIZZI et al., 2005). A partir de 1992, os agricultores e cooperativas brasileiras foram capazes de atender a 100% da demanda industrial brasileira (CBPA, 1998).

O melhoramento da aveia branca no sul do Brasil tem por objetivo o desenvolvimento de genótipos com qualidade industrial adequada, rendimento de grãos superior ao apresentado pelas cultivares presentes no mercado e tolerantes a estresses bióticos e abióticos (HARTWIG et al., 2007).

2.1.2 Produção e Utilização da Aveia

Em comparação aos outros cereais, a aveia ocupa o sétimo lugar em área de cultivo e produção no mundo. A área mundial colhida com o cereal decresceu entre as safras

1961 e 2019, passando de 39,5 milhões de hectares para 9,6 milhões de hectares, respectivamente (FAOSTAT, 2020). Este acontecimento pode ser exemplificado pelo crescimento das áreas exploradas com outras culturas de elevada expressão econômica em substituição às lavouras de aveia para grãos, devido às estratégias do mercado comercial agrícola.

Em 2019, cerca de 9,6 milhões de hectares de aveia foram cultivados em todo o mundo, sendo a Rússia, Canadá, Austrália e a Polônia os principais países produtores, apresentando produção de 23,5 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2020).

Entre as safras 1976 e 2020 foi registrado no Brasil um aumento de 248% na produtividade média de grãos de aveia, que passou de 940 kg ha⁻¹ para 2.334 kg ha⁻¹, acontecimento também verificado na área cultivada e na produção nacional da cultura que passaram de 39,8 mil ha⁻¹ e 37,4 mil toneladas, em 1976, para, respectivamente, 427,3 mil ha⁻¹ e 839,2 mil toneladas, na safra 2020. Isso representa um aumento de 1.073,02% em área cultivada e 2.243,85% em produção, nesse período (CONAB, 2020).

Na safra 2020 o maior produtor nacional de aveia foi o estado do Rio Grande do Sul, responsável por 265,8 mil hectares de área cultivada, produção de 609,5 mil toneladas de grãos e produtividade média de 2.293 kg ha⁻¹, seguido do Paraná (79,8 mil hectares de área cultivada, produção de 155,3 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.946 kg ha⁻¹) e Mato Grosso do Sul (30 mil hectares de área cultivada, produção de 30,0 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.000 kg ha⁻¹) (CONAB, 2020).

Quando se tem por objetivo a rotação de cultivo na região Sul do Brasil, a aveia é uma das indispensáveis alternativas pensando nesse quesito, proporcionando boas produções e geração de renda, tipificando-se, ainda, como significativo componente do sistema de rotação e sucessão de culturas. Introduzida no decorrer da estação fria do ano, adéqua melhorias ao sistema de cultivo tanto nas propriedades físicas como químicas do solo, além de oferecer melhorias como a redução da quantidade de plantas daninhas e a menor incidência de pragas e doenças (CBPA, 2014).

As espécies de aveia mais cultivadas no Brasil são a aveia branca (*Avena sativa* L.) e a aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch), descrita como espécies de duplo propósito com produção de forragem e grãos, e a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) utilizada como pastagem, adubo verde e indicada para o cultivo como cobertura do solo por sua elevada produção de matéria seca (CBPA, 2014).

Em consequência de cruzamentos entre aveias brancas e amarelas pelos programas de melhoramento genético e pela complexidade de separação das espécies, adotam-se o nome de aveia branca para todas as cultivares recomendadas para produção de grãos. Desta forma, há comercialmente duas principais espécies, *Avena sativa* e *Avena strigosa* (CBPA, 2014).

Devido as suas diversas finalidades, a aveia branca vem sendo empregada na alimentação humana por motivo da qualidade de seus compostos nutricionais, e, na alimentação animal, como: feno, silagem, forragem verde e na composição de rações. No Sul do Brasil e em parte do Sudeste e Centro-Oeste é explorada para produção de grãos e formação de palhada para a cobertura do solo, contribuindo para implantação das culturas de verão em sucessão, principalmente em sistemas de plantio direto. Os grãos da aveia branca dispõem de elevada qualidade industrial, a qual é definida pelo maior tamanho da cariopse, alto peso do hectolitro e alta porcentagem de grãos descascados em relação aos grãos inteiros (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004).

Nota-se que a aveia branca apresenta grande importância, fato esse que é representado pela ocupação de 80% da área mundial explorada com aveia para grãos, consequência do acréscimo da procura de seus derivados para consumo humano (ABREU; SCHUCH; MAIA, 2002). Este episódio também influenciou no acréscimo da área explorada com aveia no Brasil, além de acontecimento como a chegada da semeadura direta, rotação de culturas, produção de grãos para comercialização e industrialização (MARCHIORO, 2003).

Sabe-se que o grão de aveia dentre os demais cereais apresenta composição química e estrutural única, classificado como um alimento funcional por apresentar em sua composição a fibra alimentar β -glucana, que tem efeito na redução do colesterol LDL, fato que ganhou atenção por proporcionar benefícios à saúde humana (HARTWIG et al., 2007). O cereal tem sido empregado para a produção de alimentos infantis, cereais matinais (quentes ou frios), granolas, barras de cereais, produtos forneados ou assados (pães, biscoito, bolos, etc.), componentes adicionais para engrossar sopas, molhos e para elevar o volume de produtos cárneos (DE MORI; FONTANELI; SANTOS, 2012).

2.2 ACAMAMENTO EM CEREAIS

O emprego de genótipos de aveia branca mais produtiva e responsiva à adubação tem motivado a intensificação de uso de fertilizantes nitrogenados, associados a técnicas de manejo que se destinam a complementar o aproveitamento integral da lavoura,

exemplo seria o aumento da densidade de semeadura. Essas práticas, apesar de favorecerem o aumento da produtividade de grãos (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004), elevam os riscos para a ocorrência de acamamento de plantas, que por sua vez afeta de forma negativa a qualidade e o rendimento de grãos (MOHR et al., 2007). Assim como em outros cereais, o acamamento de plantas caracteriza-se como um problema presente nas lavouras de aveia branca (OLIVEIRA et al., 2011).

O acamamento em cereais é um fenômeno complexo, resultante de fatores intrínsecos ao genótipo, às características de solo, às condições climáticas e às práticas culturais adotadas. No que diz respeito ao genótipo, os conteúdos de celulose, hemicelulose e lignina, especialmente em nós e entrenós basais, assim como a altura da planta, diâmetro do colmo, são caracteres fortemente associados à resistência ou à suscetibilidade ao acamamento (MOHR et al., 2007).

De acordo com Pinthus (1973), o acamamento se constitui na queda ou arqueamento das plantas em virtude da flexão do colmo e/ou má ancoragem propiciada pelas raízes. O mesmo autor cita que o problema é mais comum em regiões subtropicais ou tropicais com elevada altitude, em função do maior crescimento das plantas. O acamamento é classificado como uma modificação permanente na posição caulinar do colmo de gramíneas em relação à sua posição original, tornando-se plantas recurvadas. A curvatura das plantas, provocada pelo acamamento, por intervenção de ventos fortes ou da chuva, reduz a seção transversal dos feixes vasculares destas, reduzindo, portanto, o fluxo de fotoassimilados da parte aérea em direção às raízes e, da mesma forma, dos nutrientes absorvidos pelas raízes em direção à parte aérea. (LINZAMEYER JUNIOR et al., 2008).

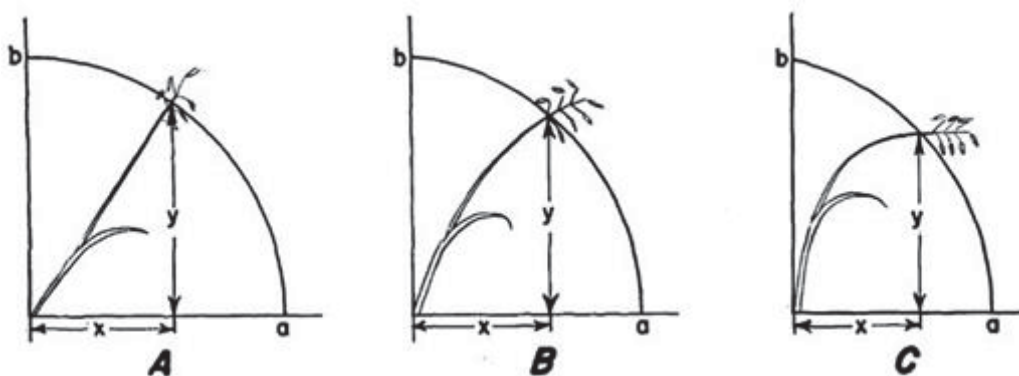
Estudos apontam que o acamamento nos cereais de inverno é considerado um fator de redução do rendimento de grãos em até 60%, sendo as perdas mais elevadas em variedades de porte alto, principalmente quando o acamamento ocorre no decorrer da fase reprodutiva (MARTINELLI; FEDERIZZI; BENNEDETI, 1994). Assim, os prejuízos relacionados ao acamamento tendem a aumentar em virtude da época em que ocorre e, portanto, reduz o rendimento e a qualidade dos grãos (ZANATTA; OERLECKE, 1991). Caso esse fenômeno ocorra no período de florescimento, ocasiona perdas na produtividade por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados. No entanto, se sua ocorrência for na maturação, as panículas ficarão em contato com o solo, o que acarretará decréscimo no peso do hectolitro, deterioração do grão, além de dificultar a colheita mecanizada (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

No que tange à fitossanidade, o acamamento pode aumentar a intensidade e a severidade de algumas doenças ou perdas de qualidade, como, por exemplo, apodrecimento, além de reduzir a eficiência dos agrotóxicos aplicados, pois é difícil fazer com que estes atinjam as folhas próximas ao solo via pulverização (WIERSMA; OPLINGER; GUY, 1986).

Sabe-se que plantas com entrenós mais curtos toleram de forma mais eficaz, o acamamento de plantas, proporcionando aumento na produtividade e qualidade de grãos (YOUSSEFIAN; KIRBY; GALE, 1992). Entretanto em cultivares de porte alto, o acamamento em plantas ocorre com maior frequência quando introduzidas doses elevadas de fertilizantes nitrogenados associadas a ambientes favoráveis e altas densidade de semeadura (RILEY; ORTIZ-MONASTERIO; MATSON, 2001; YU-HUA et al., 2007).

O acamamento pode ocorrer de distintas maneiras, conforme o local da planta em que há o quebramento. Dentre os pioneiros na classificação desse fenômeno para aveia, Grafius e Brown (1954) propuseram e ilustraram três tipos, de acordo com a flexão: a) acamamento de raiz, b) acamamento do colmo e c) acamamento do tipo “chicote”. O acamamento de raiz consiste no deslocamento da base, o acamamento de colmo é a curvatura ao longo dos entrenós; por fim o acamamento do tipo “chicote” é ocasionado no pedúnculo da planta (Figura 1).

Figura 1 - Tipos de curvas de colmos de aveia no processo de acamamento



Fonte: Grafius e Brown (1954).

Já, para a cultura do trigo, Berry et al. (2003) classificaram o acamamento em dois tipos: a) acamamento de colmo e; b) acamamento de raiz. O primeiro é ocasionado pela curvatura ou quebra da base do colmo; o segundo se caracteriza pela rotação do colmo, desde a base, com deslocamento das raízes. No entanto, o acamamento do colmo, ao contrário do que descrevem os autores, pode ocorrer em entrenós acima da base do colmo e, até mesmo, no

pedúnculo floral. A avaliação de acamamento mais utilizada em lavouras e experimentos é subjetiva, na qual se indica apenas o percentual de plantas acamadas por meio de observação visual (CRUZ et al., 2001).

O ângulo em que os colmos se inclinam em relação ao solo pode variar no mesmo campo e, muitas vezes, o acamamento não é distribuído uniformemente na área, podendo ocorrer em alguns pontos da lavoura (PINTHUS, 1973). É provável que esse fato possa ser principalmente devido a variabilidade na fertilidade do solo e maior densidade de sementeira (BERRY et al., 2004). Com o aumento da adubação nitrogenada ocorre o crescimento da planta em estatura a partir do alongamento dos entrenós, ocasionando maior sombreamento entre as plantas, que, por sua vez, receberão menos radiação solar (PINTHUS, 1973). Em aveia branca constatou-se que cultivares de baixa estatura, que naturalmente têm maior resistência ao acamamento, são mais promissoras para áreas com alta disponibilidade de nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2011).

Além do cuidado com a adubação nitrogenada, densidade de sementeira e escolha de cultivares, a ocorrência de acamamento em cereais de inverno pode ser minimizada com uso de reguladores de crescimento. Esses produtos, por reduzirem a estatura de planta, são opções para o controle do acamamento (HAWERROTH et al., 2015; KASPARY et al., 2015), desde que tenham seu uso permitido pelos órgãos governamentais. Dentre eles está o trinexapac-ethyl. No Brasil, o produto está registrado, pela marca comercial Moddus® para uso nas culturas de trigo, cevada e cana-de-açúcar (GUERREIRO; OLIVEIRA, 2012), sem registro, ainda, para a aveia branca.

2.3 REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL

Uma possibilidade que vem chamando a atenção para minimizar a ocorrência do acamamento em plantas cultivadas, é o uso de reguladores de crescimento em culturas como o arroz (*Oryza sativa*) (ALVAREZ et al., 2007), trigo (*Triticum aestivum*) (ZAGONEL; FERNANDES, 2007), crotalária (*Crotalaria juncea*) (KAPPES et al., 2011), e a soja (*Glycine max*) (SOUZA et al., 2010), sem redução do rendimento de grãos (RADEMACHER, 2000).

Os reguladores de crescimento vegetal são compostos químicos empregados para reduzir o crescimento longitudinal da parte aérea das plantas. Na maior parte dos casos, limitam o alongamento celular, em função da inibição da atividade de giberelinas. Os reguladores vegetais proporcionam o encurtamento de entrenós dos colmos das gramíneas com

consequente redução na altura das plantas (RADEMACHER, 2000; TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003).

Podendo ser aplicados diretamente nos vegetais, os reguladores de crescimento alteram o balanço hormonal e, conseqüentemente, processos vitais ou estruturais das plantas (FERRARI et al., 2008). E também afetam a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos, regulando o crescimento e desenvolvimento de plantas (ESPINDULA et al., 2010).

2.3.1 Modo de Ação do Trinexapac-ethyl

No metabolismo das giberelinas existem substâncias que atuam subdivididas em três classes, agindo na inibição das três etapas de síntese deste composto. A primeira classe é formada por compostos como o amônio quartenário (cloreto de cloromequat ou CCC, cloreto de mepiquat e AMO-1618) e o fosfônio (cloreto de clorfênio), seguida pela classe constituída por compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, como ancimidol (uma pirimidina), tetciclasas (um norbornanodiazetina) e compostos tipo triazol (paclobutrazol e uniconazol). Por fim, o terceiro grupo inclui acilciclohexanoedionas como prohexadiona-Ca e trinexapac-ethyl, participando da terceira e última etapa da biossíntese de giberelina (RADEMACHER, 2000).

Produtos inibidores de giberelina são empregados com o objetivo de reduzir o tamanho das plantas. Resultados positivos na redução da estatura de plantas vêm sendo alcançados com o emprego de cloreto de cloromequat (OLUMKUN, 1996) e do trinexapac-ethyl (ESPINDULA et al., 2009; ZAGONEL; FERNANDES, 2007) para a cultura do trigo.

O produto comercial Moddus[®] apresenta em sua formulação 250 g i.a L⁻¹ de trinexapac-ethyl (4-ciclopropil (hidróxi) metileno-3,5-dioxociclohexano carboxilato de etila), sendo recomendado para as culturas do trigo como um agente preventivo do acamamento e para a cana-de-açúcar como maturador. Para a aveia branca não há recomendação do produto, sendo relevante estudar seu efeito a fim de definir estratégias de manejo como épocas e doses que maximizem a produtividade e qualidade dos grãos do cereal. Comumente as recomendações para a cultura do trigo são extrapoladas para a cultura da aveia, contudo, ainda sem validação da pesquisa.

O trinexapac-ethyl apresenta classe toxicológica III e formulação concentrada emulsionável. Nas plantas, é absorvido predominantemente pelas folhas e gemas terminais, sendo a absorção radicular muito limitada. A translocação é relativamente rápida e os sintomas de inibição do crescimento podem ser observados em até 48 horas após a aplicação. Atua

seletivamente através da redução do nível de giberelina ativa, induzindo a planta a uma inibição temporária ou redução na taxa de crescimento, sem afetar o processo de fotossíntese, a integridade da gema apical e o volume de massa radicular (FREITAS et al., 2002).

Espindula et al. (2010), estudando o efeito de doses e épocas de aplicação de três reguladores de crescimento na alongação do colmo de trigo, notaram que, independentemente da época de aplicação do produto, o trinexapac-ethyl resultou menor comprimento do colmo, seguido pelo clomequat e este pelo paclobutrazol. Esses resultados mostraram que o trinexapac-ethyl possui maior eficiência em reduzir a estatura de plantas de trigo. É possível que existam rotas alternativas àquelas bloqueadas pelos reguladores e/ou efeitos ainda desconhecidos sobre outras rotas metabólicas da planta (HECKMAN et al., 2002). Além disso, particularidades como a mobilidade da molécula na planta, persistência, entre outras, podem estar relacionados a essa diferença de efeitos entre os reguladores (ESPINDULA et al., 2010).

O trinexapac-ethyl atua nas plantas reduzindo a alongação dos entrenós, age no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001) através da inibição da enzima 3β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), diminuindo inteiramente o nível do ácido giberélico ativo (GA_1), ocasionando na elevação do seu precursor biossintético imediato GA_{20} (DAVIES, 1987). Possui também a capacidade de bloquear parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo a respiração celular, indicando outro local potencial de ação para o trinexapac-ethyl (HECKMAN et al., 2002).

O principal efeito do trinexapac-ethyl observado em cereais de inverno (trigo e cevada) de acordo com Espindula et al. (2010) é a inibição temporária do alongamento celular, resultando na redução do comprimento dos entrenós e folhas, redução do porte e, conseqüentemente, redução do acamamento. Ainda segundo os autores, o efeito e duração são relativos à dose aplicada e à fase de desenvolvimento da cultura no momento da aplicação, sendo mais visível nos cereais de inverno no estágio de emissão da inflorescência, pela redução dos entrenós e pedúnculos.

Lozano e Leaden (2001), ao estudarem o trinexapac-ethyl em cultivares de trigo e cevada, em diferentes locais, observaram que este redutor reduziu de forma significativa o comprimento dos entrenós. Estes dados corroboram com os estudos de Zagonel e Fernandes (2007), onde o trinexapac-ethyl apresentou resultados significativos na redução da estatura de plantas de trigo.

Zagonel et al. (2002) avaliando doses de N e densidades de plantas com e sem aplicação de trinexapac-ethyl na cultivar de trigo OR-1, observaram que os tratamentos que receberam o trinexapac-ethyl resultaram em plantas com entrenós mais curtos, maior número de espigas por área e aumento da produtividade de grãos. Esse aumento proporcionado pelo trinexapac-ethyl é delegado a mudanças na arquitetura foliar das plantas, promovidas pela utilização do produto, especialmente da angulação da folha bandeira, que fica mais ereta (LOZANO; LEADEN, 2001), otimizando o uso da radiação solar (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Além da redução do porte, e conseqüentemente do acamamento, a resposta dos componentes de rendimento ao trinexapac-ethyl pode ser atribuída a fatores compensatórios, em que os componentes se relacionam de forma negativa, propiciando o acréscimo de uns e redução de outros (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003), sendo a produtividade dos grãos obtidos pela melhor combinação dos componentes de rendimento (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). Acredita-se que as modificações na morfologia e na partição de fotoassimilados ocasionadas pelo trinexapac-ethyl podem alterar não só a produtividade dos grãos, como também interferir na qualidade fisiológica das sementes e a qualidade industrial de grãos, devido as modificações nas particularidades químicas e físicas da planta.

2.3.2 Doses e Época de Aplicação de Trinexapac-ethyl

Recomenda-se o emprego de trinexapac-ethyl para a cultura do trigo, quando do uso de cultivares suscetível ao acamamento, em solos de alta fertilidade e em cultivos irrigados. Porém, quando existe deficiência hídrica na fase inicial do desenvolvimento da cultura, seu emprego não é indicado. Ainda em relação ao trigo, a época de aplicação recomendada do produto Moddus[®] (trinexapac-ethyl) é na fase de alongação da cultura (com o 1º nó visível), na dose de 0,4 L ha⁻¹ (CBTT, 2014).

A época de aplicação do trinexapac-ethyl é um fator de grande importância, pois a redução da altura da planta está associada ao estágio de desenvolvimento da cultura, no momento da aplicação. As aplicações realizadas em épocas de crescimento anteriores ao recomendado (o primeiro e o segundo nó perceptíveis) constituem pouco efeito sobre a altura das plantas, pois a atuação do redutor vai ocorrer principalmente nos primeiros entrenós, que já são curtos. Já as aplicações tardias têm efeito sobre os entrenós superiores e mais longos (como o pedúnculo), diminuindo sensivelmente o tamanho das plantas, podendo retardar o

espigamento e diminuir a produtividade dos grãos (RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

De modo geral, a recomendação dos reguladores de crescimento é muito ampla e não leva em consideração características peculiares de cada cultivar, que podem responder de maneira distinta em relação à dose do produto. Zagonel e Fernandes (2007), ao estudarem o efeito do trinexapac-ethyl em trigo, entenderam que tanto a dose quanto a época de aplicação do redutor de crescimento pode ser específica para cada cultivar, principalmente quando aplicado em genótipos de alta resistência ao acamamento. Os mesmos autores citam que a aplicação do trinexapac-ethyl é indicada quando o primeiro e o segundo nó tornam-se detectáveis.

De acordo com Penckowski e Fernandes (2010), as aplicações de reguladores de crescimento não devem ser calendarizadas, pois a época de aplicação pode variar em até 22 dias, em conformidade com fatores como: cultivar, região e clima.

Trevizan, Gregoleti e Hoffmann (2015) trabalhando com trigo concluíram que à estatura de plantas, a época de aplicação do trinexapac-ethyl nas épocas de 1º e 2º nó visíveis proporcionou redução, em relação à testemunha, de 15,1% e 16,7%, respectivamente.

Com relação à dosagem a ser aplicada na cultura da aveia branca, Hawerroth et al. (2015) constataram que as doses de trinexapac-ethyl mais efetivas para a redução da estatura das plantas são de 100 a 150 g ha⁻¹. Já Krysczun et al. (2017) indicaram a dose de 125 g ha⁻¹ se o cultivo da aveia suceder a soja, e de 100 g ha⁻¹ se suceder o milho. Contudo, para Marolli et al. (2018), a dose 125 g ha⁻¹ é efetiva na redução do acamamento de aveia branca sob condições de baixas, médias e altas doses de nitrogênio.

Segundo Kaspary et al. (2015) o uso de doses de 160 g ha⁻¹ de trinexapac-ethyl reduziu significativamente o acamamento das plantas de aveia branca, com valores de 100 e 15% de acamamento para a testemunha.

Conforme Penckowski (2009) além da alteração no porte, em torno de 15 a 20 dias após a aplicação de trinexapac-ethyl se faz possível observar, em trigo, os efeitos do regulador sobre a inclinação das folhas, deixando estas mais eretas. O mesmo cita que trabalhos realizados com o uso de trinexapac-ethyl e a simulação de diferentes níveis de sombreamento, mostraram que as plantas tratadas com o regulador mudaram sua arquitetura foliar e passaram a aproveitar melhor a radiação, o que resultou em ganhos significativos de produtividade. Esse comportamento das folhas de trigo em resposta ao regulador também foi observado por Marco Júnior et al. (2013).

2.4 COMPONENTES DE RENDIMENTO DE GRÃOS

Os programas de melhoramento genético proporcionaram aumento significativo no rendimento de grãos para a cultura da aveia branca, mudando o cenário produtivo desta cultura no país. No presente é possível averiguar elevadas produtividades resultantes do lançamento de novas cultivares com ampla adaptação aos diferentes ambientes de cultivos e ao manejo tecnificado incorporado ao sistema de produção (CBPA, 2014).

Diversos fatores afetam o rendimento das culturas, porém, aumentos na produtividade unicamente serão alcançados por meio de programas de melhoramento que se conduzam pelo estudo da importância dos componentes de rendimento e o emprego de práticas de manejo adequadas (ZAFFARONI et al., 1998)

De acordo com Grafius (1978), várias características da planta são fundamentais para a definição do seu potencial produtivo, conseqüentemente, do rendimento de grãos, partindo desde a estatura média da planta, ciclo de desenvolvimento, componentes diretos e indiretos do rendimento de grãos, até seu comportamento frente a estresses bióticos e abióticos. O mesmo autor cita que características como número de afilhos férteis por área, número de grãos por panícula e massa média de grãos definem os componentes diretos do rendimento de grãos na cultura da aveia branca.

Componentes de produção são determinados sequencialmente no decorrer do desenvolvimento da cultura, sendo o número de espiguetas formado bem antes da antese, o número de grãos por volta da antese e o tamanho e massa do grão entre a antese e a maturidade (CASTRO; COSTA; NETO, 2012). Neste seguimento, Silva et al. (2015) citam que as características genéticas, as condições edafoclimáticas e as técnicas de cultivo podem modificar o crescimento e o desenvolvimento da planta além de afetar a expressão dos componentes de produção, o rendimento e a qualidade de grãos.

Uma técnica de manejo que vem ganhando importância para a melhoria de rendimento de grãos em diversos estudos é a utilização de trinexapc-ethyl (BORM; BERG, 2008; MATYSIAK, 2006; ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Embora seu uso tenha como objetivo a redução do acamamento, Penckowski e Fernandes (2010) atribuem esse aumento de produção, pelo uso do trinexapac-ethyl, às mudanças na arquitetura foliar das plantas, especialmente da angulação da folha bandeira, que fica mais ereta, proporcionando maior aproveitamento da radiação solar. Dessa forma, cultivares de porte médio a baixo, apesar de menos responsivas ao trinexapac-ethyl, também podem ter a produtividade de grãos

maximizada pela melhor arquitetura foliar e captação da radiação solar, pelo incremento do número de perfilhos férteis e pelo maior direcionamento dos fotoassimilados para a produção de grãos, em detrimento do desenvolvimento do colmo (MATYZIAK, 2006; ZAGONEL et al., 2002; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O aumento dos componentes de rendimento para a cultura do trigo e da aveia branca com a utilização do trinexapac-ethyl é relatado por alguns autores. Bazzo et al. (2019) trabalhando com cultivares de aveia branca granífera, em dois ambientes de cultivo, concluíram que o trinexapac-ethyl na dose de 125 g ha⁻¹ entre o primeiro e segundo nó detectável, aumentou o número de panículas por m², a produtividade de grãos, porém reduziu o número de grãos por panícula. Penckowski (2006) observou que a aplicação do trinexapac-ethyl principalmente na fase de 1º e 2º nó visível ou 2º e 3º nó visível aumentou significativamente o número de espiguetas e a produtividade de grãos quando comparado ao tratamento sem aplicação do regulador de crescimento na cultivar de trigo AVANTE. Zagonel et al. (2002) concluíram que com a utilização do trinexapac-ethyl em plantas de trigo, houve um aumento no número de plantas com entrenós mais curtos, no diâmetro do colmo, na massa seca das plantas e diminuição do número de grãos por espiga, porém, o número de espigas por m², o peso de mil grãos e a produtividade de grãos foram incrementados.

Em estudos com a cultivar de aveia branca URS Guapa, sobre diferentes doses de trinexapa-ethyl, entre o primeiro nó visível e segundo nó detectável, Kaspary et al (2015) observaram que plantas menores foram capazes de produzir quantidades superiores de panículas por área, bem como maior quantidade de grãos por panícula. Nesse contexto, Zagonel et al. (2002), trabalhando com trinexapac ethyl em cultivares de trigo, ressaltam que plantas com menor estatura e mais compactas apresentam melhor direcionamento dos fotoassimilados, aumentando o número de panículas reprodutivas por metro e o número de grãos por panícula, resultando em maior produtividade final. Entretanto, resultados divergentes são relatados por Guerreiro e Oliveira (2012), que, em estudos com aveia branca, observaram redução no número de grãos por panícula em função das doses de trinexapac-ethyl.

As épocas de aplicação do redutor têm forte influência sobre os componentes de rendimentos. Para Fagerness e Penner (1998), quanto mais tardia for a aplicação do trinexapac-ethyl, entre o 2º e 3º nó visível, maior é a redução do comprimento do pedúnculo, já que o redutor atua de 14 a 21 dias na planta. Porém, se o encurtamento do pedúnculo for acentuado, a espiga, ou parte desta, fica retida na bainha da folha bandeira, interferindo na

antese e na formação dos grãos, com efeitos diretos na produtividade de grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Kaspary et al. (2015) ao estudarem a cultivar de aveia branca URS Guapa, sob diferentes doses de trinexapa-ethyl, entre o primeiro nó visível e segundo nó detectável, observaram, que foi possível aumentar em aproximadamente 30% o desempenho produtivo com o uso de 100 g ha⁻¹ de trinexapac-ethyl. Zagonel e Fernandes (2007), ao avaliarem o efeito do mesmo produto em trigo, constataram ganhos significativos na produtividade dessa cultura. Contudo esses resultados divergem dos encontrados por Guerreiro e Oliveira (2012), que, ao avaliarem o uso de trinexapac-ethyl em aveia branca, não obtiveram ganho em produtividade para nenhuma das doses testadas (43,7, 87,5 e 175 g ha⁻¹). De forma semelhante, Fioreze e Rodrigues (2014) não observaram diferença na produtividade de trigo com o uso do trinexapac-ethyl.

Apesar de que exista a possibilidade de aumentar cada um dos componentes de rendimentos individualmente, eventos compensatórios fazem com que, repetidamente, os componentes se relacionem de forma negativa, resultando no aumento de uns e o decréscimo de outros. Dessa forma, o mesmo rendimento de grãos pode ser alcançado por distintas maneiras, sendo trabalhoso definir uma combinação ótima dos diferentes componentes. Contudo, é fundamental levar em conta as diversas características envolvidas no processo e inserir a matriz ambiental em todo processo decisório. A melhor resposta biológica não é alcançada pelo máximo emprego dos diferentes fatores de produção e sim pelo equilíbrio entre eles (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003).

2.5 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade fisiológica de sementes, determinada pela germinação, vigor e longevidade, pode ser conhecida como a capacidade destas em desempenhar funções essenciais à sua sobrevivência, interferindo diretamente no estabelecimento e desenvolvimento da cultura a campo (SCHUCH; KOLCHINSKI; CANTARELLI, 2008). A germinação compõe-se de uma sequência de reações bioquímicas, considerado uma retomada do crescimento ativo do eixo embrionário, resultando no rompimento do tegumento da semente e na emergência da plântula (MALAVASI, 1988). Já o vigor, trata-se do conjunto de características que atribuem à capacidade da semente germinar, emergir e formar plântulas mesmo em condições desfavoráveis (MARCOS FILHO, 1999). Visto isso, nota-se que com a utilização de sementes

de elevado vigor, é possível obter um estabelecimento rápido e uniforme das plantas (LUDWIG et al., 2009).

Aspectos como o clima, condições do solo, época de semeadura, cultivar e o manejo adotado influenciam na produção de sementes de qualidade fisiológica (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003).

Quando os cultivos de aveia branca são realizados em altas densidades de plantas e com elevadas doses de nitrogênio, problemas como o acamamento das plantas são frequentes, o que interfere negativamente na produção e na qualidade fisiológica das sementes (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Quando o acamamento das plantas ocorre durante o período de florescimento, o rendimento da cultura é comprometido pela limitação da fotossíntese e da translocação de fotoassimilados na planta; já quando ocorre na fase de maturação, a redução da produtividade e qualidade fisiológica de sementes é prejudicada pela exposição das plantas a condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, germinação ou apodrecimento das sementes, além de dificuldade na realização da colheita mecanizada (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

Nesse contexto, tornou-se prática comum para controle do acamamento a utilização de reguladores de crescimento (ESPINDULA et al., 2010). Os reguladores de crescimento são aplicados visando diminuir a altura e evitar o possível acamamento das plantas ao longo do ciclo, podendo se revelar como uma importante estratégia para contornar esse problema e favorecer a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica (KAPPES et al., 2012).

Além de serem utilizados com o intuito de reduzir a estatura e o acamamento das espécies cultivadas, os redutores de crescimento são aplicados visando a modificação na arquitetura da planta, especialmente da folha bandeira, que fica mais ereta (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010), aumentando o aproveitamento dos recursos do meio, especialmente a radiação solar (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Estes efeitos também podem alterar a partição de fotoassimilados, melhorar o enchimento e, conseqüentemente, a qualidade fisiológica de sementes (SAWAN; FAHMY; YOUSEF, 2009). Entretanto, Kaspary et al. (2015), ao estudarem o efeito de diferentes doses de trinexapac-ethyl sob plantas de aveia branca, mostraram que a massa de mil sementes em doses de 150 g ha⁻¹, foi equivalente a da testemunha testada, ao passo que o melhor desempenho de massa de sementes foi observado na dose de 100 g ha⁻¹. Os autores inferiram que o menor enchimento de sementes pode ser decorrente da menor capacidade fotossintética das plantas submetidas ao trinexapac-ethyl, uma

vez que estas apresentaram menor estatura e área foliar. A redução na massa de mil sementes indica menores quantidades de reservas armazenadas nessas sementes, o que poderá influenciar sua germinação e vigor. Geralmente, as sementes que têm maior vigor podem germinar e emergir mais rapidamente sob condições adversas (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Kappes et al. (2012), ao avaliarem o efeito da aplicação de três reguladores de crescimento (cloreto de mepiquat, trinexapac-ethyl e paclobutrazol) em diferentes doses (0, 75, 150, 225 e 300 g ha⁻¹) sob a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de crotalária, observaram que a aplicação do trinexapac-ethyl influenciou positivamente a germinação de sementes. Segundo Nóbrega et al. (1999), esse tipo de resultado pode ser atribuído à diminuição da estatura das plantas, ocorrida pela aplicação do redutor de crescimento, fazendo com que os fotoassimilados fossem direcionados para as estruturas reprodutivas das plantas e, conseqüentemente, contribuindo para o maior potencial de germinação. Estudos realizados com aveia branca por Carvalho e Nakagawa (2012), demonstram que os valores obtidos para a característica germinação de sementes, em todos os tratamentos com a aplicação de trinexapac-ethyl, apresentaram-se acima do padrão estabelecido para comercialização de sementes de aveia branca pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que exige germinação mínima de 80%. Entretanto, Bazzo et al. (2018) observaram que aplicação do trinexapac-ethyl reduz o vigor de sementes das cultivares de aveia branca IPR Afrodite e IPR Artemis produzidas em Londrina e Mauá da Serra, respectivamente.

Ao avaliar o efeito de doses de trinexapc-ethyl sobre genótipos de aveia branca granífera, Kaspary et al. (2015) relataram que a qualidade fisiológica das sementes, produzidas a partir do uso de diferentes doses do regulador de crescimento, apresentou, de modo geral, redução linear com o aumento da dose do regulador. Ainda neste estudo, foi observado que a condutividade elétrica das sementes aumentou à medida que foram aumentadas as doses do regulador de crescimento, demonstrando ser desvantajosa a sua utilização para obter sementes com qualidade fisiológica elevada. Segundo estes autores, o uso do trinexapac-ethyl afeta negativamente a germinação e o vigor das sementes de aveia branca, assim como a sua sanidade, reduzindo a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento inicial da cultura.

Em conformidade com Marcos Filho (2005), o desempenho das sementes tem sua base assentada no genótipo, podendo ocorrer em uma mesma espécie cultivares que produzem sementes com melhor potencial fisiológico. Estas dessemelhanças podem existir em

virtude de particularidades genéticas ou morfofisiológicas inerentes ao genótipo, transformando-o em mais ou menos sensível a danos, durante o período de formação ou após a maturidade fisiológica das sementes, por adversidades climáticas que irão interferir em seu desempenho fisiológico (VIEIRA et al., 1995).

2.6 QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS

Os programas de melhoramento genético no Sul do Brasil têm selecionado genótipos com particularidades elevadas de grãos, devido a crescente procura por grãos e derivados de aveia de qualidade para a alimentação humana (BOTHONA; MILACH; THOMÉ, 2002). De forma geral, tem-se buscado genótipos que produzam grãos que conciliem atributos físicos, nutricionais e funcionais que atendam às exigências do mercado consumidor; que adicionalmente apresentem alto potencial de rendimento, menor ciclo e melhor adaptação agrônômica aos diferentes ambientes de cultivo (CRESTANI et al., 2010). Desta forma, o melhor desempenho de uma lavoura de aveia granífera é alcançado pela maior produtividade e qualidade de grãos que, para suprir às exigências das indústrias, precisam ser bem formados, grandes, pesados e uniformes para alcançarem um alto rendimento industrial, o que é de vital relevância para a comercialização da aveia (ALVES; KIST, 2010).

A definição da qualidade física e tecnológica dos grãos de aveia, que se refere às particularidades morfológicas que irão interferir de modo direto o beneficiamento industrial (DE FRANCISCO; BEBER; FULCHER, 2002), vem sendo praticada por meio de vários parâmetros, sendo eles: o peso do hectolitro (PH), a massa de mil grãos (MMG), a proporção de grãos com espessura maior que dois milímetros ($IG > 2\text{mm}$) e o índice de descasque (ID) (BRASIL, 1975). Estes dois últimos parâmetros, agregado ao rendimento de grãos, determinaram o rendimento industrial (RIG), representando o índice Avenacor (FLOSS; HAUBERT; ZANATTA, 2002), o qual revela a percentagem de produtos obtidos para a produção de diferentes alimentos fundamentados de amostras de grãos integrais (CBPA, 2014).

Os grãos de aveia para serem aceitos pela indústria, precisam atender fatores mínimos de qualidade, determinado pelo grau de umidade dos grãos, percentagem de grãos manchados, escuros e avariados, percentagem de impurezas e materiais estranhos, peso do hectolitro igual ou superior a 41 kg hL^{-1} , alta percentagem de grãos com espessura maior que 2 mm, baixos níveis de acidez e ter alto rendimento industrial (BRASIL 1975).

Antonow (2010) descreve que o aumento no peso hectolítrico dos grãos elevou a percentagem de cariopse, acontecimento que conforme Krüger et al. (2010) influencia

positivamente a produtividade e o rendimento industrial de grãos devido a essas características manifestarem relação direta e positiva entre si.

Kolchinski (2001) sugere que, entre outros fatores, o fator cultivar exerce interferência sobre a qualidade industrial de grãos de aveia branca. Neste seguimento, o potencial genético da cultivar, condições edafoclimáticas, as técnicas de cultivo e a interação entre esses fatores interferem no crescimento e o desenvolvimento da planta além de afetar a expressão dos componentes de produção e a qualidade de grãos (SILVA et al., 2015). Todos esses fatores definem as particularidades físicas, químicas e biológicas que inferem na qualidade dos grãos e aos produtos que deles se encaminham (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003).

As variações de qualidade industrial devido ao ambiente na cultura do trigo superam, com frequência, as vinculadas ao genótipo. Dentre os aspectos ambientais que podem provocar modificações na qualidade industrial e no teor proteico do grão, citam-se o tipo de solo e os níveis de adubação. Dentre os aspectos meteorológicos, a temperatura, a precipitação pluvial e a radiação solar são os de elevado impacto, tanto no crescimento, quanto no desenvolvimento, na adaptação e na qualidade industrial dos grãos. Nesse seguimento, a maneira mais precisa para reduzir riscos é a utilização de práticas de manejo nas culturas, por exemplo, escolha de cultivar, redutores de crescimentos, época e densidade de semeadura, manejos de água, resíduos na superfície e fertilização, as quais buscam minimizar o impacto das flutuações climáticas (FRANCESHI, 2009).

Neste contexto, a utilização de reguladores de crescimento visando o aumento da qualidade industrial de grãos vem sendo estudada por diversos autores. Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), trabalhando com trigo, relatam que reguladores de crescimento são um fator que pode influenciar a qualidade industrial dos grãos. Os mesmos autores relatam que a resposta do regulador de crescimento, visando qualidade industrial de grãos, varia intensamente em razão da cultivar, ou seja, é primordial distinguir cultivares, pois a qualidade industrial dos grãos guarda forte relação com o genótipo.

Em trabalho realizado com aveia branca sob diferentes doses de trinexapac-ethyl, Almeida et al. (2012) mostraram que à medida que se aumenta a dose do redutor, o peso do hectolitro tende a diminuir, não sendo, porém, constatada alteração da massa de mil grãos. Entretanto, resultados divergentes foram encontrados por Guerreiro e Oliveira (2012), que observaram efeito negativo das doses de trinexapac-ethyl sobre a massa de mil grãos e o peso hectolétrico de cultivares de aveia branca.

Souza et al. (2014), avaliando a resposta de caracteres agronômicos e a qualidade industrial de diferentes genótipos de aveia branca granífera quanto à aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, não encontraram influência do fitorregulador sobre a espessura dos grãos.

Penckowski e Fernandes (2010), trabalhando com diferentes doses e épocas de aplicação do ingrediente ativo trinexapac-ethyl nas cultivares de aveia branca URS Guapa, URS Guria, URS Tarimba e IAC 7, verificaram, que a aplicação do regulador vegetal aumentou o rendimento industrial de grãos, entretanto, diferentes níveis de respostas foram observados em função da dose, da época de aplicação ou da cultivar utilizada. Diferenças de resposta também foram observadas por Bazzo et al. (2016) que, ao estudarem o efeito do trinexapac-ethyl em diferentes genótipos de aveia branca em dois ambientes de cultivo, constataram que a aplicação do trinexapac-ethyl reduz a qualidade industrial dos grãos nos ambientes de Londrina (peso hectolítrico e índice de descasque) e Mauá da Serra (índice de grãos maiores que dois milímetros). Entretanto, quando o redutor é associado às doses de nitrogênio, a qualidade industrial dos grãos é elevada tanto em Londrina (índice de grãos maiores que dois milímetros) quanto em Mauá da Serra (rendimento industrial de grãos).

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, G. T.; SCHUCH, L. O. B.; MAIA, M. S. Análise do crescimento e utilização de nitrogênio em aveia branca (*Avena sativa* L.) em função da população de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 111-116, 2002.

ABREU, G. T.; SCHUCH, L. O. B.; MAIA, M. S.; ROSENTHAL, M. D.; BACCHI, S.; CANTARELLI, L. D.; PEREIRA, E. Produção de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em cultivo companheiro com leguminosas forrageiras. **Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 1-9, 2005.

ALMEIDA, J. L.; FOSTIM, M. L.; STOETZER, A. Ensaio aplicação de redutor de crescimento em aveia branca 2011. In: XXXII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa da Aveia, 32.: 2012, Passo Fundo, 2012.

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, n. 2, p. 241-249, 2007.

ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espiguetta de aveia branca (*Avena Sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 29-33, 2010.

ANTONOW, D. **Sistemas de sucessão e época de adubação na expressão de caracteres de produção e qualidade de aveia branca**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação

em Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí, 2010.

BARBOSA NETO, J. F.; MATIELLO, R. R.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, J. M. S.; PEGORARO, D. G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M. E. B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia branca no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.

BAZZO, J. H. B.; BARBOSA A. P.; CARDOSO, C. P.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I. C. B. Physiological quality of seeds of white oat cultivars in response to trinexapac-ethyl application. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 49, n. 4, p. 636-643, 2018.

BAZZO, J.H.B.; RIEDE, C.R.; ARRUDA, K.M.A.; CARDOSO, C.P.; FRANZONI, I.; FONSECA, I.C.B.; ZUCARELI, C. 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.

BERRY, P. M.; STERLING, M.; SPINK, J. H.; BAKER, C. J.; SYLVESTER- BRADLEY, R.; MOONEY, S. J.; TAMS, A. R.; ENNOS, A. R. Understanding and reducing lodging in cereals. **Advances in Agronomy**, v. 84, n. 4, p. 217-271, 2004.

BERRY, P. M.; STERLING, M.; BAKER, C. J.; SPINK, J.; SPARKES, D. L. A calibrated modelo of wheat lodging compared with field measurements. **Agricultural and Florest Meteorology**, v. 119, n. 3-4, p. 167-180, 2003.

BOTHONA, C. A.; MILACH, S. C. K.; THOMÉ, G. H. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 73-80, 2002.

CÁNOVAS, A. D.; TRINDADE, M. G. **Efeito de níveis de nitrogênio e frequência de aplicação de água na produtividade e na aptidão industrial do trigo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 2p. (Comunicado técnico, 70).

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **SEMENTES: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2012.

CBPA - COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações técnicas para cultura da aveia: XXXIV Reunião Da Comissão Brasileira De Pesquisa De Aveia: Fundação ABC**, 2014. 136 p.

CBPA - COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Palestras: XXVIII Reunião Da Comissão Brasileira De Pesquisa De Aveia: Londrina**, 1998. 79 p.

CBTT - COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **VII Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale**. Londrina, 2014. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2014. Londrina, 2014. 235p.

CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S. J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.

COFFMAN, F.A. **Oats and oats improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1961.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V.5. Safra 2020/2021, N.2 - segundo levantamento. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em 22, dez. 2020.

CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARETTA, D.; LUCHE, H. S.; TESSMANN, E. W.; PAIVA, R. P. Desempenho de cultivares de aveia branca quanto ao conteúdo de β -glucana nos grãos conduzidas em diferentes ambientes. In: XXX Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 2010, São Carlos-SP. **Resultados Experimentais da XXX Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**. São Carlos-SP: Embrapa Pecuária Sudeste, v. 1, n. 2, p. 127-131. 2010.

CRESTANI, M.; DE CARVALHO, F. I. F.; DE OLIVEIRA, A. C.; DA SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARBIERI, R. L.; BARETTA, D. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária**. Brasília, v. 45, n. 3, p. 261-268, mar. 2010.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F. de; CAETANO, V. da R.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L. Caracteres associados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. The Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

DE FRANCISCO, A.; BEBER, R. C.; FULCHER, R. G.; MEDIN, T.; ALVES, A. C. Estudo comparativo de cultivares de aveia (*Avena sativa* L.) do sul do Brasil: Efeito da morfologia do grão no rendimento industrial. **Científica Venezuelana**, Caracas, v. 53, n. 3, p. 195-201, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 7. ed. Rio de Janeiro, 2006.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, M. A.; SOUZA, L. T.; FAVARATO, L. F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, L. T.; SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

- FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexapac-ethyl. **Crop science**, Madison, v.38, n. 2, p. 1028-1035, 1998.
- FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS DATA. **Production/Crops**. Disponível em:< <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>> Acesso em: 22 de dez 2020.
- FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; PACHECO, M. T.; BARBOSA NETO, J. F.; SERENO, M. J. C. M. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 141-169.
- FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.
- FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. **Semina: Ciências Agrárias.**, v. 35, n. 1, p. 39-54, 2014.
- FLOSS, E. L.; HAUBERT, S. A.; ZANATTA, F. S. Rendimento corrigido pela qualidade industrial do grão de aveia - Avenacor. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22, 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: UPF, 2002. p. 553-558.
- FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; BARBOSA, J. G.; MIRANDA, G. V. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 477-486, 2002.
- GRAFIUS, J. E. Multiple characters and correlated response. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 6, p. 931-934, 1978.
- GRAFIUS, J. E.; BROWN, H. M. Lodging resistance in oats. **Agronomy Journal**, v. 46, n. 9, p. 414-418, 1954.
- GUERREIRO, M. G.; OLIVEIRA, N. C. Produtividade de grãos de aveia branca submetida a doses de trinexapac-ethyl. **Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias.**, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2012.
- HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, G. O.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; SILVEIRA, G. 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.; SILVA, J. A. G. D.; SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, A. C. D.; LUCHE, H. D. S.; ZIMMER, C. M.; SPONCHIADO, J. C. Lodging reduction in white oat using the plant growth regulator trinexapac-ethyl. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L.; GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

KAPPES, C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R.; ALCALDE, A. M.; VILELA, R. G. Reguladores de crescimento e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de crotalaria. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 180-190, 2012.

KASPARY, T. E.; LAMEGO, F. P.; BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; PITTOL, D. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de aveia branca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Atributos de desempenho industrial e qualidade fisiológica de sementes em aveia branca em função da disponibilização da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 587-589, 2003.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Produtividade e utilização de nitrogênio em aveia em função de épocas de aplicação do nitrogênio. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 117-121, 2002.

KOLCHINSKI, E. M. **Eficiência de uso de nitrogênio em cultivares de aveia branca (*Avena sativa* L.)**. 2001. 76 fls. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de pelotas, Pelotas, 2001.

KRYSCZUN, D. K.; SILVA J. A. G. da; MAROLLI, A.; TRAUTMANN, A. P. B.; LUCIO, A. D.; CARBONERA, R. Growth regulator on oat yield indicators. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Agrícola**, v. 21, n. 12, p. 828-833, 2017.

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

LOZANO, C. M.; LEADEN, M. I. **Novedades sobre el uso de reguladores de crecimiento en trigo**. In: Jornadas de actualización profesional: Trigo, 2001. p. 34-35.

LUDWIG, M. P.; SCHUCH, L. O. B.; LUCCA FILHO, O. A.; AVELAR, A. A. G.; MIELEZRSKI, F.; DE OLIVEIRA, S.; CRIZEL, R. L. Desempenho de sementes e plantas de milho híbrido originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 83-92, 2009.

MALAVASI, M. M. Germinação de sementes. In: **Manual de análise de sementes florestais**. Fundação Cargill, 1988. P. 55-72.

MARCHIORO, V. S. **Mecanismos de seleção em populações segregantes de aveia para otimização de ganho genético embasados em conhecimentos quantitativos e moleculares**. 2003. 93 fls. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitomelhoramento) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes**. 12. ed. Piracicaba: Fealq, 2005.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-21.

MAROLLI, A.; SILVA, J. A. G. da; SAWICKI, S.; BINELO, M. O.; SCREMIN, A. H.; REGINATTO, D. C.; DORNELLES, E. F.; LAMBRECHT, D. M. A simulação da biomassa de aveia por elementos climáticos, nitrogênio e regulador de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 2, p. 535-544, 2018.

MARTINELLI, J. A.; FEDERIZZI, L. C.; BENNEDETI, A. C. Redução do rendimento de grãos de aveia em função da severidade da ferrugem-da-folha. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 40, n. 1, p. 116-118, 1994.

MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **J. Plant Protec. Res.**, v. 46, n. 2, p. 133-143, 2006.

MOHR, R.M.; GRANT, C.A.; MAY, W.E.; STEVENSON, F.C. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 87, n. 4, p. 459-468, 2007.

NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI, A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology**, v. 31, n. 8, p. 1183-1190, 1990.

NÓBREGA, L. B.; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. Hormônios e reguladores do crescimento e do desenvolvimento. In: BELTRÃO, N. E. M. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, p. 587-602.

OLIVEIRA, A.C. de; CRESTANI, M.; CARVALHO, F.I.F. de; SILVA, J.A.G.; VALÉRIO, I.P.; HARTWIG, I.; BENIN, G.; SCHMIDT, D.A.M.; BERTAN, I. Brisasul: a new high-yielding white oat cultivar with reduced lodging. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, n. 4, p.370-374, 2011.

OLUMEKUN, V. O. An analysis of the response of winter wheat (*Triticum aestivum*) components to cycocel (Chlormequat) application. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 3, p. 145-150, 1996.

PENCKOWSKI, L. H. Efeitos do trinexapac-ethyl e do nitrogênio na produtividade do trigo. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2006.

PENCKOWSKI, L. H.; FERNANDES, E. C. Utilizando regulador de crescimento na cultura de trigo – Aspectos importantes para garantir bons resultados. Castro: Fundação ABC, 2010. 68p.il.

- PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.
- PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, 2010.
- PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, Rehovot, v. 25, p. 209-263, 1973.
- 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.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.
- RILEY, W. J.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; MATSON, P. A. Nitrogen leaching and soil nitrate, nitrite, and ammonium levels under irrigated wheat in Northern Mexico. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 61, n. 3, p. 223-236, 2001.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 14).
- SÁ, M. E. Importância da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Icone, 1994. p. 65-98.
- SAWAN, Z. M.; FAHMY, A. H.; YOUSEF, S. E. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. **Acta Ecologica Sinica**, v. 29, n. 2, p. 116-123, 2009.
- SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; CANTARELLI, L. D. Relação entre a qualidade de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 1-6. 2008.
- SILVA, J. A. G.; ARENHARDT, E. G.; KRUGER, C. A. M. B.; LUCCHESI, O. A.; METZ, M.; MAROLLI, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe industrial e aproveitamento do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 27-33, 2015.
- SOUZA, C. A.; SPONCHIADO, J. C.; CORREA, C.; MENDES, M.; TORMEM, M. E.; LÂNGARO, N. C.; PACHECO, M. T. Desempenho agrônomo e qualidade industrial de cultivares de aveia branca em função de doses de trinexapac-ethyl. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 34, 2014, Castro. **Resultados Experimentais**. Castro. CD-ROM.

SOUZA, L. T. D.; ESPÍNDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; DIAS, D. C. F. D. S.; SOUZA, M. A. D. Growth retardants in wheat and its effect in physiological quality of seeds. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1431-1434, 2010.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 499-507, 1993.

TEIXEIRA, C. C. M.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

TREVIZAN, K.; GREGOLETI, E.; HOFFMANN, A. F. Trinexapac-etil diminui o acamamento e aumenta produtividade do cultivar de trigo Tbio Pioneiro. **Ramvi, Getúlio Vargas**, v. 2, n. 3, p. 1-11, 2015.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNED, 1994. 164 p.

VIEIRA, R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; MINOHARA, L.; BERGAMASCHI, M. C. M. Efeito de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 257-264, 1995.

WIERSMA, D.W.; OPLINGER, E.S.; GUY, S.O. Environment and cultivar effects on winter wheat response to Ethrel plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 5, p. 761-764, 1986.

YOUSSEFIAN, S.; KIRBY, E.J.M.; GALE, M.D. Pleiotropic effects of the GA-insensitive Rht dwarfing genes in wheat. 2. Effects on leaf, stem, ear and floret growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 191-210, 1992.

YU-HUA, T.; ZHANG, J.H.; YE, Y.X.; WANG, Z.Q.; ZHU, Q.S.; LIU, L.J. Nitrogen runoff and leaching losses during rice-wheat rotations in Taihu Lake region, China. **Pedosphere**, Nanjing, v. 17, n. 4, p. 445-456, 2007.

ZAFFARONI, E.; TERRES, A. L.; BEVILAQUA, G. A. P.; ROBAINA, A. D.; DE LIMA, D.; DA SILVA FILHO, P.; LOPES, R. Análise de caminhos nos componentes de rendimento de genótipos de arroz do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 43-48. 1998.

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

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 1001-1016, 1991.

3 ARTIGO A

DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE AVEIA BRANCA SOB DIFERENTES DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL

3.1 RESUMO: A resposta de cultivares de aveia branca quanto ao efeito de doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl pode ser variável e afetar o rendimento de grãos e seus componentes. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl no desempenho produtivo de cultivares de aveia branca. Os experimentos foram conduzidos no município de Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020, com as cultivares de aveia branca IPR Artemis e URS Corona, selecionadas por possuírem diferentes estaturas, ciclos e níveis de tolerância ao acamamento. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, separadamente para cada cultivar e safra, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl (0, 50, 100 e 150 g ha⁻¹) e três épocas de aplicação distintas (E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas com o 1º nó visível e o 2º nó perceptível e E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de nitrogênio, fracionadas em duas aplicações de 27 kg ha⁻¹. Os caracteres agrônômicos avaliados foram: altura de plantas, comprimento de panícula, panículas m⁻², espiguetas por panícula, grãos por espiguetas, número de grãos por panícula, massa de mil grãos, acamamento de plantas e produtividade de grãos. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo o efeito de doses analisado por regressão até 2º grau. A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduziu os valores dos componentes da panícula: comprimento de panículas, número de espiguetas por panículas e grãos por panículas das cultivares IPR Artemis e URS Corona. No entanto, reduz a altura de plantas e aumenta o número de panículas m⁻² e a produtividade das duas cultivares estudadas. Adicionalmente, nestas mesmas doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento tem-se ainda significativa redução do acamamento das cultivares testada. Os resultados obtidos com a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, nos fornecem um intervalo de segurança para a aplicação do regulador de crescimento que possibilita a redução do acamamento de plantas sem comprometer o rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Redutor de crescimento. Produtividade. Acamamento. Componentes de rendimentos.

ABSTRACT: The response of white oat cultivars to the effect of doses and times of application of the trinexapac-ethyl growth reducer can be variable and effect the grain yield and its components. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of different doses and different times of application of the growth regulator trinexapac-ethyl on the productive performance of white oat cultivars. The experiment was carried out in the city of Londrina-PR, at the Experimental Station of the Paraná Rural Development Institute (IDR-Paraná) in the 2019 and 2020 harvests, with the white oat cultivars IPR Artemis and URS Corona selected because they have different statures, cycles and levels of lodging tolerance. The experimental design adopted was a randomized block with four replications, in a factorial

scheme 4 x 3, walking for each cultivar, with four doses of trinexapac-ethyl (0, 50, 100 and 150 g ha⁻¹) and three different application times (E₁: plants with the 1° noticeable node; E₂: plants with the 1° visible node and the 2° perceptible node and E₃: plants with the 2° visible node and the 3° perceptible node. The nitrogen cover fertilization was carried out with 54 kg ha⁻¹ of nitrogen, fractionated in two applications of 27 kg ha⁻¹. The agronomic characters obtained were: (plant height, panicle length, panicles m⁻², spikelets per panicle, grains per spikelet, number of grains per panicle, mass of one thousand grains, lodging of plants and grain yield. The data collected were analyzed by analysis of variance, where the averages were compared by the Tukey test at 5% probability, with the effect of doses being analyzed by regression up to 2°. The application of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹, in times of application E₂ and E₃, reduces the values of panicle components: panicle length, number of spikelets per panicle and grains per panicle of cultivars IPR Artemis and URS Corona. However, it reduces plant height and increases the number of panicles m⁻² and the productivity of the two white oat cultivars studied. Additionally, at these same doses and times of application of the growth regulator, there is still a significant reduction in the lodging of the cultivars tested. The results obtained with the use of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹, in times E₂ and E₃, provide us with a safety interval for the application of the growth regulator that allows the reduction of the lodging of plants without compromise grain yield.

Keywords: *Avena sativa* L. Growth reducer. Productivity. Lodging. Income componentes

3.2 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal com diversas finalidades, utilizado na alimentação humana devido à qualidade nutricional dos seus grãos, e também para a nutrição animal na forma de forragem verde, feno, silagem e composição de rações. Dentro do sistema de produção no Sul do Brasil e em parte do Sudeste e Centro Oeste este cereal é cultivado para produção de grãos e, além disso, a palhada deixada na cobertura do solo favorece a implantação das culturas de verão em sucessão, especialmente em sistema de plantio direto (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004).

A ocorrência de acamamento na aveia, ou seja, a curvatura ou dobramento do colmo em direção ao solo é bastante comum, sendo sua intensidade variável de acordo com a cultivar e condições ambientais. O acamamento na fase de florescimento pode ocasionar o comprometimento da produtividade, já que reduz a área fotossintética exposta à luz solar. Adicionalmente, ainda que esse evento ocorra na fase de maturação, as proximidades das panículas ao solo as expõem a condições de maior umidade, que normalmente levam a perdas tanto na produtividade como na qualidade dos grãos. Outro efeito danoso do acamamento, independente de qual estágio ele ocorra, é a dificuldade que ele impõe à colheita (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

Uma alternativa para contornar este problema é a aplicação de reguladores de crescimento, que são substâncias químicas que têm ganhado importância para melhoria da

eficiência produtiva das espécies cultivadas, sendo geralmente utilizados como uma alternativa de prevenção para o acamamento de plantas, sem diminuição do rendimento de grãos (RADEMACHER, 2000).

Dentre os reguladores de crescimento utilizados em cereais de inverno destaca-se o trinexapac-ethyl (TE), que age reduzindo a elongação dos entrenós, no aumento do diâmetro do colmo, na alteração da arquitetura foliar e na redução do acamamento de plantas. O TE atua no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, por meio da inibição da enzima 3 β -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁), resultando no aumento do seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). A redução no nível do GA₁, que atua na elongação dos internódios, é a causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000). Em alguns cereais, como o trigo e a cevada, o uso deste redutor de crescimento tem se mostrado efetivo na redução do acamamento, mesmo em sistemas de cultivo com uso intensivo de fertilizantes. Contudo, esses efeitos são dependentes do genótipo, da doses e épocas de aplicação do TE e de sua interação com o ambiente.

Zagonel e Fernandes (2007), ao estudarem o efeito de trinexapac-ethyl no trigo, mostraram que tanto a dose quanto a época de aplicação do redutor de crescimento, pode ser específica de cada cultivar, principalmente quando aplicado em materiais de alta suscetibilidade ao acamamento. Os mesmos autores citam que a aplicação do trinexapac-ethyl é indicada quando há o aparecimento do primeiro e o segundo nó detectável na dose de 100 g de TE ha⁻¹. No entanto, essa recomendação é muito ampla e não leva em consideração as características peculiares de cada cultivar, que podem responder de maneira distinta em relação à dose do produto.

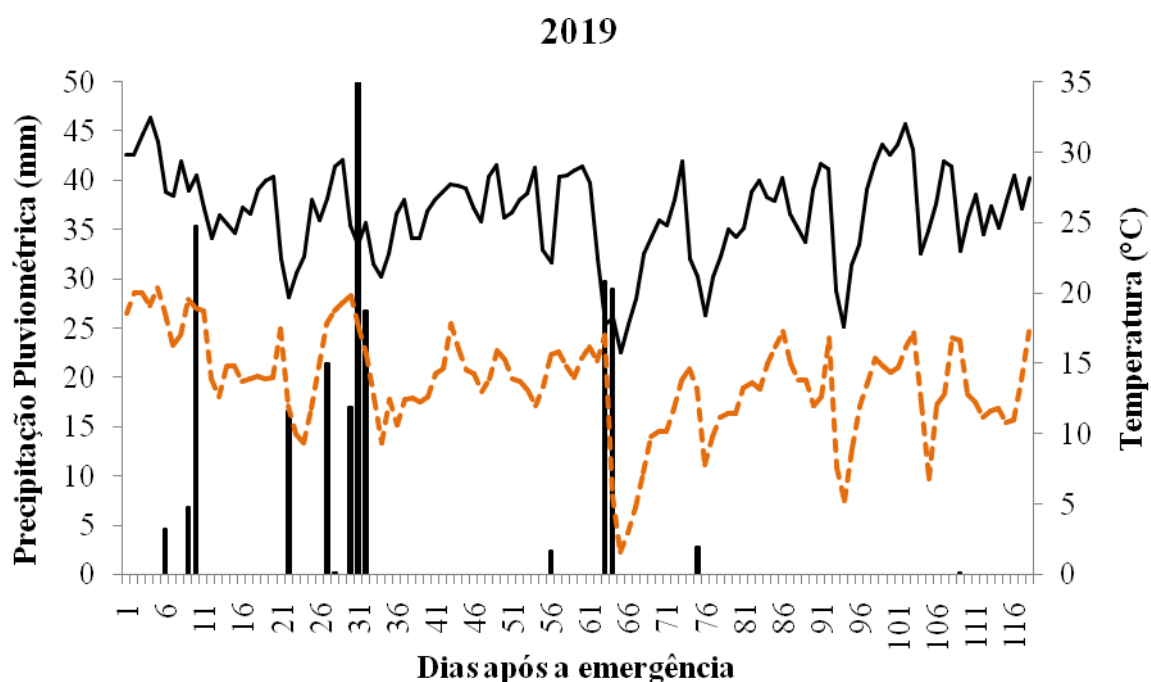
O uso de reguladores de crescimento pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos negativos do acamamento de plantas e favorecer os componentes de rendimento e a produtividade da aveia branca, assim como tem sido relatado para outros cereais (MURCIA, 2016). Comumente, por falta de estudos específicos, as doses e épocas de aplicação de trinexapac-ethyl recomendadas para o trigo são extrapoladas para a cultura da aveia branca. Adicionalmente, nos cereais cuja utilização de redutor de crescimento já está consolidada, as respostas às doses e as épocas de aplicação do produto são variáveis de acordo com o genótipo e o ambiente de cultivo. Com isso, espera-se que para a aveia também sejam necessárias recomendações personalizadas de acordo com o genótipo, o ambiente e o manejo.

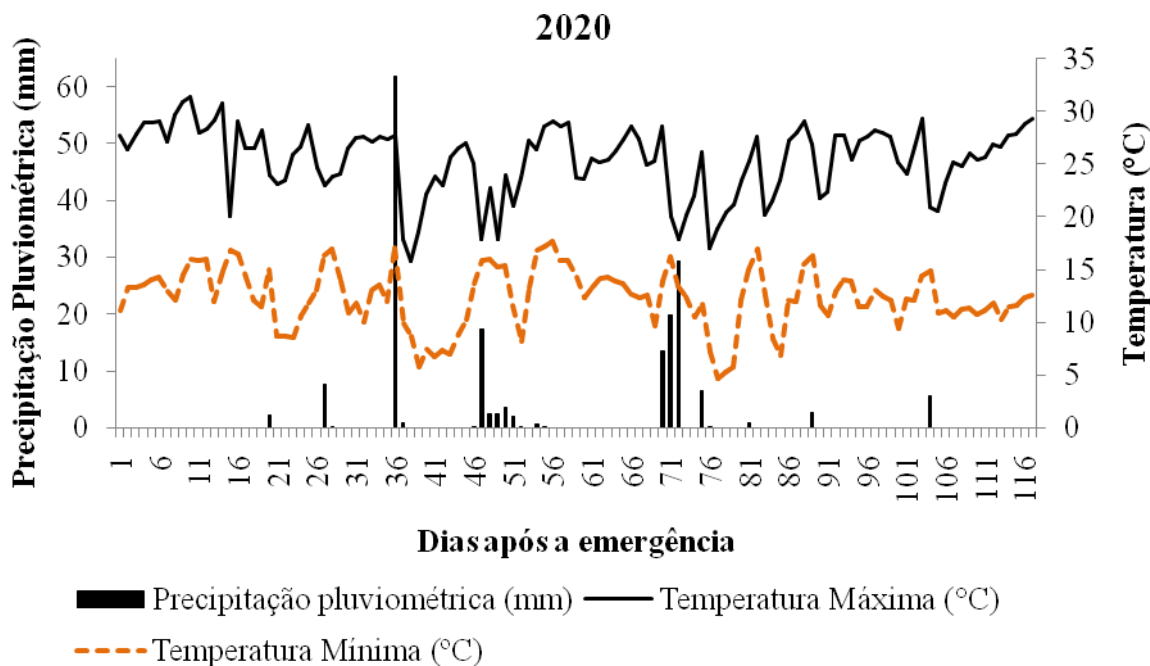
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl no desempenho produtivo de cultivares de aveia branca.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2019 e 2020, na Estação Experimental do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER, situada no município de Londrina-PR (coordenadas geográficas: 23° 23' S e 51° 11' O e altitude de 545 m). O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2006), e o clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. As temperaturas máximas e mínimas e a precipitação pluviométrica durante a condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Dados médios diários de temperatura e precipitação pluviométrica para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020.





As características químicas do solo, nas profundidades de 0-20 cm, foram determinadas antes da instalação dos experimentos. Sendo, na safra 2019, representadas por: pH (CaCl₂) 5,00; 5,21 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,31 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,98 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,59 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 29,33 mg dm⁻³ de P e 16,98 g dm⁻³ de matéria orgânica; na safra 2020, por: pH (CaCl₂) 4,85; 5,96 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,76 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,65 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,61 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 31,09 mg dm⁻³ de P e 15,92 g dm⁻³ de matéria orgânica.

No experimento foram avaliados dois genótipos de aveia granífera de diferentes estaturas, ciclos e níveis de tolerância ao acamamento. A cultivar IPR Artemis foi desenvolvida pelo Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR e lançada no ano de 2016. Essa cultivar apresenta ciclo médio (tempo médio para a maturação 117 dias), moderada resistência ao acamamento e estatura média de 100 cm. A URS Corona foi lançada em 2010 pela UFRGS, exibe ciclo médio, moderada suscetibilidade ao acamamento e alta estatura.

A semeadura mecanizada foi realizada no sistema de plantio direto, em sucessão ao cultivo da soja, nas duas safras. Sendo a safra 2019 semeada em 03/05/2019, com emergência em 14/05/2019 e colheita em 28/08/2019; a safra 2020 foi semeada em 17/04/2020, com emergência em 25/04/2020 e colheita em 11/08/2020. A adubação de base foi constituída da aplicação de 200 kg ha⁻¹ de NPK, fórmula 10-30-10. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de N, fracionadas em duas aplicações, sendo 27 kg ha⁻¹ dez dias após a emergência, e 27 kg ha⁻¹ cinco dias após a primeira aplicação, sendo feita de forma

manual, a lanço. O controle de doenças foliares e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da aveia.

Cada unidade experimental (parcela) foi composta por 6 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,17 m, e com densidade de 300 sementes viáveis m⁻², considerando-se como área útil as 4 linhas centrais da parcela.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, separadamente para cada cultivar e safra, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl e três épocas de aplicação. As doses avaliadas foram: 0, 50, 100 e 150 g i. a. ha⁻¹ do produto comercial Moddus[®]. A aplicação de trinexapac-ethyl foi realizada em três épocas distintas, em função do estágio de desenvolvimento das plantas: E1) plantas com o 1º nó perceptível; E2) plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E3) quando as plantas apresentaram o 2º nó visível e 3º nó perceptível. A aplicação foi feita por meio de pulverizador costal à pressão constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂ comprimido, munido de duas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-020, com volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

A colheita foi realizada após os grãos atingirem a maturação de colheita, estágio caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e grãos com umidade abaixo de 20%.

As seguintes características agrônômicas e componentes de produção foram avaliadas na área útil das parcelas:

- ✓ Altura de plantas (AP): foi determinada desde o nível do solo até a extremidade da panícula, os resultados médios foram expressos em cm; as medições foram realizadas em cinco plantas tomadas ao acaso, na época de enchimento de grãos;
- ✓ Comprimento da panícula (CP): foi determinado do ponto de inserção da panícula até a extremidade da panícula, com resultados médios expressos em cm; as medições foram realizadas em panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, na época de enchimento de grãos;
- ✓ Número de panículas m⁻² (P/M²): foi determinado por meio da contagem do número de panículas em 1,0 m² de cada parcela;
- ✓ Número de espiguetas por panícula (E/P): foi realizada por meio da contagem manual das espiguetas de 10 panículas colhidas aleatoriamente em cada parcela;
- ✓ Número de grãos por espiguetas (G/E): foi realizada por meio da contagem manual dos grãos das espiguetas de 10 panículas colhidas aleatoriamente em cada parcela;

- ✓ Número de grãos por panícula (G/P): foi realizada por meio da retirada dos grãos de dez panículas colhidas aleatoriamente na parcela e, após sua total separação, os mesmos foram contados manualmente;
- ✓ Massa de mil grãos (MMG): foi obtida mediante a contagem e pesagem de oito repetições de 100 grãos por parcela. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de mil grãos;
- ✓ Acamamento (AC): foi obtido por meio de observações visuais, na fase de maturação das plantas, atribuindo-se notas com valores de 0 (sem acamamento) a 100% (acamamento total da parcela), considerando como planta acamada aquela que se encontrava com inclinação igual ou inferior a 45° em relação ao solo;
- ✓ Produtividade de grãos (PROD): foi determinada pela colheita dos grãos das plantas contidas na área útil da parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ e corrigidos para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e submetidas à análise de regressão até 2° grau, a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa computacional Genes (Cruz, 2013), separadamente para cada cultivar.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância constatou-se que a cultivar IPR Artemis, na safra 2019, apresentou efeito significativo para interação entre época e doses de TE para as variáveis AP, CP, P/M², E/P, G/P e MMG; para a variável PROD houve efeito significativo isolado de época e doses de TE; já para a variável AC constatou-se efeito isolado de doses de TE, enquanto para a variável G/E não foi observado efeito significativo de época, doses de TE e nem interação entre estes fatores (Tabela 1). Ainda em relação à cultivar IPR Artemis, na safra 2020, constatou-se efeito significativo para interação entre época e doses de TE para as variáveis AP, CP, P/M², E/P, G/P e AC; Já a variável PROD apresentou efeito apenas de época de aplicação do TE, enquanto as variáveis G/E e MMG não sofreram efeito significativo de época, doses de TE, e nem da interação entre estes fatores (Tabela 1).

Com exceção do caráter AC, todas as demais características avaliadas, nas cultivares em estudo, nas duas safras de cultivo, apresentaram coeficiente de variação inferior a 17%, indicando adequada precisão experimental (Tabelas 1 e 3).

Tabela 1 – Valores do quadrado médio da análise de variância e estimativa dos coeficientes de variação (CV) para nove características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis, considerando diferentes doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Cultivar	Ano	Variáveis	QM				CV		
			Bloco	Dose	Época	D x E	Resíduo	(%)	Média
IPR Artemis 2019		AP	4,43	24,5576**	376,38**	62,62**	7,1	2,56	104,11
		CP	0,559	2,297**	2,051**	0,864**	0,322	3,82	14,86
		P/M ²	65,72	6798,72**	3813,39**	32.687,05**	35,95	1,92	311,41
		E/P	0,8	14,77**	42,65**	6,41**	0,72	2,14	39,71
		G/E	0	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0	2,28	2,13
		G/P	0,6	50,88**	57,04**	18,97**	2,22	1,82	81,65
		MMG	0,61	22,05**	3,51**	4,57**	0,44	2,19	30,5
		AC	6,74	419,79**	10,8 ^{ns}	13,73 ^{ns}	14,09	70,88	5,29
		PROD	16474,5	177299,78**	145372,58*	59373,36 ^{ns}	28014,07	3,23	5175,72
	IPR Artemis 2020		AP	18,35	562,90**	234,75**	131,22**	7,97	2,84
		CP	3,86	14,18**	9,82**	6,54**	1,03	7,12	14,31
		P/M ²	858,07	29801,57**	21479,81**	10498,42**	697,73	5,71	461,93
		E/P	14,19	179,67**	163,57**	110,82**	15,29	16,54	23,63
		G/E	0,01	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0	4,32	2,08
		G/P	82,04	885,64**	855,04**	510,92**	68,33	16,71	49,44
		MMG	2,64	12,95 ^{ns}	9,10 ^{ns}	3,64 ^{ns}	5,51	7,31	32,11
		AC	407,2	454,76*	205,09**	204,41*	69,01	75,75	10,96
		PROD	378794,31	130429,97 ^{ns}	641315,66*	183394,04 ^{ns}	126793,4	6,17	5764,77

*/**: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo;

Graus de liberdade: 3 (bloco); 3 (dose); 2 (época); 6 (DxE); 33 (resíduo).

Variáveis: AP: altura da planta (cm); CP: comprimento da panícula (cm); P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/E: número de grãos por espiguetas; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos (gramas); AC: acamamento de plantas (%); PROD: produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Nas duas safras de cultivo, à medida que se aumentou a dose do regulador de crescimento trinexapac-ethyl, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, a partir da dose de 100 g ha⁻¹, ocorreu redução da variável AP; que saiu de 116,13 cm na dose 0 g ha⁻¹ para 78,80 cm na dose 150 g ha⁻¹, na safra 2019; de 105,50 cm para 83,35 cm, na safra 2020 (Tabela 2 e Figuras 2A e B). Isso equivale a uma redução da variável AP de 32% e 20% para as safras 2019 e 2020, respectivamente. Kaspary et al. (2015), estudando doses de TE em cultivares de aveia branca, também observaram o comportamento similar com o aumento das doses de trinexapac-ethyl, sendo constatada redução de até 60% na estatura de plantas para a dose de 150 g ha⁻¹.

O trinexapac-ethyl quando absorvido pela planta, atua seletivamente na redução do nível de ácido giberélico ativo, responsável pela promoção do alongamento celular, e induz a planta a uma inibição temporária ou à redução do ritmo de crescimento. Dessa forma, existe um crescimento mais lento, pela ação de giberelinas menos eficientes no processo de alongamento celular (ARF et al., 2012). Assim, a diminuição do número e comprimento das

células vegetais afeta a alongação dos entrenós no período vegetativo, reduzindo a estatura da planta, sem causar deformação morfológica no caule (TAIZ; ZEIGER, 2004).

É possível observar na Tabela 2 e Figuras 2C e D que o CP da cultivar IPR Artemis, na safra 2019 e 2020, foi modificado pelas diferentes doses de TE e épocas de aplicação. Nota-se que para a época E₁, independente da dose, o efeito foi linear, não modificando esta característica, porém, quando a aplicação do TE ocorre nas épocas E₂ e E₃ a partir da dose de 100 g ha⁻¹ o efeito é decrescente, saindo, em média, de 15,20 cm na dose 0 g ha⁻¹, nas três épocas de aplicação, para 13,81 cm na dose 150 g ha⁻¹ nas épocas E₂ e E₃ na safra 2019, e de 15,45 cm para 11,70 cm na safra 2020, respectivamente. Alvarez et al. (2007), investigando a influência de doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl sobre os componentes de rendimento em arroz de terras altas, citam que a diminuição do tamanho da panícula pode estar relacionada com o período de aplicação do produto, que normalmente ocorre durante a diferenciação do primórdio floral, podendo interferir nos processos iniciais de formação desta estrutura, os quais envolvem constantes multiplicações celulares, sendo este motivo a provável causa da redução do comprimento da panícula.

Tabela 2 - Valores médios de seis características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safr 2019				Safr 2020			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)				Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150	0	50	100	150
AP (cm)	E ₁	117,2 a	115,2 a	111,0 a	95,0 a	104,5 a	102,7 a	105,0 a	103,0 a
	E ₂	117,2 a	112,7 ab	100,0 b	78,6 b	105,5 a	104,0 a	97,0 b	84,7 b
	E ₃	114,0 a	109,7 b	99,2 b	79,0 b	106,5 a	102,5 a	95,7 b	82,0 b
CP (cm)	E ₁	15,2 a	15,2 a	15,2 a	15,2 a	15,2 a	14,4 a	15,9 a	15,3 a
	E ₂	15,2 a	15,1 a	15,0 a	13,9 b	15,8 a	15,0 a	13,3 b	11,8 b
	E ₃	15,2 a	15,1 a	13,9 b	13,7 b	15,1 a	15,3 a	12,8 b	11,6 b
P/M ²	E ₁	294,0 a	294,7 a	295,5 b	297,5 b	422,2 a	415,5 b	417,7 c	429,0 c
	E ₂	290,2 a	294,0 a	302,5 b	363,5 a	419,0 a	429,0 ab	483,7 b	559,0 b
	E ₃	291,2 a	292,2 a	355,2 a	366,2 a	405,5 a	445,5 a	527,7 a	589,3 a
E/P	E ₁	41,1 a	41,4 a	41,2 a	39,2 a	27,2 a	23,4 a	31,4 a	26,9 a
	E ₂	41,5 a	41,0 a	39,0 b	36,5 b	28,9 a	26,3 a	18,0 b	16,3 b
	E ₃	41,4 a	41,1 a	36,3 c	36,6 b	27,3 a	27,6 a	15,2 b	14,8 b
G/P	E ₁	83,5 a	83,6 a	83,0 b	84,5 a	57,9 a	49,3 a	66,8 a	56,6 a
	E ₂	83,7 a	83,7 a	80,5 b	77,4 b	62,1 a	55,3 a	37,1 b	32,9 b
	E ₃	83,2 a	82,7 a	76,6 a	77,1 b	57,8 a	55,7 a	30,7 b	30,6 b
PROD	E ₁	5062 a	5078 a	5090 b	5090 b	5621 a	5525 a	5781 a	5235 b
	E ₂	5095 a	5067 a	5104 b	5436 a	5772 a	5609 a	5838 a	6084 a

(kg ha⁻¹) E₃ 5090 a 5093 a 5419 a 5480 a 5791 a 5772 a 5989 a 6154 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹ Variável: AP: altura da planta (cm); CP: comprimento da panícula (cm); P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/P: número de grãos por panícula; PROD: produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

² Época de aplicação: E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

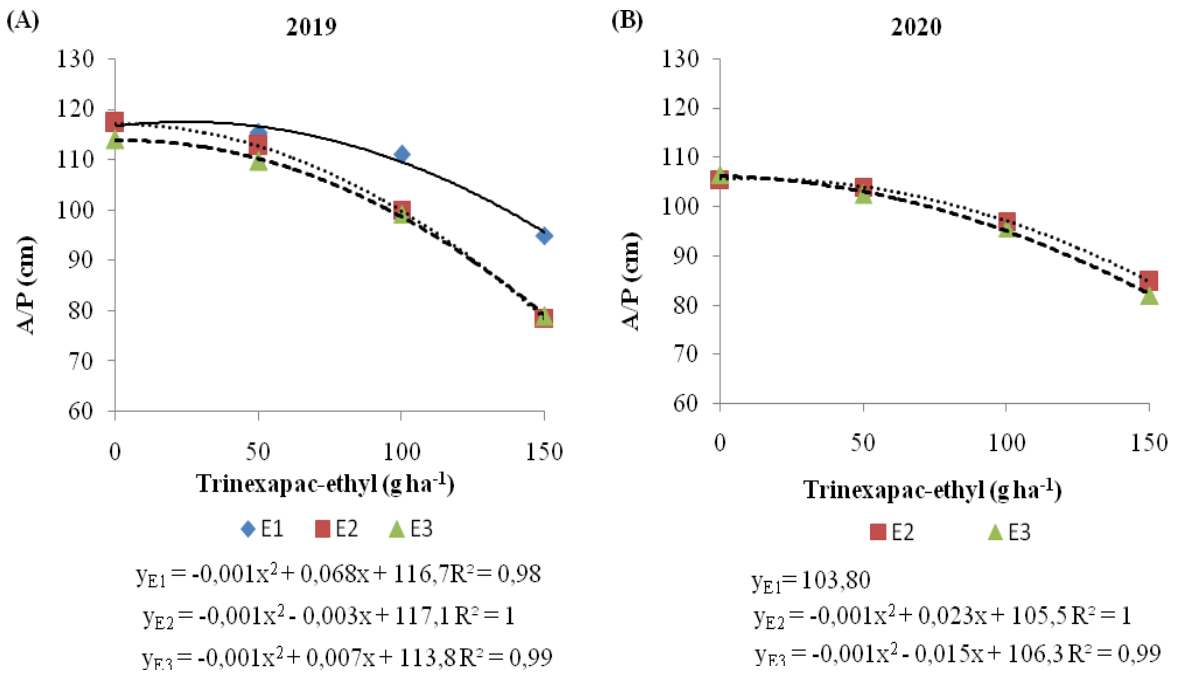
Constatou-se que as variáveis E/P e G/P, da cultivar IPR Artemis, para a safra 2019 e 2020, decresceram a partir das doses de 100 g ha⁻¹ do TE nas épocas E₂ e E₃ (Tabela 2 e Figuras 2G; H; I e J). Este fato certamente está relacionado ao menor CP obtido nos mesmos tratamentos. Resultados semelhantes são relatados por Guerreiro e Oliveira (2012), que, em estudos com aveia branca, observaram redução no número de grãos por panícula em função do aumento das doses de trinexapac-ethyl. Alvarez et al. (2007) citam que a diminuição do comprimento da panícula, devido a aplicação do TE, é a provável causa da redução do número de espiguetas e que este fato resulta em um saldo maior de fotoassimilados na planta inteira, podendo ativar as gemas basais e fazer com que a planta perfilhe tardiamente e aumente, assim, o número de perfilhos e a formação de novas panículas. Esta afirmação vai ao encontro dos resultados observados neste estudo nas safras 2019 e 2020, onde verificou-se a diminuição do comprimento da panícula e o aumento do número de panículas m⁻² (P/M²) com a aplicação do TE (Tabela 2).

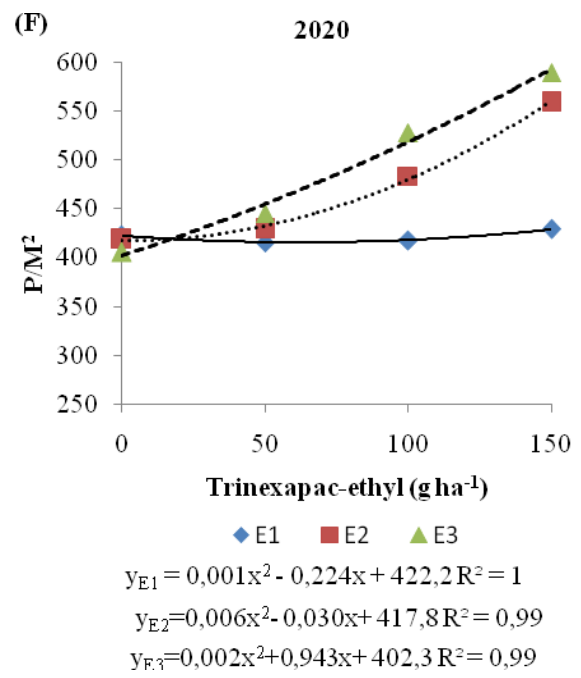
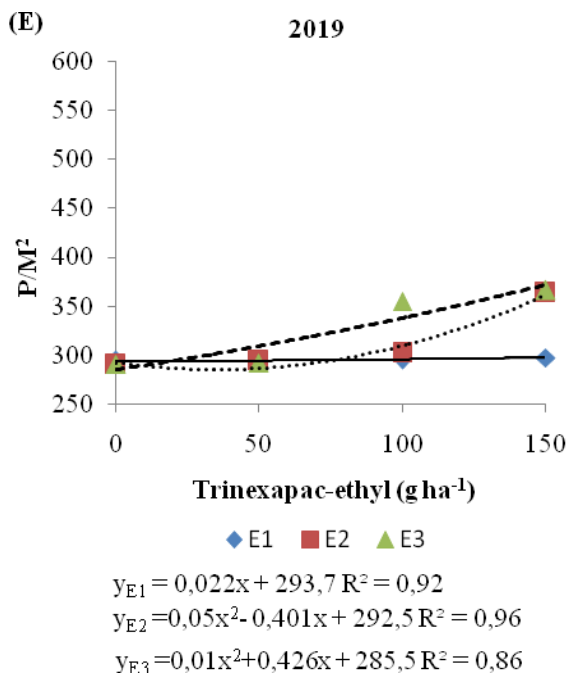
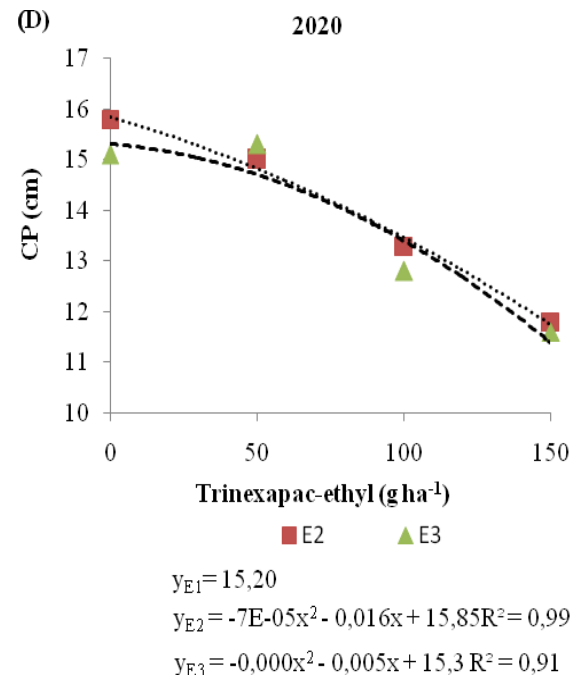
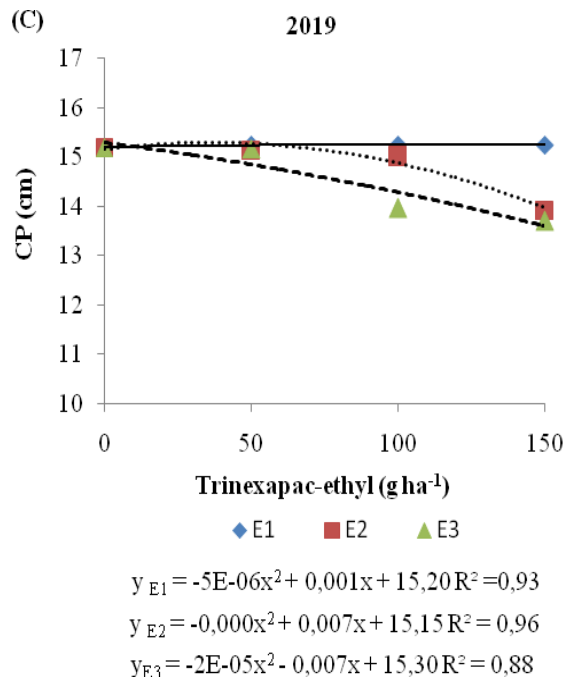
A característica P/M² da cultivar IPR Artemis foi influenciada de forma positiva pela aplicação do TE a partir da dose de 100 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, sendo que na safra 2019 foram observadas, em média, 292,80 panículas por m⁻² na dose 0 g ha⁻¹ e 365,85 panículas na dose de 150 g ha⁻¹ nas épocas E₂ e E₃. Na safra 2020 foram observadas 415,57 e 574,15 panículas nas dosagens de 0 e 150 g de TE ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2 e Figuras 2E e F). Bazzo et al. (2019), estudando o efeito de trinexapac-ethyl na dose de 100 g ha⁻¹, na época E₂, em diferentes cultivares de aveia branca, observaram aumento no número de panícula por m⁻². Nesse contexto, Zagonel et al. (2002) ressaltam que plantas com menor estatura e mais compactas apresentam melhor direcionamento dos fotoassimilados, aumentando o número de estruturas reprodutivas por metro, resultando em maior produtividade final.

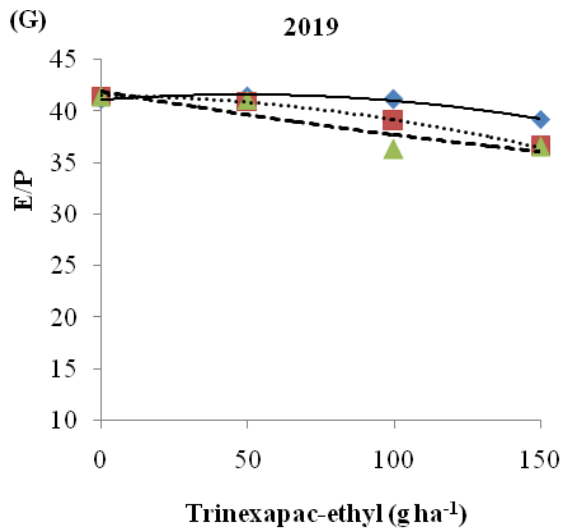
O comportamento observado neste estudo para a característica P/M² pode ser explicado pelo fato de que a aplicação do TE a partir da dose de 100 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, resulta na redução da altura das plantas (A/P) da cultivar IPR Artemis, o que, provavelmente, proporcionou condições mais favoráveis ao desenvolvimento de perfilhos férteis e, conseqüentemente, um maior número de panículas m⁻².

Vale ressaltar que o aumento no número de panículas m^{-2} em função da aplicação do regulador de crescimento, pode ter contribuído para a redução no número de espiguetas por panícula $^{-1}$ e do número de grãos por panícula $^{-1}$, devido à competição dos perfilhos férteis por fotoassimilados.

Figura 2 - AP: altura da planta; CP: comprimento da panícula; P/M^2 : número de panículas m^{-2} ; E/P: número de espiguetas por panícula; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos; PROD: produtividade de grãos da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.



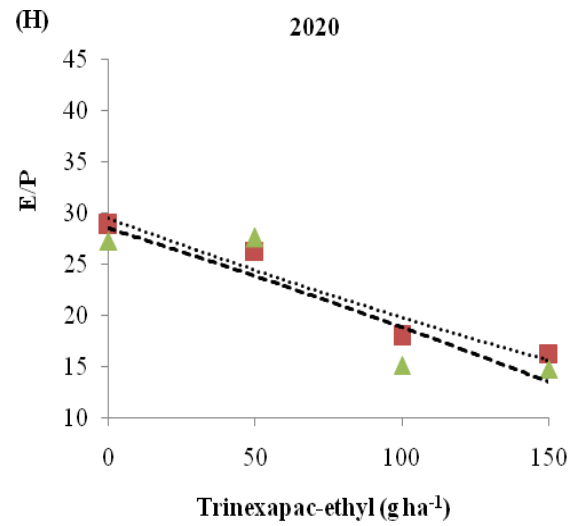




$$y_{E1} = -0,00x^2 + 0,021x + 41,08 R^2 = 0,97$$

$$y_{E2} = -0,00x^2 - 0,003x + 41,54 R^2 = 0,99$$

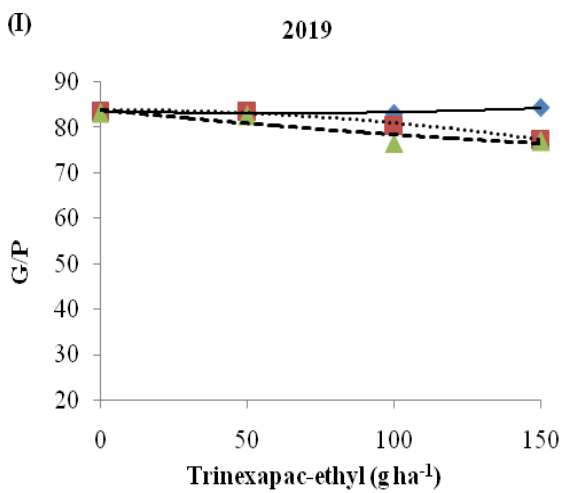
$$y_{E3} = 7E-05x^2 - 0,048x + 41,92 R^2 = 0,80$$



$$y_{E1} = 27,23$$

$$y_{E2} = 9E-05x^2 - 0,105x + 29,51 R^2 = 0,93$$

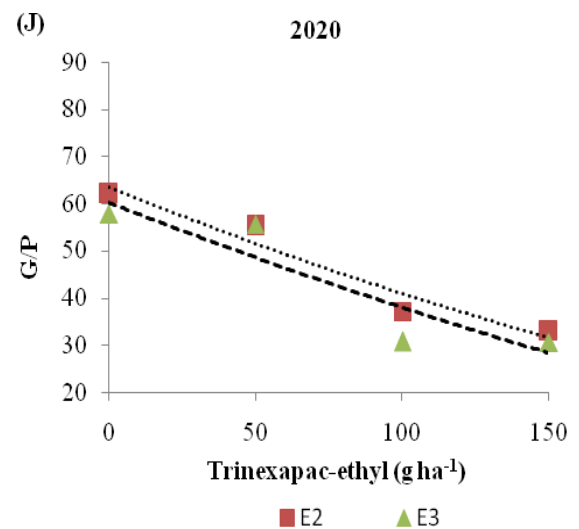
$$y_{E3} = -7E-05x^2 - 0,089x + 28,53 R^2 = 0,80$$



$$y_{E1} = 0,000x^2 - 0,016x + 83,64 R^2 = 0,66$$

$$y_{E2} = -0,000x^2 + 0,002x + 83,86 R^2 = 0,98$$

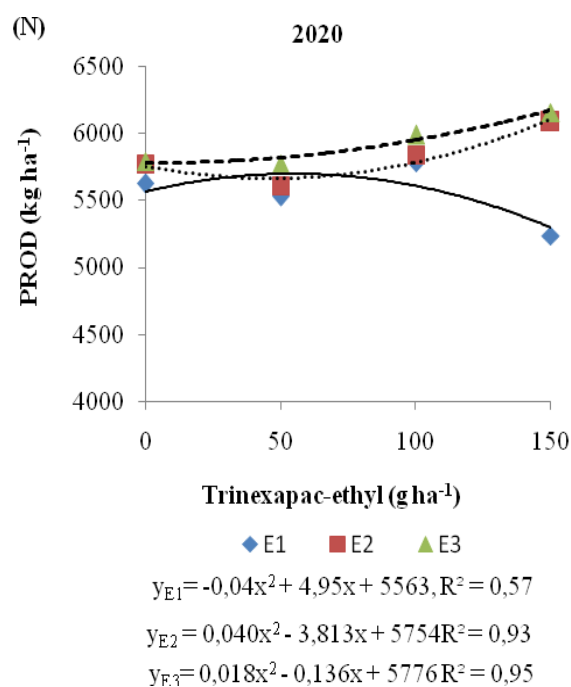
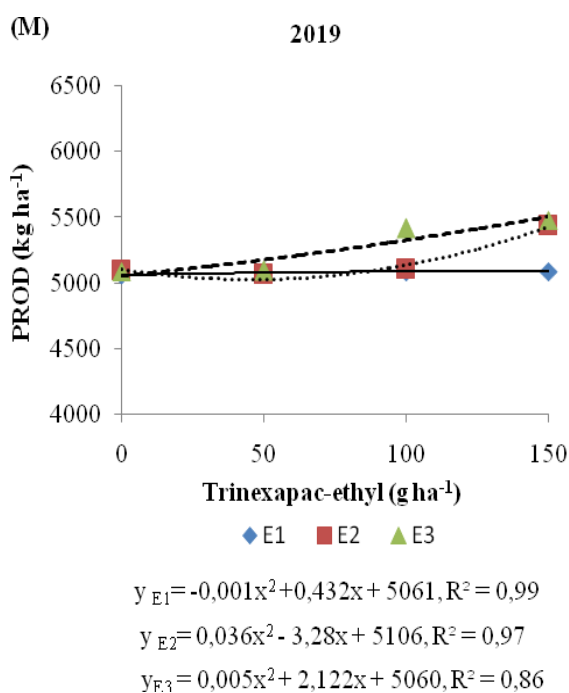
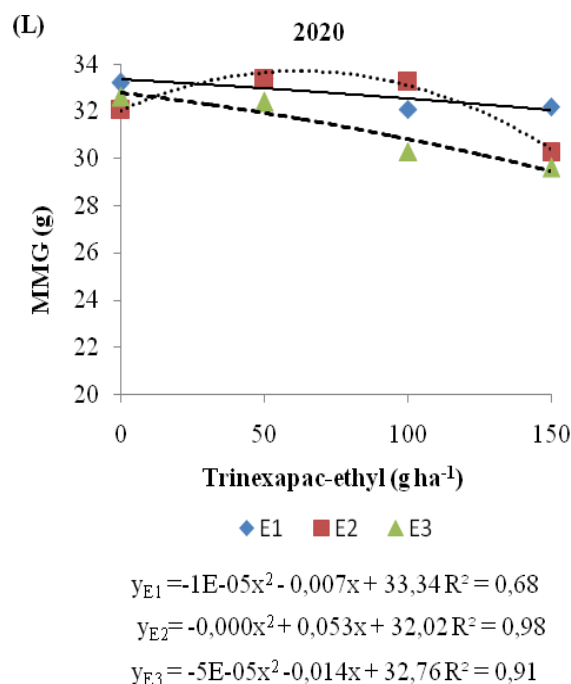
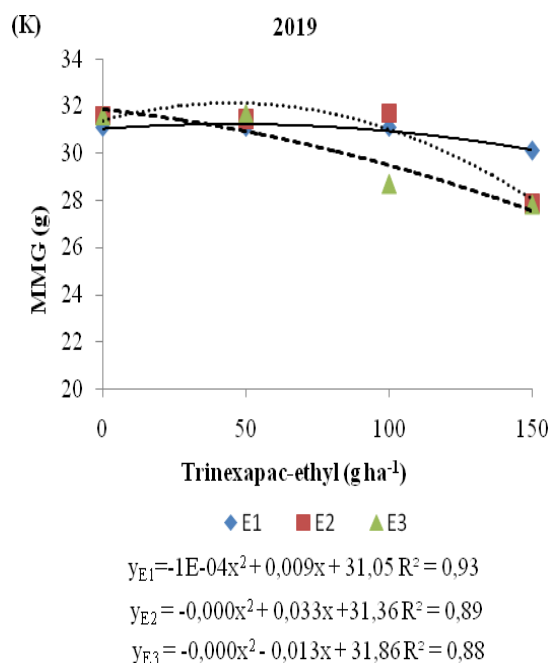
$$y_{E3} = 0,000x^2 - 0,063x + 83,81 R^2 = 0,80$$



$$y_{E1} = 57,65$$

$$y_{E2} = 0,000x^2 - 0,250x + 63,37 R^2 = 0,94$$

$$y_{E3} = 0,000x^2 - 0,243x + 60,19 R^2 = 0,83$$



E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

É possível observar que a MMG da cultivar IPR Artemis foi afetada negativamente na safra 2019 pela aplicação do TE (Tabela 3 e Figura 2K). Nota-se que na época de aplicação E₂, a dose de 150 g de TE ha⁻¹ proporcionou redução de 11,54% na MMG, comparado à dose 0 g ha⁻¹; enquanto para a época E₃ a redução para essa característica foi de

10,11%, a partir da dose de 100 g ha⁻¹. O menor enchimento de grãos observado nas aplicações mais tardias com doses mais elevadas de trinexapac-ethyl pode ser decorrente do maior número de panículas por m⁻² (Tabela 2). Bazzo et al. (2019), estudando doses de TE e de N em cultivares de aveia branca, em dois ambientes de cultivo (Mauá da Serra e Londrina-PR), observaram que a cultivar IPR Artemis sofreu uma redução na MMG com a utilização de TE no município de Mauá da Serra. Kaspary et al. (2015) relataram que a utilização de 150 g de TE ha⁻¹ interferiu na massa de mil grãos de cultivares de aveia branca. Zagonel, Fernandes e Kunz (2002) e Zagonel et al. (2002), trabalhando com diferentes cultivares de trigo e doses de N, verificaram influência negativa do redutor sobre a massa de mil grãos, independente da cultivar. A redução na massa de mil grãos indica menores quantidades de reservas armazenadas nesses grãos, o que poderá influenciar na germinação e no vigor das sementes. Geralmente, as sementes que têm mais vigor podem germinar e emergir mais rapidamente sob condições adversas (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Tabela 3 - Valores médios da massa de mil grãos avaliada na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safra 2019			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150
MMG (g)	E ₁	31,1 a	31,1 a	31,1 a	30,1 a
	E ₂	31,6 a	31,4 a	31,7 a	27,8 b
	E ₃	31,6 a	31,7 a	28,7 b	27,8 b

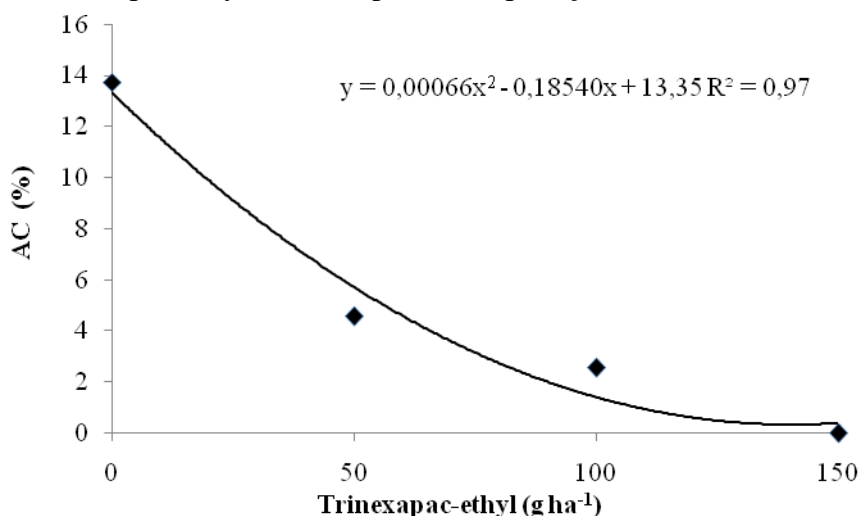
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹Variável: MMG: massa de mil grãos (gramas).

²Época de aplicação: E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

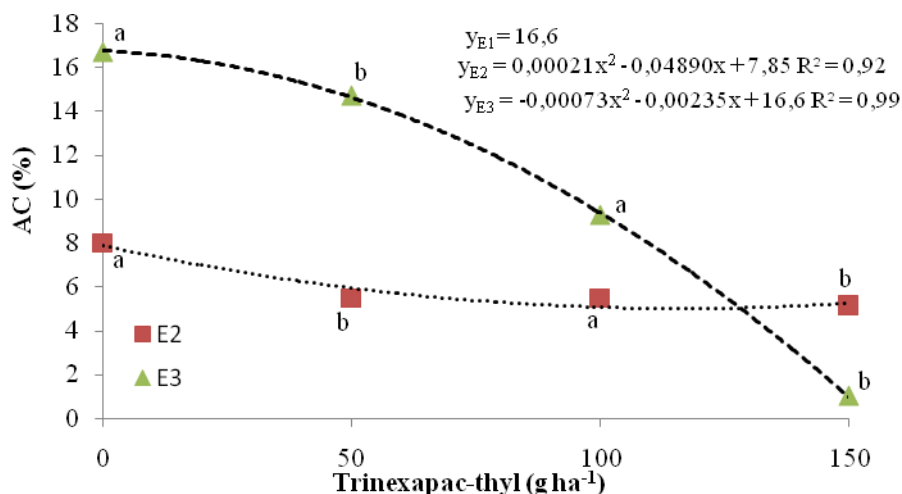
A característica acamamento da cultivar IPR Artemis ajustou-se a função quadrática em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento TE, em três épocas de aplicação na safra 2019 (Figura 3). Com a aplicação do trinexapac-ethyl, o ponto de mínima (0,0%) foi obtido na dose estimada de 140,57 g ha⁻¹. Constata-se, que com o uso de doses crescentes do regulador de crescimento, houve uma redução no acamamento das plantas da cultivar IPR Artemis. Zagonel e Fernandes (2007), trabalhando com doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl na cultura do trigo sob duas doses de nitrogênio, observaram menor percentual de acamamento de plantas devido à redução da estatura de plantas, proporcionada pelo uso de trinexapac-ethyl.

Figura 3 - AC: acamamento de plantas da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.



Ainda em relação à característica acamamento da cultivar IPR Artemis, porém, para a safra 2020 (Figura 4), a época de aplicação E₁, não apresentou efeito significativo das doses de trinexapac-ethyl para o acamamento. Porém, as épocas de aplicação E₂ e E₃ ajustou-se a funções quadráticas em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento. Para a época de aplicação E₂, o ponto de mínima (5%) foi obtido na dose estimada de 116,42 g de TE ha⁻¹; já para a época E₃ o ponto de máxima (16,7%) foi obtido na dose estimada de 1,60 g ha⁻¹. Ainda em relação ao acamamento, observa-se que a dose 150 g ha⁻¹ nas épocas de aplicação E₂ e E₃ também se mostraram eficientes para o controle desta característica (Figura 4).

Figura 4 - AC: acamamento de plantas da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de diferentes doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina, safra 2020.



Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

Em relação à produtividade da cultivar IPR Artemis (Tabela 2 e Figuras 2M e N), o TE influenciou de forma positiva esta característica na safra 2019. Nota-se que na época de aplicação E₂ a dose de 150 g ha⁻¹ aumentou a produtividade de grãos, porém, para a época E₃ o aumento para esta característica ocorreu a partir da dose de 100 g ha⁻¹. Por outro lado, é possível observar que na safra 2020, a época de aplicação E₃ apresentou uma maior produtividade comparada às épocas E₁ e E₂, independente da dose de trinexapac-ethyl utilizada (Tabela 2 e Figuras 2K e L), sendo 5.927 kg ha⁻¹ para a época E₃ e 5.541 e 5.826 kg ha⁻¹ para a época E₁ e E₂, respectivamente. Bazzo et al. (2019) ao trabalhar com diferentes cultivares de aveia branca sob a influência de trinexapac-ethyl e doses de N, em dois ambientes de cultivo (Mauá da Serra e Londrina-PR), observaram resultados que corroboram os encontrados neste estudo, onde para a cultivar de aveia branca IPR Afrodite o uso de TE gerou incremento na produtividade de grãos e no P/M², sendo provavelmente, o número de panículas por m⁻² a característica que mais influenciou o aumento da produtividade. Esses resultados vão ao encontro dos encontrados neste estudo, onde o P/M² apresentou grande influência na produtividade de grãos da cultivar IPR Artemis.

Pela análise de variância pôde-se constatar que para a cultivar URS Corona, na safra 2019, houve interação significativa entre época e doses de TE, para as variáveis AP, CP, P/M², E/P, G/P, MMG, AC e PROD; já para a variável G/E não foi observado efeito significativo de época, doses de TE e da interação entre estes fatores (Tabela 4). Também para a URS Corona, na safra 2020, houve interação significativa entre época e doses de TE, para as variáveis AP, CP, P/M², E/P, G/P e MMG. Porém, para a variável AC, nota-se apenas efeito de

época e doses de TE; já para as variáveis PROD e G/E não foi observado efeito significativo de época, doses de TE e da interação entre estes fatores (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores do quadrado médio da análise de variância e estimativa dos coeficientes de variação (CV) para nove características avaliadas na cultivar de aveia branca URS Corona, considerando diferentes doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Cultivar		QM					CV	
Ano	Variáveis	Bloco	Dose	Época	D x E	Resíduo	(%)	Média
URS Corona 2019	AP	53,72	4110,72**	2052,77**	1128,24**	35,46	1,92	309,17
	CP	0,42	10,90**	5,61**	3,10**	0,44	3,76	17,75
	P/M2	1,24	2245,52**	1187,06**	1260,95**	17,04	3,36	123,06
	E/P	1,74	40,68**	20,25**	13,30**	1,27	3,3	34,18
	G/E	0,01	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0	3,81	2,38
	G/P	3,5	214,94**	135,56**	56,67**	3,62	2,32	56,67
	MMG	0,06	40,00**	32,44**	10,10**	1,44	3,84	31,31
	AC	30,24	2572,13**	2018,58**	757,02**	9,09	4,76	63,22
	PROD	14998,85	872627,96**	684104,31**	256424,84**	33191,92	5,13	3546,56
URS Corona 2020	AP	1569,19	11738,08**	8101,89**	3551,96**	435,89	5,72	364,54
	CP	4,98	28,97**	11,62**	6,49**	1,69	7,06	18,43
	P/M2	1,68	1247,13**	749,81**	470,34**	10,47	3,38	95,68
	E/P	13,16	193,27**	127,75**	37,86**	10,75	12,73	25,75
	G/E	0,00	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00	4,36	2,05
	G/P	58,33	770,38**	485,06**	152,95**	42,21	12,31	52,75
	MMG	3,98	51,5*	16,21 ^{ns}	30,89*	9,98	9,86	32,03
	AC	600,85	1689,74**	1158,33*	621,88 ^{ns}	328,46	67,17	26,97
	PROD	225840,52	90369,74 ^{ns}	35580,89 ^{ns}	71499,64 ^{ns}	203047,8	10,26	4389,14

*/**: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo;

Graus de liberdade: 3 (bloco); 3 (dose); 2 (época); 6 (DxE), 33 (resíduo).

Variáveis: AP: altura da planta (cm); CP: comprimento da panícula (cm); P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/E: número de grãos por espiguetas; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos (gramas); AC: acamamento de plantas (%); PROD: produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

A característica AP foi significativamente afetada na cultivar URS Corona em função das doses de TE e das épocas de aplicação, nas safras 2019 e 2020 (Tabela 5 e Figuras 5A e B). Observando a safra 2019, nota-se que para a época E₁, o efeito das doses foi linear, não modificando esta característica, porém, para a época de aplicação E₂, a dose 150 g ha⁻¹ possibilitou a redução de 32% na AP, quando comparado à dose zero. Ainda em relação à safra 2019, na época E₃, redução significativa foi constada a partir da dose de 100 g ha⁻¹. Para a safra 2020 observou-se redução na altura das plantas, nas épocas E₂ e E₃, a partir da dose de 100 g ha⁻¹, saindo de 105,13 cm na dose 0 g ha⁻¹, para 74 cm na dose 150 g ha⁻¹ nas épocas E₂ e E₃. Outros resultados que corroboram os encontrados neste estudo, foram observados por Guerreiro e Oliveira (2012), que constataram redução de cerca de 50% na estatura da aveia branca quando utilizada a dose de 175 g ha⁻¹, em comparação com a testemunha sem utilização do trinexapac-

ethyl. Resultados semelhantes foram relatados para a cultura do trigo, que, para a dose de 210 g ha⁻¹ de trinexapac-ethyl, teve sua estatura reduzida em cerca de 30 cm (PAGLIOSA et al., 2013).

O comprimento da panícula (CP) da cultivar URS Corona, para a safra 2019 e 2020, foi modificado pelas diferentes doses de TE e épocas de aplicação (Tabela 5 e Figuras 5C e D). Observando a safra 2019 e 2020, nota-se que para a época E₁, o efeito das doses foi linear, não modificando esta característica, porém, quando a aplicação do TE ocorre nas épocas E₂ e E₃, a partir da dose de 100 g ha⁻¹, o efeito é significativo, reduzindo essa característica. Bazzo et al. (2019) estudando a influência de doses TE e N em cultivares de aveia branca em dois ambientes de cultivo (Mauá da Serra e Londrina-PR), observaram resultados semelhantes.

Como observado para a variável CP, os valores das variáveis E/P e G/P da cultivar URS Corona também decresceram a partir das doses de 100 g ha⁻¹ do TE, nas épocas E₂ e E₃ nas duas safras de cultivo (Tabela 5 e Figuras 5G; H; I e J). Por outro lado, sob estes mesmo tratamentos, a variável P/M² apresentou comportamento inverso, tendo seus valores significativamente elevados à medida que se aumentou a dose do TE nas duas safras de cultivo (Tabela 5 e Figuras 5E e F).

Tabela 5 - Valores médios de sete características avaliadas na cultivar de aveia branca URS Corona sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safr 2019				Safr 2020			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)				Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150	0	50	100	150
AP (cm)	E ₁	133,0 a	132,5 a	132,0 a	132,5 a	105,5 a	103,7 a	102,7 a	101,5 a
	E ₂	132,5 a	132,0 a	129,7 a	90,0 b	105,2 a	102,7 a	89,7 b	76,0 b
	E ₃	132,2 a	131,5 a	111,2 b	87,5 b	104,7 a	102,0 a	81,7 c	72,0 c
CP (cm)	E ₁	18,4 a	18,3 a	18,1 a	18,3 a	19,9 a	19,0 a	20,0 a	18,7 a
	E ₂	18,7 a	18,3 a	18,3 a	15,8 b	19,9 a	20,3 a	16,7 b	15,2 b
	E ₃	18,2 a	18,4 a	16,7 b	15,0 b	19,6 a	19,3 a	16,6 b	15,7 b
P/M ²	E ₁	294,5 a	296,5 a	299,2 b	297,0 b	334,2 a	336,5 a	338,5 c	351,5 c
	E ₂	294,2 a	297,2 a	303,7 b	351,2 a	345,2 a	341,5 a	378,0 b	410,5 b
	E ₃	293,0 a	296,7 a	331,5 a	355,0 a	342,0 a	335,0 a	414,5 a	446,7 a
E/P	E ₁	35,2 a	35,2 a	35,5 a	35,2 a	30,5 a	28,5 a	29,7 a	27,2 a
	E ₂	35,7 a	35,5 a	35,2 a	30,2 b	29,7 a	29,5 a	20,5 b	17,7 b
	E ₃	35,5 a	35,0 a	32,7 b	29,0 b	28,7 a	28,0 a	19,0 b	19,7 b
G/P	E ₁	85,0 a	85,5 a	85,5 a	83,2 a	62,5 a	57,7 a	58,0 a	58,0 a
	E ₂	85,5 a	85,0 a	84,7 a	73,5 b	59,5 a	61,2 a	43,5 b	36,7 b
	E ₃	85,0 a	84,7 a	74,5 b	71,7 b	59,0 a	57,7 a	39,5 b	39,5 b
	E ₁	29,3 a	29,6 a	29,7 b	30,5 b	33,1 a	32,8 a	32,9 a	32,9 a

MMG (g)	E ₂	29,9 a	30,1 a	30,5 b	35,5 a	32,3 a	33,0 a	33,0 a	30,1 a
	E ₃	29,7 a	30,7 a	34,7 a	35,2 a	33,5 a	33,4 a	33,3 a	23,6 b
PROD (kg ha ⁻¹)	E ₁	3331 a	3316 a	3297 c	3328 b	4424 a	4413 a	4330 a	4389 a
	E ₂	3336 a	3327 a	3641 b	4094 a	4479 a	4386 a	4500 a	4378 a
	E ₃	3346 a	3301 a	4029 a	4208 a	4450 a	4389 a	4502 a	4025 a

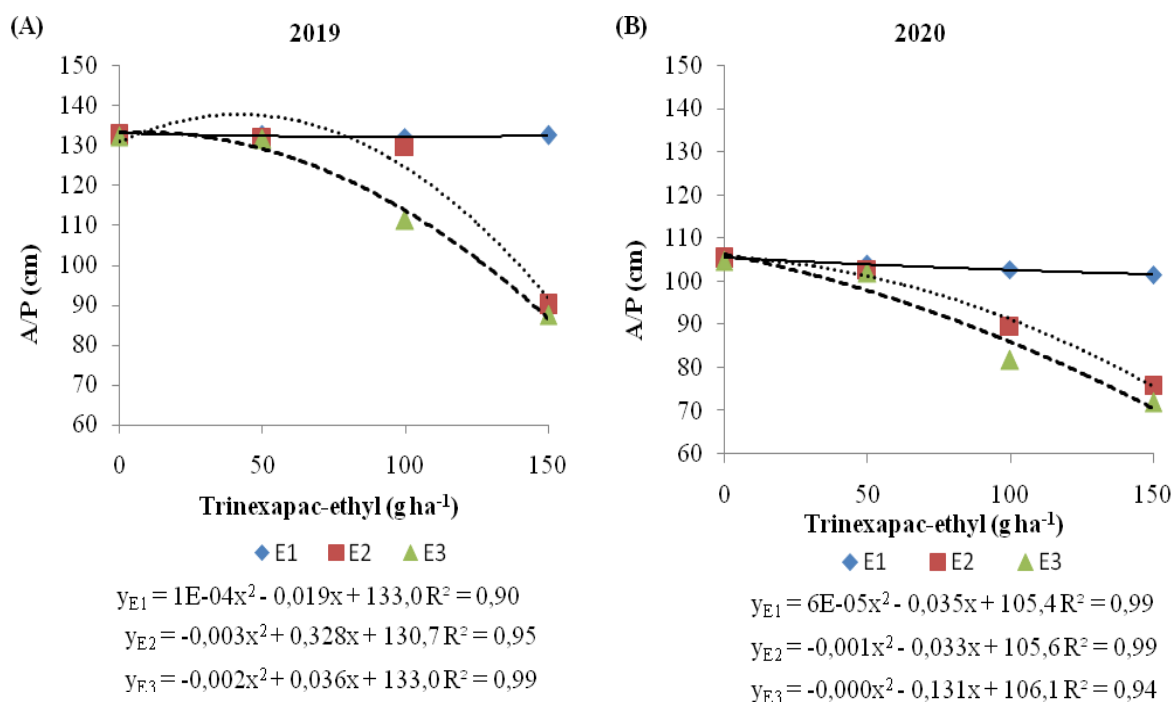
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

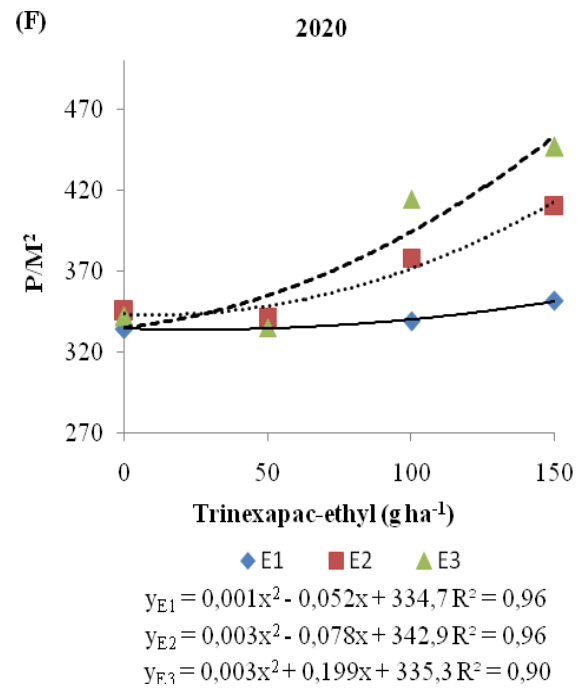
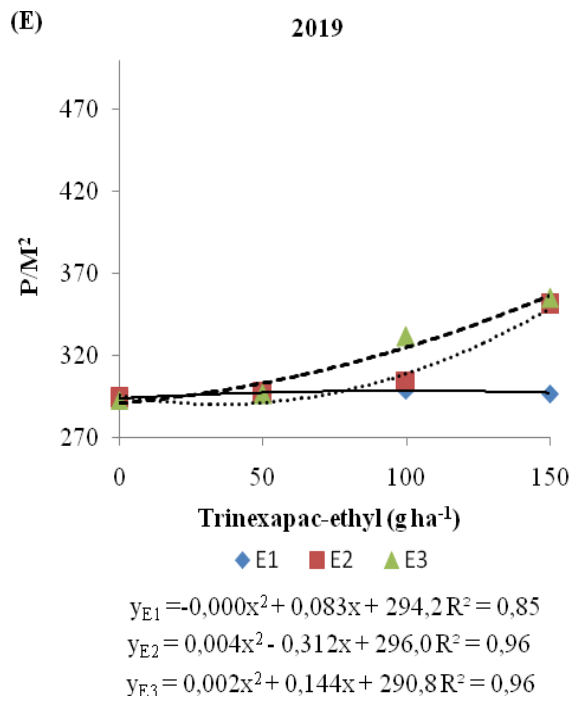
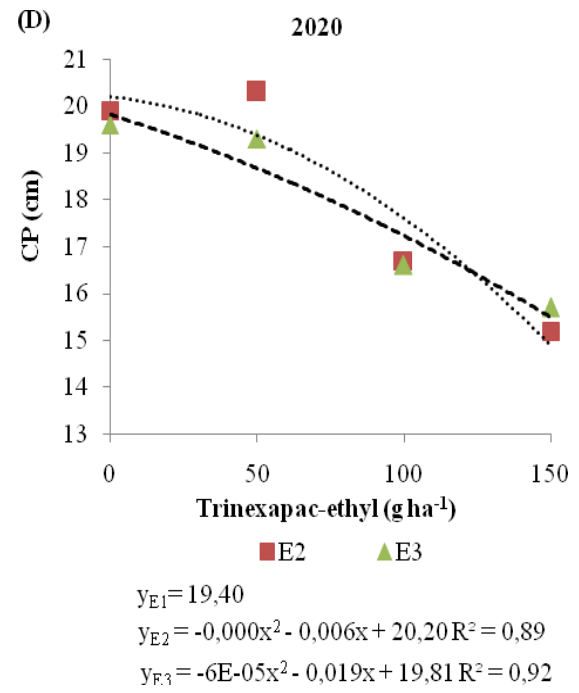
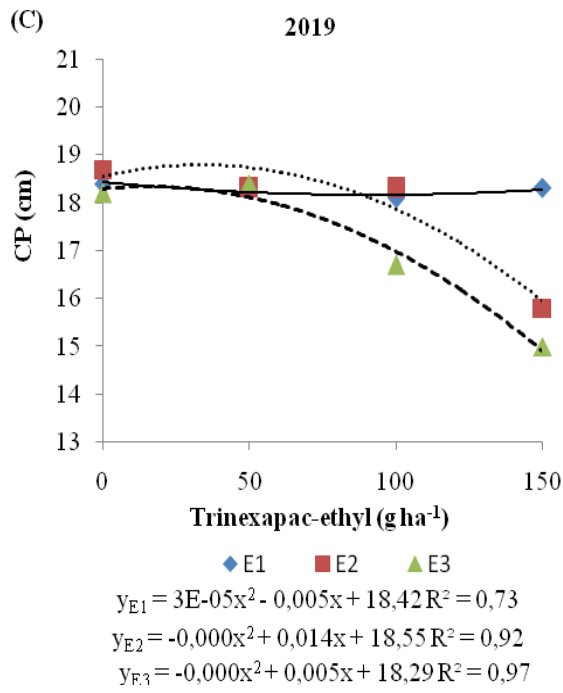
¹ Variável: AP: altura da planta (cm); CP: comprimento da panícula (cm); P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos (gramas); PROD: produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

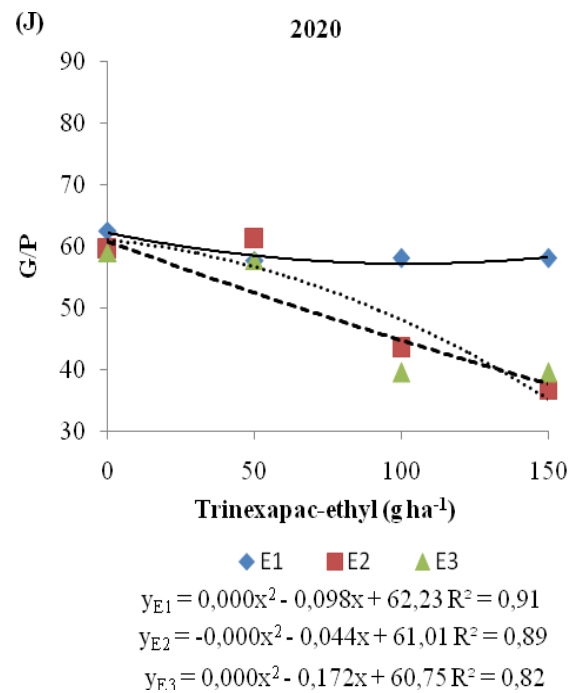
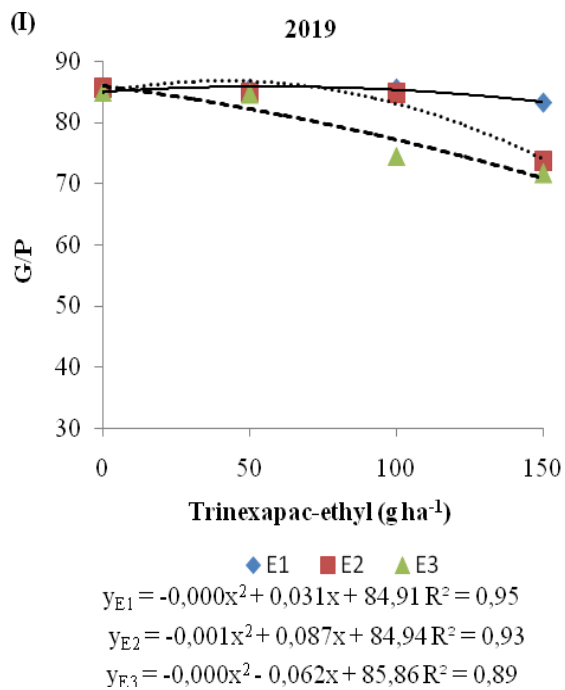
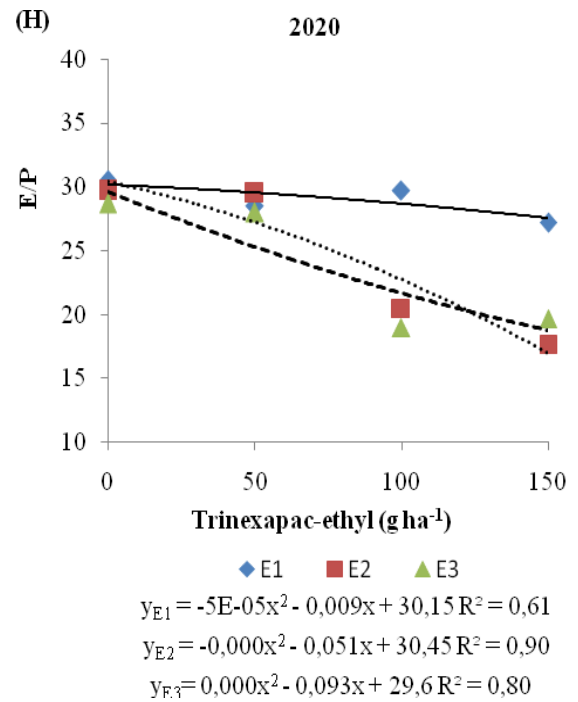
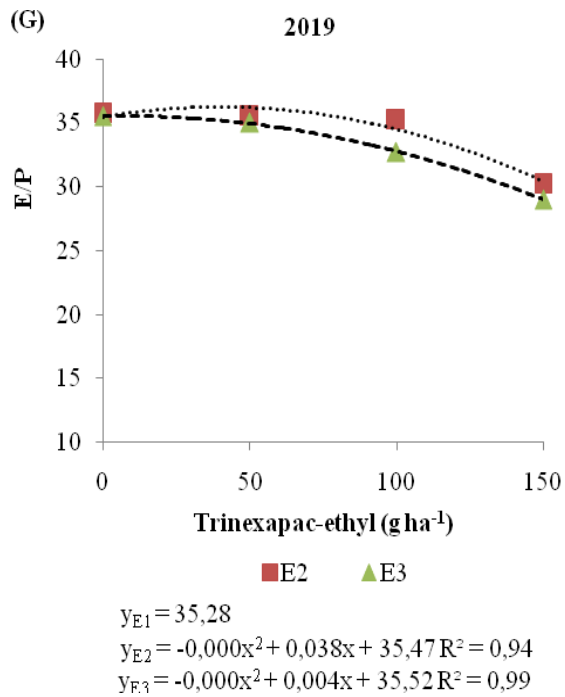
² Época de aplicação: E₁: plantas com o 1° nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1° nó visível e o 2° nó perceptível; E₃: plantas com o 2° nó visível e 3° nó perceptível.

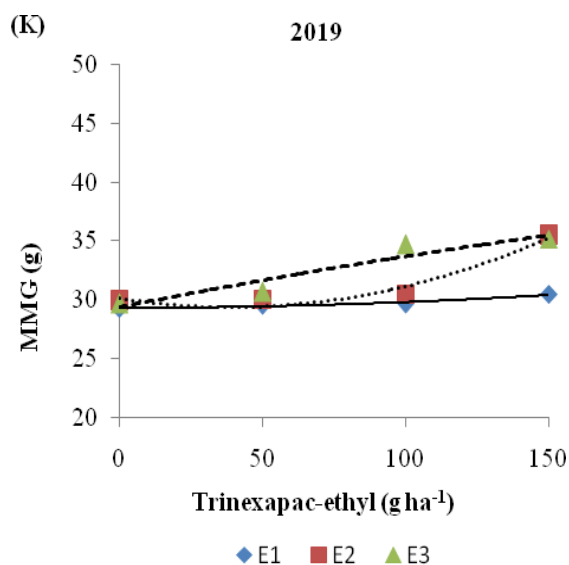
A variável P/M² da cultivar URS Corona foi influenciada de forma positiva pela aplicação do TE a partir da dose de 100 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃ na safra 2019, sendo obtido um acréscimo médio de 20,14%, ao utilizar a dose de 150 g ha⁻¹, quando comparado ao tratamento controle. Na safra 2020, o acréscimo no número de panículas por metro quadrado foi ainda mais expressivo, chegando 25,88%, quando comparada a dose de 150 g ha⁻¹ ao tratamento controle (Tabela 5 e Figuras 5E e F).

Figura 5 - AP: altura da planta; CP: comprimento da panícula; P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos; PROD: produtividade de grãos da cultivar URS Corona em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.





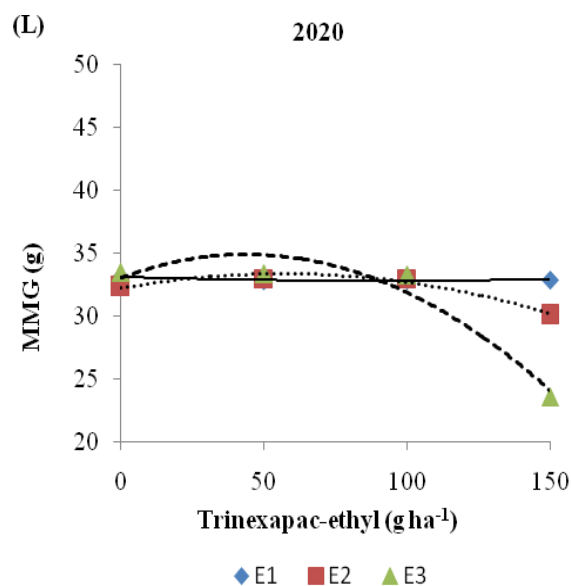




$$y_{E1} = 5E-05x^2 - 0,000x + 29,34 R^2 = 0,94$$

$$y_{E2} = 0,000x^2 - 0,037x + 30,12 R^2 = 0,95$$

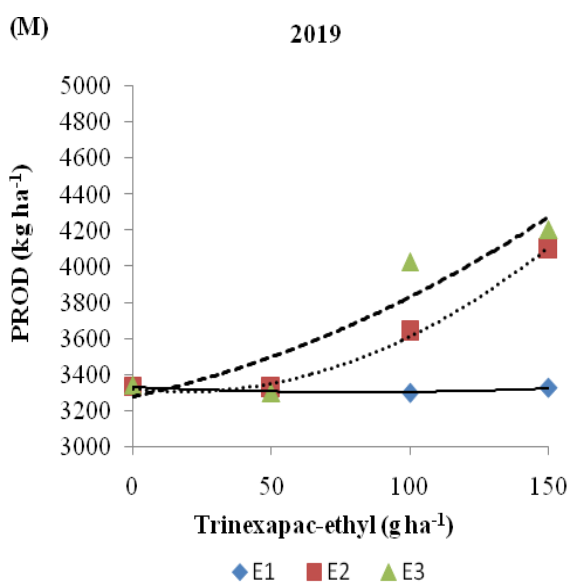
$$y_{E3} = 5E-05x^2 + 0,048x + 29,37 R^2 = 0,90$$



$$y_{E1} = 3E-05x^2 - 0,005x + 33,07 R^2 = 0,73$$

$$y_{E2} = -0,000x^2 + 0,040x + 32,19 R^2 = 0,95$$

$$y_{E3} = -0,001x^2 + 0,084x + 33,02 R^2 = 0,93$$



$$y_{E1} = 0,004x^2 - 0,748x + 3334 R^2 = 0,78$$

$$y_{E2} = 0,046x^2 - 1,769x + 3327, R^2 = 0,99$$

$$y_{E3} = 0,022x^2 + 3,27x + 3280, R^2 = 0,86$$

E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

É possível observar neste estudo que a massa de mil grãos (MMG) da cultivar URS Corona foi afetada positivamente na safra 2019 pela aplicação do TE (Tabela 5 e Figura 5K). Nota-se que nas épocas E₂ e E₃, na dose de 150 g ha⁻¹, a MMG foi de 35,35 g; por outro lado, na dose 0 g ha⁻¹ a MMG média foi de apenas 29,63 g. Já para a safra 2020, o TE

influenciou a MMG de forma negativa, saindo de 33 g, na dosagem de 0 g ha⁻¹, para 24 g, na dose de 150 g ha⁻¹, na época E₃ (Tabela 5 e Figuras 5L). Este acontecimento pode ser explicado pelo fato de que na safra 2019 o acamamento ocorreu de forma mais agressiva para a cultivar URS Corona (Tabela 6), chegando a 80 % nas doses menores de TE, colocando assim os grãos em condições mais favoráveis para a perda de peso, devido à sua maior exposição à umidade do solo. Isso nos mostra que o TE de forma indireta, ao reduzir o acamamento de plantas, acaba contribuindo para que o parâmetro MMG não sofra reduções bruscas decorrentes da exposição das panículas ao solo. O menor enchimento de grãos observado nas aplicações mais tardias na safra 2020, com doses mais elevadas de trinexapac-ethyl, pode ser decorrente do maior número de panículas por m⁻² e de uma eventual competição maior por fotoassimilados (Tabela 5 e Figura 5K).

Constata-se, que com o uso de doses crescentes do regulador de crescimento a partir da dose de 100 g de TE ha⁻¹ nas épocas de aplicação mais tardias E₂ e E₃, houve uma redução no acamamento das plantas da cultivar URS Corona (Tabela 6). Cujos valores variaram de 75,20% de acamamento para a dose de 0 g ha⁻¹ para 32,35% na dose de 150 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, para a safra 2019 (Tabela 6). Motivo que, provavelmente esta relacionado a redução da altura de plantas para estes mesmos tratamentos.

Tabela 6 - Valores médios de acamamento avaliados na cultivar de aveia branca URS Corona sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safra 2019			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150
AC (%)	E ₁	75,2 a	76,0 a	76,5 a	76,5 a
	E ₂	74,2 a	76,0 a	51,5 b	32,0 b
	E ₃	76,2 a	76,0 a	35,7 c	32,7 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

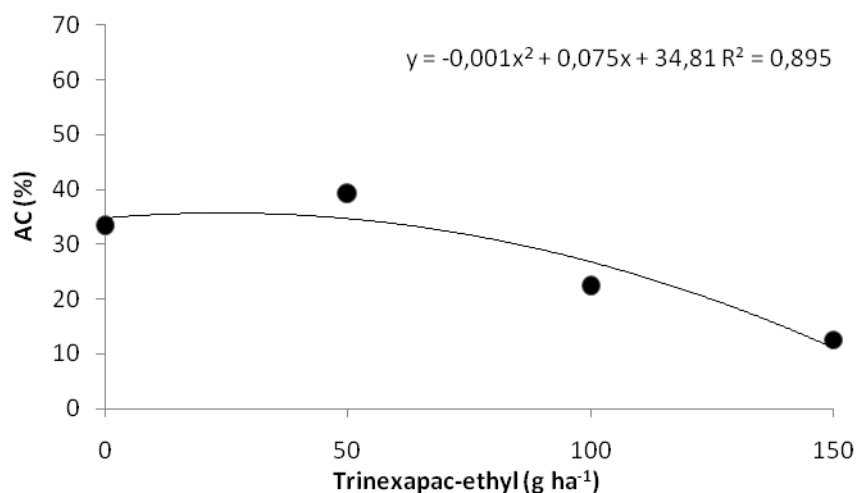
¹ Variável: AC: acamamento de plantas (%).

² Época de aplicação: E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

A característica acamamento da cultivar URS Corona ajustou-se a função quadrática em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento TE, em três épocas de aplicação na safra 2020 (Figura 6). Com a aplicação do TE, o ponto de máxima (35%) foi obtido na dose estimada de 37.5 g ha⁻¹. Com isso, nota-se que após o ponto máximo ocorreu o controle do acamamento principalmente na dose de 150 g ha⁻¹. Bazzo et al. (2019) estudando doses de TE e de N em cultivares de aveia branca, em dois ambientes de cultivo (Mauá da

Serra e Londrina-PR) observaram que o TE mostrou-se eficiente em reduzir a porcentagem de acamamento.

Figura 6 - AC: acamamento de plantas da cultivar URS Corona em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.



Em relação à produtividade de grãos da cultivar URS Corona para a safra 2019 (Tabela 5 e Figura 5M), o TE influenciou de forma positiva esta característica. Nota-se que para a época E₁, o efeito das doses foi linear, não modificando esta característica, porém, para a época de aplicação E₂, na dose de 150 g ha⁻¹ ocorreu incremento de 22,67% na produtividade de grãos, saindo de 3.338 kg ha⁻¹ na dose 0 g ha⁻¹, nas três épocas de aplicação, para 4.095 kg ha⁻¹ na dose de 150 g ha⁻¹ na época E₂. Já na época E₃, o incremento de produtividade ocorreu já na dose de 100 g ha⁻¹, sendo que esta não diferiu estatisticamente do rendimento obtido com a dose de 150 g ha⁻¹. Para a safra 2020 (Tabela 4) não houve diferença significativa para esta característica. O efeito positivo da aplicação do trinexapac-ethyl na produtividade de grãos é, provavelmente, resultado do controle do acamamento devido à redução do porte das plantas, com conseqüente alteração da arquitetura destas, e pelo aumento do número de panículas m⁻².

Analisando os resultados, pode-se deduzir que o uso do TE diminuiu o acamamento da cultivar URS Corona sem prejuízos à produtividade de grãos. Adicionalmente, verifica-se que o aumento no acamamento de plantas não prejudicou a produtividade de grãos do genótipo analisado. Adicionalmente, vale ressaltar que a colheita mecanizada foi realizada cuidadosamente, o que reduziu de forma substancial as perdas que poderiam ser ocasionadas pelo acamamento.

Kaspary et al (2015) estudando diferentes doses de TE em cultivares de aveia branca verificaram que o TE gerou incremento em produtividade de aproximadamente 30%. Esses resultados divergem dos encontrados por Guerreiro e Oliveira (2012), que, ao avaliarem o uso de trinexapac-ethyl em aveia branca, não obtiveram ganhos em produtividade para nenhuma das doses testadas (43,75, 87,5 e 175 g ha⁻¹). Contudo, Zagonel e Fernandes (2007), ao avaliarem o efeito do mesmo produto em trigo, constataram ganhos significativos na produtividade dessa cultura. Por outro lado, Fioreze e Rodrigues (2014) não observaram diferença na produtividade de trigo a partir do uso do regulador de crescimento.

Percebe-se que com a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, foi possível ter redução na altura e no acamamento de plantas, além do aumento de produtividade de grãos para as cultivares IPR Artemis e URS Corona. Isso nos fornece um intervalo de segurança para a aplicação do regulador de crescimento de forma a possibilitar a redução do acamamento de plantas sem comprometer o rendimento de grãos.

Vale ressaltar que houve aumento no número de panículas m⁻² nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹ de TE, quando empregados nas épocas de aplicação E₂ e E₃, para as duas cultivares avaliadas. Este acontecimento contribuiu para a redução do número de espiguetas por panícula⁻¹ e do número de grãos por panícula⁻¹, provavelmente, em função da competição dos perfilhos férteis por fotoassimilados.

3.5 CONCLUSÃO

A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduz os valores dos componentes da panícula: comprimento de panículas, número de espiguetas por panículas e grãos por panículas das cultivares IPR Artemis e URS Corona. No entanto, reduz a altura de plantas e aumenta o número de panículas m⁻² e a produtividade das duas cultivares de aveia branca estudadas. Adicionalmente, nestas doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento tem-se ainda significativa redução do acamamento das cultivares testada.

Os resultados obtidos com a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, nos fornecem um intervalo de segurança para a aplicação do regulador de crescimento que possibilita a redução do acamamento de plantas sem comprometer o rendimento de grãos.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n. 2, p.241-249, 2007.

BAZZO, J.H.B.; RIEDE, C.R.; ARRUDA, K.M.A.; CARDOSO, C.P.; FRANZONI, I.; FONSECA, I.C.B.; ZUCARELI, C. 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.

CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S. J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. The Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 7. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 39-54, 2014.

GUERREIRO, M. G.; OLIVEIRA, N. C. Produtividade de grãos de aveia branca submetida a doses de trinexapac-ethyl. **Revista Campo Digital**, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2012.

KASPARY, T. E.; LAMEGO, F. P.; BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; PITTOL, D. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de aveia branca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015

MURCIA, J. A. G. **Ação de reguladores vegetais em trigo (*Triticum aestivum* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2016.

PAGLIOSA, E. E.; BENIN, G.; BIEZUS, E.; BECHE, E.; SILVA, C. L.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T. N. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013.

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, p. 501-531, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNED, 1994. 164 p.

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

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

4 ARTIGO B

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA

4.1 RESUMO: O acamamento de plantas é um problema frequente nas lavouras de aveia branca, isso interfere negativamente na produção e na qualidade fisiológica das sementes. Tal problema pode ser contornado com uso de redutores de crescimento. No entanto, as respostas das cultivares de aveia quanto ao efeito de doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento podem ser variáveis. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade e na qualidade fisiológica de sementes da cultivar de aveia branca IPR Artemis. Os experimentos foram conduzidos no município de Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl (0, 50, 100 e 150 g ha⁻¹) e três épocas de aplicação distintas (E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível e E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de nitrogênio, fracionadas em duas aplicações de 27 kg ha⁻¹. Os caracteres de qualidade fisiológica de sementes avaliados, foram: (produtividade de sementes, massa de mil sementes, germinação, comprimento e massa seca de plântulas, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência de plântulas em areia). Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo o efeito de doses analisado por regressão até 2º grau. A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹ nas épocas de aplicação E₂ e E₃ aumentou a produtividade de sementes da cultivar IPR Artemis, porém afetou a massa de mil sementes a porcentagem de germinação e o vigor, reduzindo a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Acamamento. Redutor de crescimento. Potencial fisiológica. Vigor. Germinação. Produtividade sementes

ABSTRACT: Plant lodging is a frequent problem in white oat crops; this interferes negatively in the production and in the physiological quality of the seeds. Such a problem can be overcome with the use of growth reducers. However, the responses of oat cultivars to the effect of doses and times of application of the growth reducer can be variable. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of different doses and times of application of the growth regulator trinexapac-ethyl on the productivity and physiological quality of seeds of the white oat cultivar IPR Artemis. The experiment was carried out in the city of Londrina-PR, at the Experimental Station of the Paraná Rural Development Institute (IDR-Paraná) in the 2019 and 2020 harvests. The experimental design adopted was a randomized block with four replications, in a factorial scheme 4 x 3, with four doses of trinexapac-ethyl (0, 50, 100 and 150 g ha⁻¹) and three different application times (E₁: plants with the 1º noticeable node; E₂: plants with the 1º visible node and the 2º perceptible node and E₃: plants with the 2º visible node and the 3º perceptible node). The nitrogen cover fertilization was carried out with 54 kg ha⁻¹ of nitrogen, fractionated in two applications of 27 kg ha⁻¹. The characters of physiological quality of seeds evaluated were: (seed productivity, thousand seed mass, germination, seedling length

and dry mass, accelerated aging, electrical conductivity and seedling emergence in sand.) The data collected were subjected to analysis of variance, where the averages were compared by the Tukey test at 5% probability, and the effect of doses analyzed by regression up to 2°. The application of trinexapac-ethyl in doses of 100 and 150 g ha⁻¹ at times of application E₂ and E₃ increased the seed productivity of the cultivar IPR Artemis, however it affected the mass of a thousand seeds, the percentage of germination and vigor, reducing the capacity of establishment and initial development of the crops.

Keywords: *Avena sativa* L. Lodging. Growth reducer. Physiological potential. Vigor. Germination. Seed productivity

4.2 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que apresenta múltiplos propósitos e pode ser considerada uma importante alternativa para as lavouras de inverno no sul do Brasil. Destaca-se como planta de cobertura de solo no inverno, como forrageira para produção animal e também apresenta elevada produção de grãos, os quais apresentam bons teores de proteínas, vitaminas, minerais e fibras, sendo, assim, também utilizada na alimentação humana (SILVA; CIOCCA, 2005).

Os genótipos tradicionais de aveia branca foram selecionados por muitos anos por sua habilidade de crescer rapidamente nas épocas iniciais de desenvolvimento da planta, permitindo elevada capacidade de competição com as plantas daninhas (SILVA et al., 2005). Contudo, quando os cultivos são realizados em altas densidades de plantas e com elevadas doses de nitrogênio, problemas como o acamamento das plantas são frequentes, o que interfere negativamente na produção e na qualidade fisiológica das sementes (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Quando o acamamento das plantas ocorre na fase de maturação, a redução da produtividade e qualidade fisiológica de sementes é prejudicada pela exposição das plantas a condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, germinação ou apodrecimento das sementes, além de dificuldade na realização da colheita mecanizada (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

Nesse contexto, tornou-se prática comum para controle do acamamento a utilização de reguladores de crescimento (ESPINDULA et al., 2010). Os reguladores de crescimento são aplicados visando diminuir a altura e evitar o possível acamamento das plantas ao longo do ciclo, podendo se revelar como uma importante estratégia para contornar esse problema e favorecer a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica (KAPPES et al., 2012).

Dentre os reguladores de crescimento utilizados em cereais de inverno destaca-se o trinexapac-ethyl, que age reduzindo a alongação dos entrenós, no aumento do diâmetro do colmo e na alteração da arquitetura foliar. A molécula atua no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, por meio da inibição da enzima 3 β -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁), resultando no aumento do seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA₁), que atua na alongação dos internódios, é a causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

Além de serem utilizados com o intuito de reduzir a estatura e o acamamento das espécies cultivadas, os redutores de crescimento são aplicados visando a modificação na arquitetura da planta, especialmente da folha bandeira, que fica mais ereta (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010), aumentando o aproveitamento dos recursos do meio, especialmente a radiação solar (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Estes efeitos podem alterar a partição de fotoassimilados, melhorar o enchimento de sementes e, conseqüentemente, a qualidade fisiológica das mesmas (SAWAN; FAHMY; YOUSEF, 2009).

Estudos realizados com aveia branca por Carvalho e Nakagawa (2012), demonstraram que os valores obtidos para a característica germinação de sementes, em todos os tratamentos com a aplicação de trinexapac-ethyl, apresentaram-se acima do padrão estabelecido para comercialização de sementes de aveia branca pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que exige germinação mínima de 80%. Entretanto, Bazzo et al. (2018) relatam que aplicações de trinexapac-ethyl na dose de 100 g ha⁻¹ em plantas de aveia branca que se encontravam entre o primeiro nó visível e o segundo nó perceptível, reduziu o vigor das sementes das cultivares IPR Afrodite e IPR Artemis produzidas em Londrina e Mauá da Serra, respectivamente.

Zagonel e Fernandes (2007), ao estudarem o efeito de trinexapac-ethyl no trigo, mostraram que tanto a dose quanto a época de aplicação do redutor de crescimento pode ser específica de cada cultivar, principalmente quando aplicado em materiais de alta suscetibilidade ao acamamento. Os mesmos autores citam que a aplicação do trinexapac-ethyl é indicada quando há o aparecimento do primeiro e o segundo nó detectáveis, na dose de 100 g de TE ha⁻¹. No entanto, essa recomendação é muito ampla e não leva em consideração as características peculiares de cada cultivar e o ambiente de cultivo, que podem apresentar respostas produtivas e qualitativas de maneira distinta em relação à dose e as épocas de aplicação do produto. Visto isso, essa prática pode se tornar uma alternativa para minimizar os

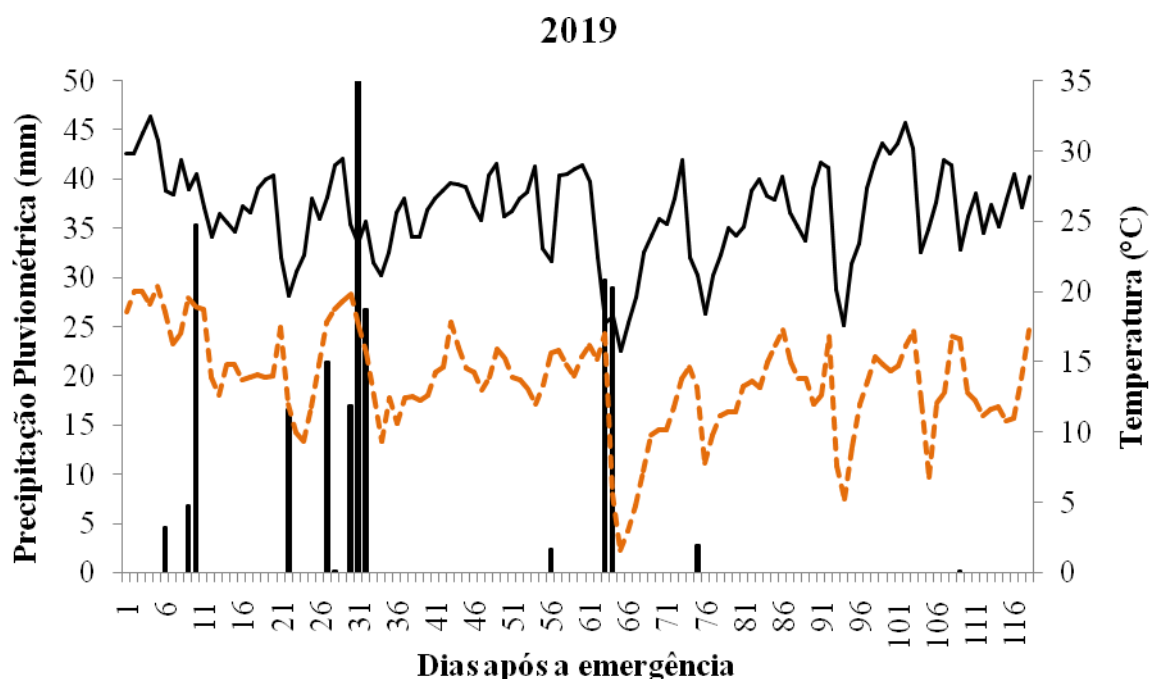
efeitos negativos do acamamento e assim favorecer a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes.

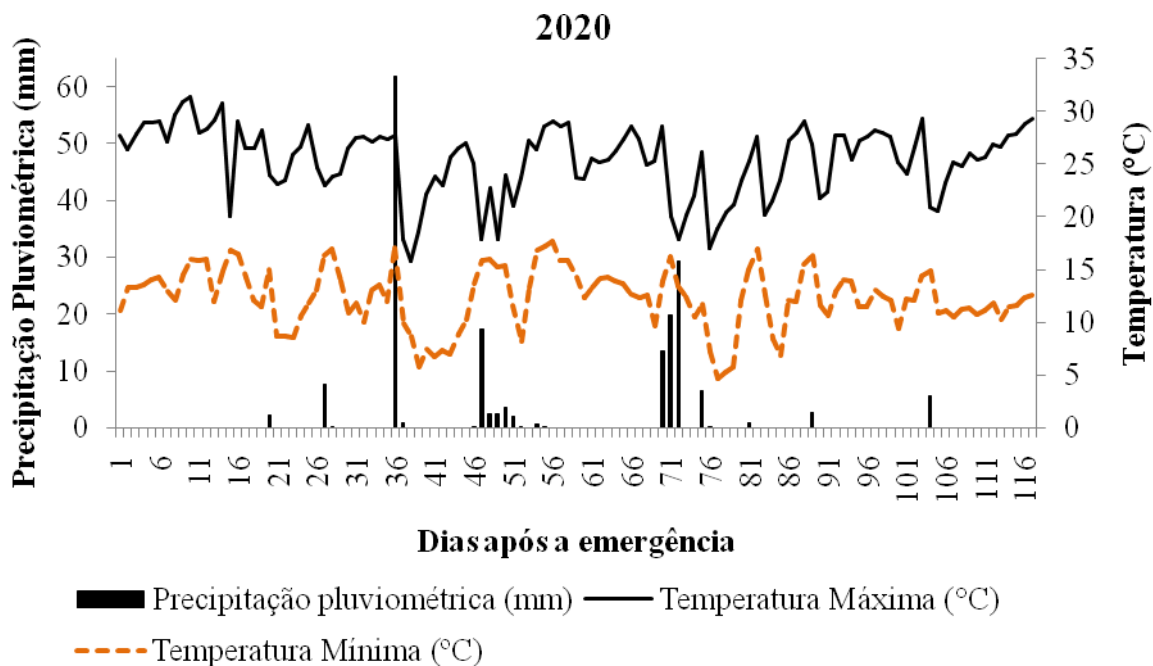
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade e na qualidade fisiológica de sementes da cultivar de aveia branca IPR Artemis.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2019 e 2020, na Estação Experimental do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER situada no município de Londrina-PR (coordenadas geográficas: 23° 23' S e 51° 11' O e altitude de 610 m). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2006), e o clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. As temperaturas máximas e mínimas e a precipitação pluviométrica durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

Figura 1 - Dados médios diários de temperatura e precipitação pluvial para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020.





As características químicas do solo, nas profundidades de 0-20 cm, foram determinadas antes da instalação dos experimentos. Sendo, na safra 2019, representadas por: pH (CaCl₂) 5,00; 5,21 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,31 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,98 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,59 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 29,33 mg dm⁻³ de P e 16,98 g dm⁻³ de matéria orgânica; na safra 2020, por: pH (CaCl₂) 4,85; 5,96 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,76 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,65 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,61 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 31,09 mg dm⁻³ de P e 15,92 g dm⁻³ de matéria orgânica.

No experimento foi avaliada a cultivar de aveia granífera IPR Artemis, desenvolvida pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR e lançada no ano de 2016. Essa cultivar apresenta ciclo médio (tempo médio para a maturação 117 dias), moderada resistência ao acamamento e estatura média de 100 cm.

A semeadura mecanizada foi realizada no sistema de plantio direto, em sucessão ao cultivo de soja, nas duas safras. Sendo a safra 2019 semeada em 03/05/2019, com emergência em 14/05/2019 e colheita em 28/08/2019; a safra 2020 foi semeada em 17/04/2020, com emergência em 25/04/2020 e colheita em 11/08/2020. A adubação de base foi constituída da aplicação de 200 kg ha⁻¹ de NPK, fórmula 10-30-10. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de N, fracionada em duas aplicações, sendo 27 kg ha⁻¹ dez dias após a emergência, e 27 kg ha⁻¹ cinco dias após a primeira aplicação, sendo feita de forma manual, a lanço. O controle de doenças foliares e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da aveia.

Cada unidade experimental (parcela) foi composta por 6 linhas de 5m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,17m, e com densidade de 300 sementes viáveis m⁻², considerando-se como área útil as 4 linhas centrais da parcela.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl e três épocas de aplicação. As doses avaliadas foram: 0, 50, 100 e 150 g i.a ha⁻¹ do produto comercial Moddus[®]. A aplicação de trinexapac-ethyl foi realizada em três épocas de aplicação distintas das plantas: E₁) plantas com o 1º nó perceptível; E₂) plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃) quando as plantas apresentaram o 2º nó visível e 3º nó perceptível. A aplicação foi feita por meio de pulverizador costal à pressão constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂ comprimido, munido de duas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-020, com volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

A colheita foi realizada por colhedora automotriz após as sementes atingirem a maturação de colheita, estágio caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e sementes com umidade abaixo de 20%. Após a limpeza das sementes colhidas das parcelas, foram determinados os seguintes parâmetros relacionados à produtividade e qualidade fisiológica das sementes:

- ✓ Produtividade de sementes (PROD): foi determinada pela colheita das sementes das plantas contidas na área útil da parcela. Após a trilhagem mecânica, as sementes foram pesadas e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% de umidade;
- ✓ Massa de mil sementes (MMS): foi obtida mediante a contagem e pesagem de oito repetições de 100 sementes por parcela. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de mil sementes (BRASIL, 2009);
- ✓ Germinação (G): foi realizada com oito repetições de 50 sementes, em papel toalha germitest[®] umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel foram mantidos em germinador sob temperatura de 20 °C. A avaliação constou de duas contagens, aos cinco (primeira contagem - PC) e aos dez dias (segunda contagem) após a instalação do teste, computando-se a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009);
- ✓ Comprimento de plântulas (CP): foi realizada a partir da semeadura de quatro repetições de 20 sementes, no terço superior da folha de papel germitest[®], umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel contendo as sementes permaneceram por cinco dias em germinador, à temperatura de 20 °C,

quando então avaliou-se o comprimento das plântulas normais, com auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em centímetros;

- ✓ Massa seca de plântulas (MSP): foi conduzido juntamente com o teste de comprimento de plântulas. Após ser realizada a medição das plântulas normais, no teste de comprimento de plântulas, estas foram cortadas e separadas do restante das sementes (tecido de reserva). As plântulas normais foram separadas e colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação de ar forçada, regulada à temperatura de 80 °C, durante 24 horas (NAKAGAWA, 1999). Ao final desse período, a massa seca foi avaliada em balança com precisão de 0,0001 g, determinando-se assim a massa das plântulas normais. Os resultados foram expressos em mg por plântula;
- ✓ Envelhecimento acelerado (EA): foi realizado com quatro repetições em caixas tipo gerbox, com compartimento individual contendo 40 mL de água em seu interior, e uma tela de alumínio, sobre a qual foram distribuídas uniformemente 240 sementes por gerbox. As caixas foram mantidas em câmara de envelhecimento acelerado, a 42 °C, durante 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Decorrido esse período, foi instalado o teste de germinação sob temperatura de 20 °C. A contagem do número de plântulas normais foi realizada após cinco dias da semeadura (BRASIL, 2009).
- ✓ Condutividade elétrica (CE): foi conduzido por meio do sistema de massa, com quatro repetições de 50 sementes. Foi determinada a massa das sementes e, em seguida, estas foram colocadas em copos plásticos com 75 ml de água deionizada e mantidas a 25 °C. Após 24 horas de embebição foi determinada a condutividade elétrica da solução, com resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999);
- ✓ Emergência de plântulas em areia (EP): o teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. A areia utilizada foi previamente lavada e, em seguida, levada a bandejas plásticas. Na semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de 3 cm de areia. O teste foi conduzido em casa de vegetação e a umidade mantida com irrigações de acordo com a necessidade da cultura. A avaliação do número de plântulas normais emergidas foi realizada no décimo quinto dia.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e submetidas à análise de regressão até 2° grau, a 5% de probabilidade. Todas as

análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa computacional Genes (Cruz, 2013).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância pode-se constatar que a cultivar IPR Artemis, na safra 2019, apresentou diferença significativa para a interação entre época e doses de TE, para as variáveis MMS, G, MSP, EA, CE e EP, porém nota-se efeito isolado de época e doses de TE para as variáveis PROD, PC e CP (Tabela 1). Para a safra 2020, nota-se efeito significativo para interação entre época e doses de TE, para as variáveis G, PC, CP, EA, CE e EP; já para as variáveis PROD e MSP, nota-se efeito isolado de época e doses de TE, e para a variável MMS não foi observado efeito significativo de época, doses de TE e da interação entre estes fatores (Tabela 1). Os coeficientes de variação ambiental estimados nas safras 2019 e 2020 variaram de 2,19 a 13,41 indicando boa a moderada precisão experimental na condução do ensaio.

Tabela 1 - Valores do quadrado médio da análise de variância para nove características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis, em função de doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Ano	Variáveis	QM					Resíduo	CV (%)	Média
		Bloco	Dose	Época	D x E				
2019	PROD	16474,5 ^{ns}	177299,78 ^{**}	145372,58 [*]	59373,36 ^{ns}	28014,07	3,23	5175,72	
	MMS	0,61 ^{ns}	22,05 ^{**}	3,51 ^{**}	4,57 ^{**}	0,44	2,19	30,5	
	G	6,38 ^{ns}	429,28 ^{**}	120,89 ^{**}	52,09 ^{**}	11,34	3,72	90,42	
	PC	10,58 ^{ns}	348,74 ^{**}	29,44 ^{ns}	37,4 ^{ns}	19,44	5,37	82,06	
	CP	14,09 ^{ns}	14,82 ^{**}	5,59 ^{ns}	4,71 ^{ns}	2,08	6,46	22,28	
	MSP	0,00 ^{ns}	0,00 [*]	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00	7,72	0,18	
	EA	52,69 ^{ns}	394,13 ^{**}	136,27 ^{**}	81,38 ^{**}	15,38	4,8	81,64	
	CE	393,03 ^{ns}	3312,41 ^{**}	1332,88 ^{**}	696,91 ^{**}	87,75	5,33	175,45	
	EP	27,47 ^{ns}	217,03 ^{**}	97,64 ^{**}	69,01 ^{**}	15,37	4,58	85,54	
2020	PROD	378794,31 ^{ns}	130429,97 ^{ns}	641315,66 [*]	183394,04 ^{ns}	126793,39	6,17	5764,77	
	MMS	2,64 ^{ns}	12,95 ^{ns}	9,10 ^{ns}	3,64 ^{ns}	5,51	7,31	32,11	
	G	31,64 ^{ns}	855,64 ^{**}	589,75 ^{**}	186,31 ^{**}	11,69	3,85	88,62	
	PC	12,08 ^{ns}	1502,97 ^{**}	789,75 ^{**}	260,64 ^{**}	18,26	8,23	51,88	
	CP	1,64 ^{ns}	10,19 ^{**}	7,21 ^{**}	2,83 ^{**}	0,52	4,77	15,18	
	MSP	0,00 ^{ns}	0,00 [*]	0,00 ^{**}	0,00 ^{ns}	0,00	13,41	0,12	
	EA	29,41 ^{ns}	267,85 ^{**}	143,91 ^{**}	57,89 ^{**}	11,04	4,11	80,72	
	CE	51,97 ^{ns}	895,21 ^{**}	410,98 ^{**}	260,49 ^{**}	50,46	6,91	102,88	
	EP	5,35 ^{ns}	302,91 ^{**}	59,77 [*]	48,49 [*]	16,51	4,86	83,48	

*/**: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo; Graus de liberdade: 3 (bloco); 3 (dose); 2 (época); 6 (DxE), 33(resíduo).

Variáveis: PROD: produtividade de sementes (kg ha⁻¹); MMS: massa de mil sementes (gramas); G: germinação (%); PC: primeira contagem da germinação (%); CP: comprimento de plântulas (cm); MSP: massa seca de plântulas (mg); EA: envelhecimento acelerado (%); CE: condutividade elétrica (μS cm⁻¹ g⁻¹); EP: emergência de plântulas em areia (%).

Em relação à produtividade de sementes da cultivar IPR Artemis (Tabela 2 e Figura 2A), o TE influenciou de forma positiva esta característica na safra 2019. Nota-se que na época de aplicação E₂ a dose de 150 g ha⁻¹ aumentou a produtividade de sementes, porém, para a época E₃ o aumento para esta característica ocorreu a partir da dose de 100 g ha⁻¹. Por outro lado, é possível observar que na safra 2020, a época de aplicação E₃ apresentou uma maior produtividade comparada às épocas E₁ e E₂, independente da dose de trinexapac-ethyl utilizada (Tabela 2 e Figura 2B), sendo 5.927 kg ha⁻¹ para a época E₃ e 5.541 e 5.826 kg ha⁻¹ para as épocas E₁ e E₂, respectivamente. Bazzo et al. (2019) ao trabalhar com diferentes cultivares de aveia branca sob a influência de trinexapac-ethyl e doses de N, em dois ambientes de cultivo (Mauá da Serra e Londrina-PR), observaram resultados que corroboram os encontrados neste estudo, onde para a cultivar de aveia branca IPR Afrodite o uso de TE gerou incremento na produtividade de sementes. Esses resultados divergem dos encontrados por Guerreiro e Oliveira (2012), que, ao avaliarem o uso de trinexapac-ethyl em aveia branca, não obtiveram ganho em produtividade para nenhuma dose testada (43,75, 87,5 e 175 g ha⁻¹). Contudo, Hawerth et al. (2015), analisando o efeito de doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl na cultivar de aveia branca Barbarasul em diferentes doses de N e ambientes de cultivo, verificaram que a produtividade apresentou resposta positiva ou não significativa à aplicação do redutor de crescimento dependendo do local de cultivo.

A maior produtividade, resultado da aplicação do trinexapac-ethyl, pode ser atribuída em parte à redução da altura, e do acamamento das plantas, e no aumento do número de panículas por m² e em parte pela provável alteração da arquitetura foliar (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010).

Tabela 2 - Valores médios de seis características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safr 2019				Safr 2020			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)				Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150	0	50	100	150
PROD (kg ha ⁻¹)	E ₁	5062 a	5078 a	5090 b	5090 b	5621 a	5525 a	5781 a	5235 b
	E ₂	5095 a	5067 a	5104 b	5436 a	5772 a	5609 a	5838 a	6084 a
	E ₃	5090 a	5093 a	5419 a	5480 a	5791 a	5772 a	5989 a	6154 a
	E ₁	95,0 a	96,0 a	91,3 a	91,5 a	95,5 a	96,0 a	95,0 a	93,0 a

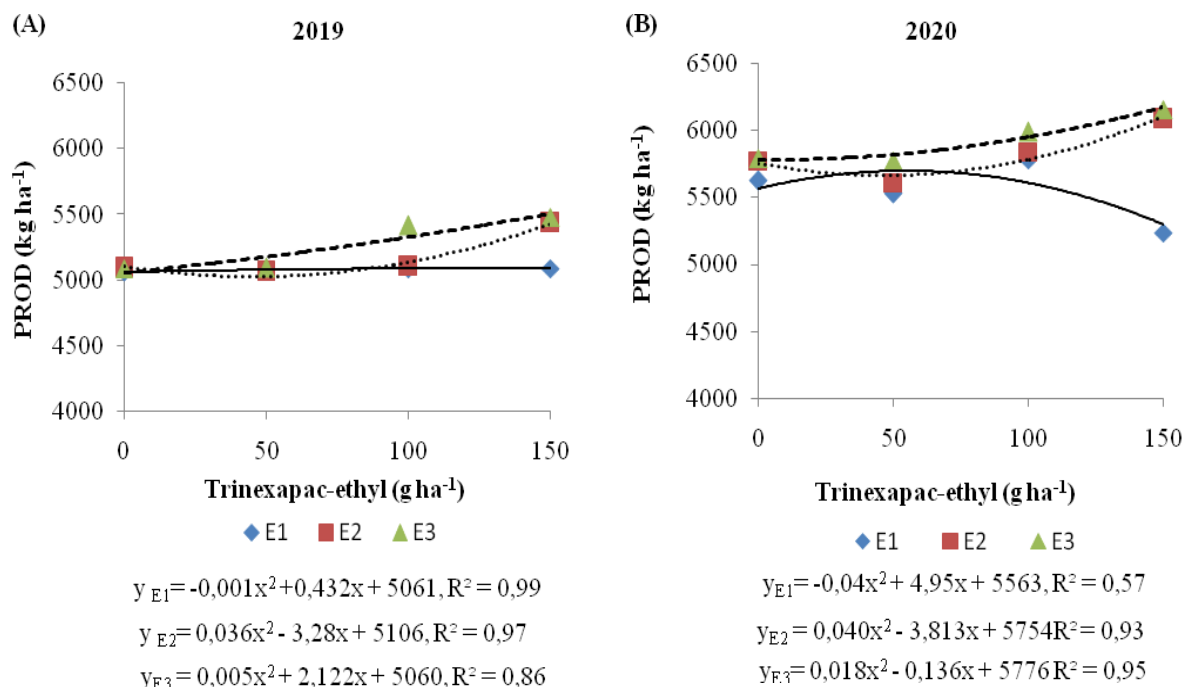
G (%)	E ₂	96,0 a	94,5 a	89,5 ab	79,0 b	95,5 a	96,5 a	84,0 b	77,0 b
	E ₃	95,0 a	94,5 a	85,0 b	77,8 b	95,0 a	94,0 a	78,0 c	64,0 c
MSP (mg)	E ₁	0,18 a	0,20 a	0,18 a	0,20 a	0,14 a	0,15 a	0,13 a	0,13 a
	E ₂	0,18 a	0,19 a	0,17 a	0,16 b	0,14 a	0,14 a	0,14 a	0,09 b
	E ₃	0,18 a	0,18 a	0,17 a	0,16 b	0,14 a	0,15 a	0,10 b	0,08 b
EA (%)	E ₁	87,0 a	85,0 a	82,5 a	85,5 a	84,5 a	85,0 a	85,0 a	81,8 a
	E ₂	85,5 a	86,5 a	76,5 ab	72,5 b	84,5 a	83,5 a	79,0 b	72,5 b
	E ₃	87,0 a	88,5 a	73,3 b	70,0 b	87,0 a	83,0 a	72,0 c	71,0 b
CE $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$	E ₁	167,0 a	160,9 a	167,8 b	172,1 b	97,8 a	96,9 a	97,3 b	97,3 b
	E ₂	160,5 a	161,2 a	169,9 b	205,7 a	93,3 a	97,7 a	104,5 ab	120,5 a
	E ₃	162,9 a	162,2 a	201,6 a	213,6 a	98,2 a	92,6 a	113,6 a	124,5 a
EP (%)	E ₁	88,5 a	88,0 a	87,5 a	88,3 a	88,0 a	87,0 a	83,0 a	84,5 a
	E ₂	88,0 a	90,0 a	86,3 a	77,5 b	88,7 a	90,5 a	81,0 a	75,5 b
	E ₃	89,5 a	88,5 a	79,0 b	74,5 b	89,5 a	86,5 a	78,0 a	73,5 b

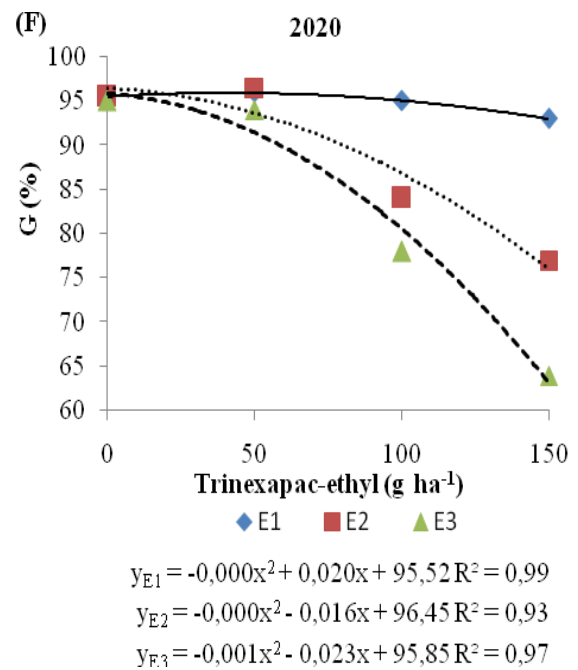
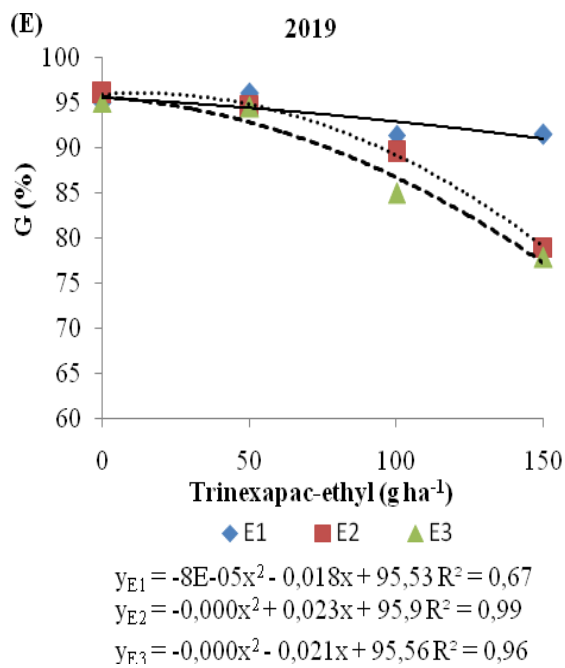
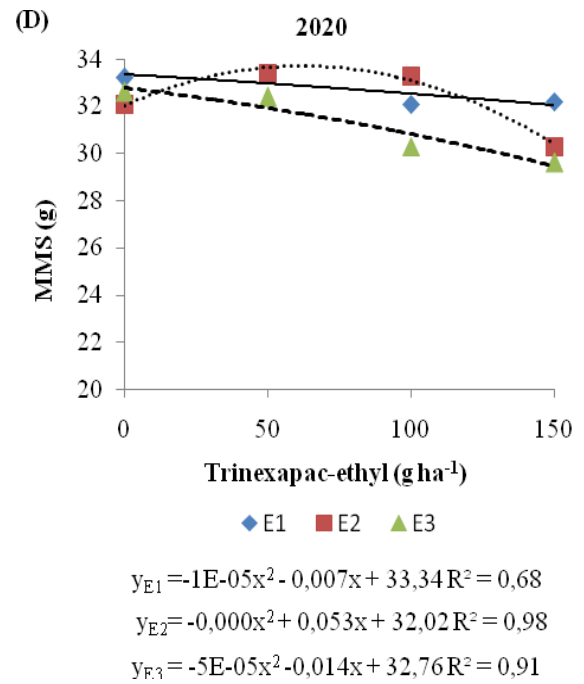
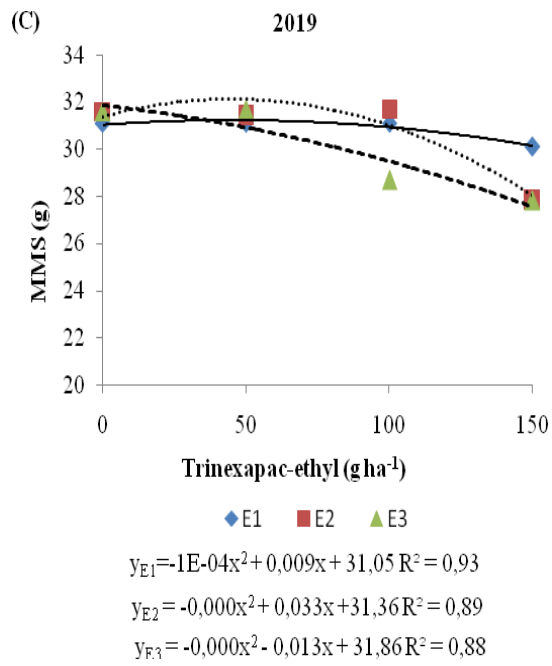
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

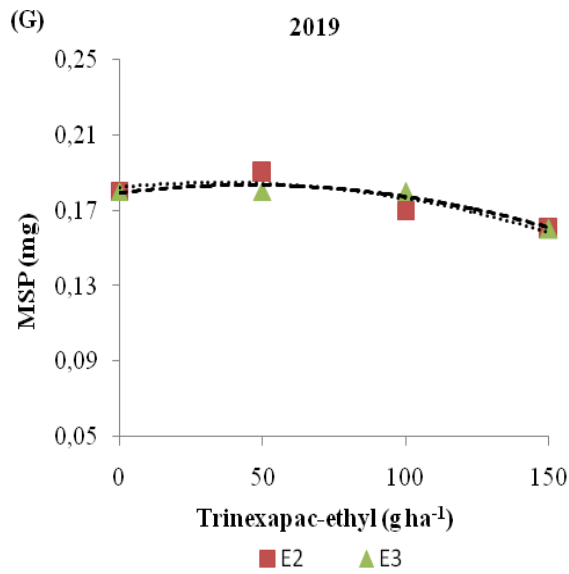
¹Variável: PROD: produtividade de sementes; G: germinação; MSP: massa seca de plântulas; EA: envelhecimento acelerado; CE: condutividade elétrica e EP: emergência de plântulas em areia.

²Época de aplicação: E₁: plantas com o 1° nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1° nó visível e o 2° nó perceptível; E₃: plantas com o 2° nó visível e 3° nó perceptível.

Figura 2 - PROD: produtividade de sementes; MMS: massa de mil sementes; G: germinação; MSP: massa seca de plântulas; EA: envelhecimento acelerado; CE: condutividade elétrica; EP: emergência de plântulas em areia da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.



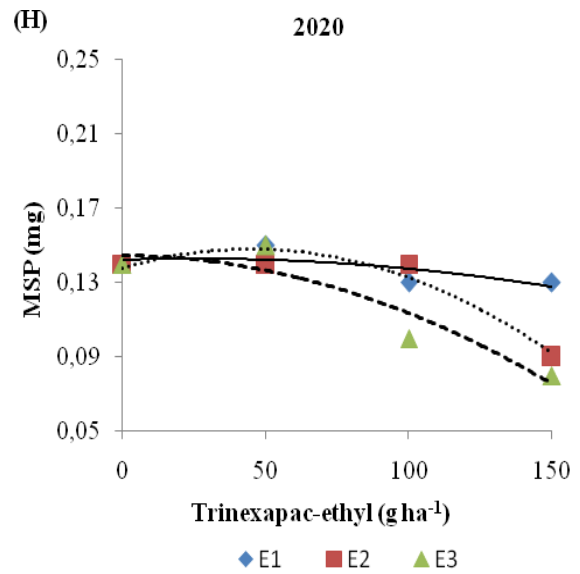




$$y_{E1} = 0,19$$

$$y_{E2} = -2E-06x^2 + 0,000x + 0,182 R^2 = 0,84$$

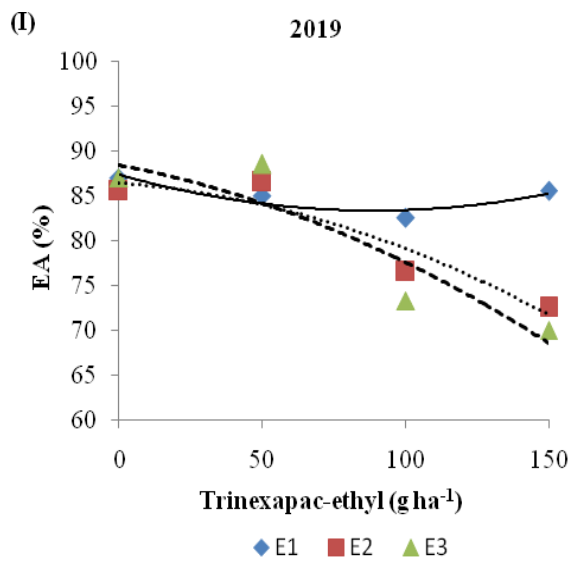
$$y_{E3} = -2E-06x^2 + 0,000x + 0,179 R^2 = 0,93$$



$$y_{E1} = -1E-06x^2 + 5E-05x + 0,142 R^2 = 0,54$$

$$y_{E2} = -5E-06x^2 + 0,000x + 0,137 R^2 = 0,93$$

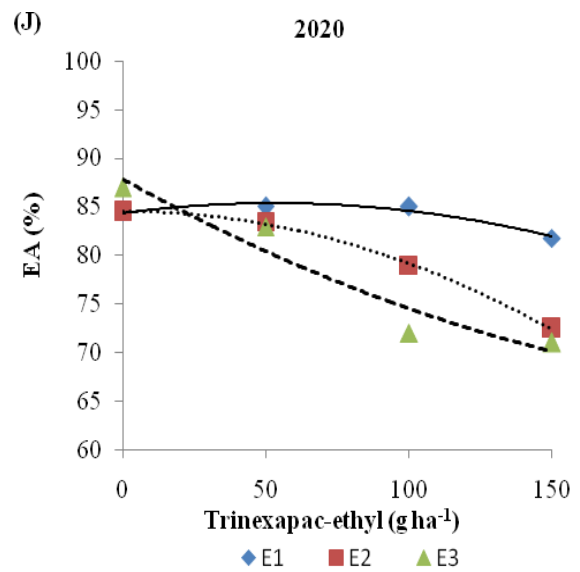
$$y_{E3} = -3E-06x^2 - 1E-05x + 0,144 R^2 = 0,87$$



$$y_{E1} = 0,000x^2 - 0,089x + 87,3 R^2 = 0,82$$

$$y_{E2} = -0,000x^2 - 0,023x + 86,35 R^2 = 0,89$$

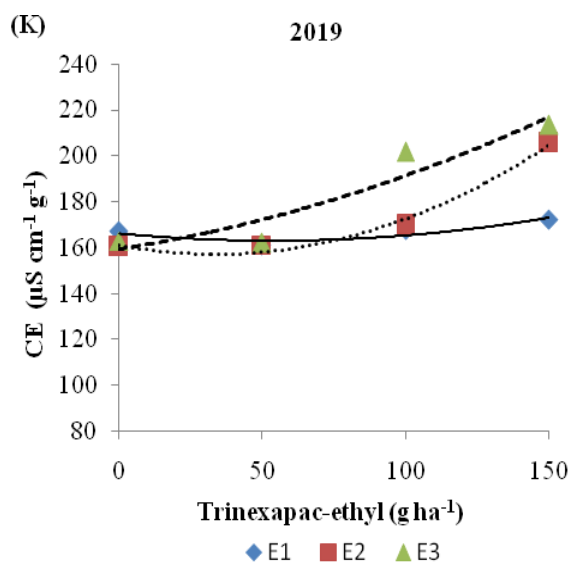
$$y_{E3} = -0,000x^2 - 0,060x + 88,43 R^2 = 0,84$$



$$y_{E1} = -0,000x^2 + 0,039x + 84,36 R^2 = 0,94$$

$$y_{E2} = -0,000x^2 + 0,001x + 84,57 R^2 = 0,99$$

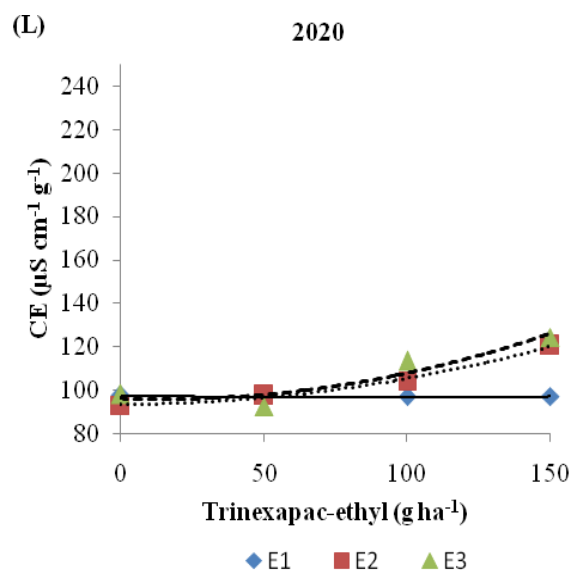
$$y_{E3} = 0,000x^2 - 0,163x + 87,85 R^2 = 0,92$$



$$y_{E1} = 0,001x^2 - 0,111x + 166,2 R^2 = 0,80$$

$$y_{E2} = 0,003x^2 - 0,237x + 161,4 R^2 = 0,98$$

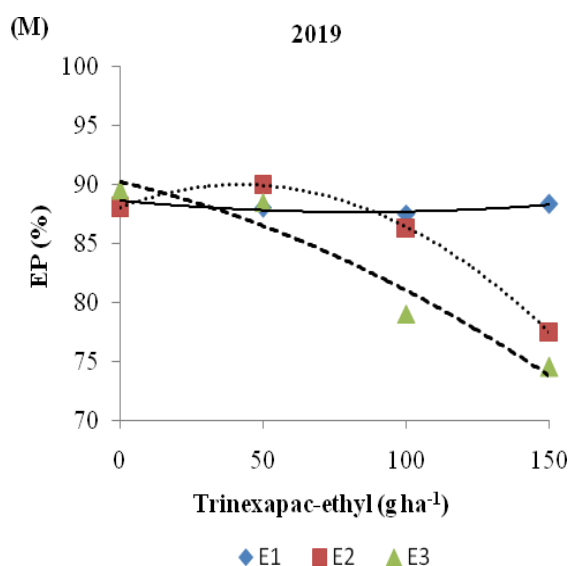
$$y_{E3} = 0,001x^2 + 0,192x + 159,5 R^2 = 0,89$$



$$y_{E1} = 9\text{E-}05x^2 - 0,015x + 97,71 R^2 = 0,64$$

$$y_{E2} = 0,001x^2 + 0,002x + 93,64 R^2 = 0,99$$

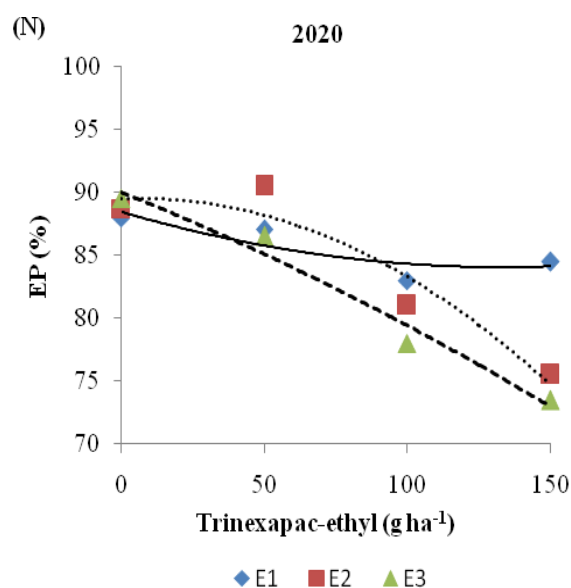
$$y_{E3} = 0,001x^2 - 0,047x + 96,36 R^2 = 0,89$$



$$y_{E1} = 0,000x^2 - 0,021x + 88,56 R^2 = 0,85$$

$$y_{E2} = -0,001x^2 + 0,091x + 88,03 R^2 = 0,99$$

$$y_{E3} = -0,000x^2 - 0,056x + 90,17 R^2 = 0,94$$



$$y_{E1} = 0,000x^2 - 0,066x + 88,4 R^2 = 0,76$$

$$y_{E2} = -0,000x^2 + 0,011x + 89,46 R^2 = 0,91$$

$$y_{E3} = -0,000x^2 - 0,090x + 89,97 R^2 = 0,97$$

E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

É possível observar que a massa de mil sementes (MMS) da cultivar IPR Artemis foi afetada negativamente na safra 2019 pela aplicação do TE (Tabela 3 e Figura 2C). Nota-se que na época de aplicação E₂, a dose de 150 g ha⁻¹ proporcionou redução de 11,54% comparado à dose 0 g ha⁻¹. Para a época E₃ a redução para esta característica foi de 10,11% já na dose de 100 g ha⁻¹. Bazzo et al. (2019), estudando doses de TE e de N em cultivares de aveia

branca, em dois ambientes de cultivo (Mauá da Serra e Londrina-PR), observaram que a cultivar IPR Artemis sofreu redução na MMS com a utilização de TE no município de Mauá da Serra. Kaspary et al. (2015) relatou que a utilização de 150 g de TE por ha⁻¹ interferiu no acúmulo da massa de mil sementes de cultivares de aveia branca. A redução na massa de mil sementes indica menores quantidades de reservas armazenadas nessas sementes, o que poderá influenciar na germinação e no vigor das mesmas. Geralmente, as sementes que têm mais vigor podem germinar e emergir mais rapidamente sob condições adversas (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Tabela 3 - Valores médios da massa de mil sementes avaliada na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safra 2019			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150
MMS (g)	E ₁	31,1 a	31,1 a	31,1 a	30,1 a
	E ₂	31,6 a	31,4 a	31,7 a	27,8 b
	E ₃	31,6 a	31,7 a	28,7 b	27,8 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹ Variável: MMS: massa de mil sementes (gramas).

² Época de aplicação: E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

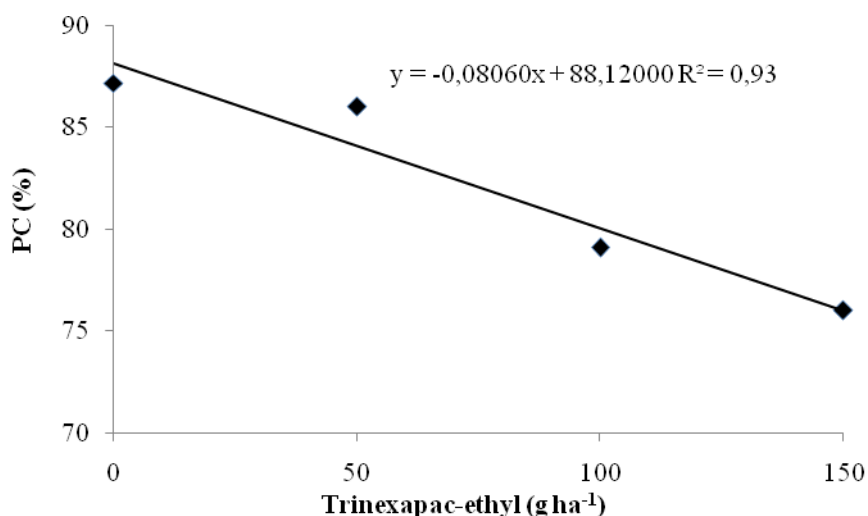
A qualidade fisiológica das sementes produzidas a partir do uso de diferentes doses de trinexapac-ethyl apresentou de modo geral, redução linear do potencial com o aumento das épocas de aplicação. A variável germinação (G) (Tabela 2 e Figuras 2E e F) apresentou comportamento oposto ao da elevação das doses do regulador de crescimento, com redução dos valores observados. Verifica-se na safra 2019 que a G foi modificada pelas diferentes doses de TE e épocas de aplicação (Tabela 2 e Figura 2E). Para a época de aplicação E₁, o efeito das doses foi linear, não modificando esta característica, porém, quando a aplicação do TE ocorre nas épocas E₂ e E₃, a variável G sofre redução significativa na dose de 100 g ha⁻¹, comportamento que se acentua sob a dose de 150 g ha⁻¹. O comportamento observado para a variável G na safra 2020 seguiu a mesma linha do apresentado na safra 2019 (Tabela 2 e Figura 2F).

O menor desempenho das sementes obtidas nos tratamentos com redutor de crescimento pode ser consequência do menor enchimento das sementes. Gustafson et al. (2004) ressaltam que o rápido desenvolvimento e estabelecimento inicial é fundamental para a aveia branca ter prioridade na utilização dos recursos do meio, além de evitar possível competição

com plantas daninhas, mantendo o potencial produtivo da cultura. Dessa forma, os efeitos negativos do uso do regulador de crescimento sobre o vigor da aveia branca poderão impactar o estande inicial, o desenvolvimento e a produção das áreas semeadas com sementes providas de cultivos em que se utilizou trinexapac-ethyl.

A primeira contagem de germinação (PC) da cultivar IPR Artemis ajustou-se a uma equação linear decrescente com o incremento das doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação, na safra 2019 (Figura 3). Na Tabela 4 pode-se observar que para a safra 2020, a época de aplicação E₁ apresentou efeito linear das doses, não modificando a característica PC, porém, quando a aplicação do TE ocorre na época E₂, há redução drástica da variável PC, que passa de 60,7%, no tratamento controle, para 32,0 % na dose 150 g ha⁻¹. O comportamento bastante similar foi obtido para a época de aplicação E₃. Com isso é possível constatar que as maiores dose de TE proporcionaram sementes menos vigorosas.

Figura 3 - PC: primeira contagem de germinação da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.



A característica comprimento de plântulas (CP) da cultivar IPR Artemis ajustou-se a função quadrática em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento TE, em três épocas de aplicação na safra 2019 (Figura 4). Com a aplicação do TE, o ponto de máxima (22,90%) foi obtido na dose estimada de 38,68 g ha⁻¹ (Figura 4). Constata-se, que com o uso de doses crescentes do regulador de crescimento, houve uma redução no CP. Para a safra 2020, também é possível constatar reduções significativas da variável CP, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, já a partir da dose 100 g ha⁻¹ (Tabela 4)

Figura 4 - CP: comprimento de plântula da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.

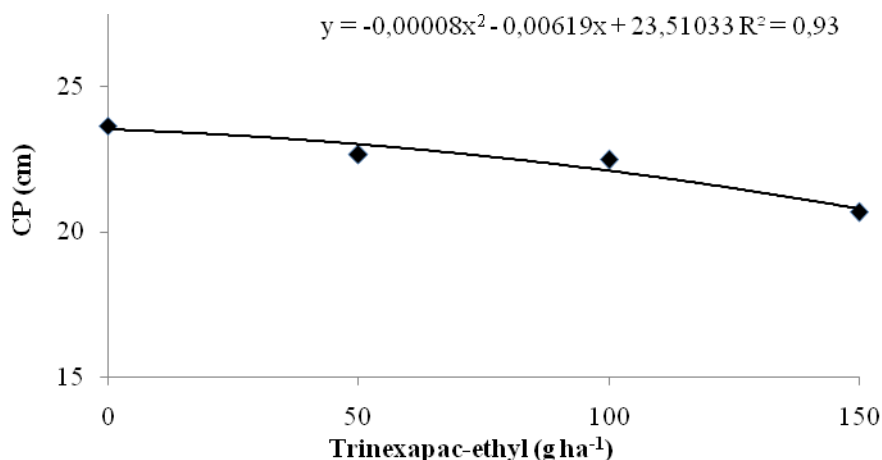


Tabela 4 - Valores médios de duas características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.

Variável ¹	Época de aplicação ²	Safra 2020			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150
PC (%)	E ₁	60,0 a	63,5 a	58,0 a	57,5 a
	E ₂	61,5 a	61,0 a	44,0 b	32,0 b
	E ₃	60,5 a	61,5 a	34,0 c	29,0 b
CP (cm)	E ₁	15,8 a	16,2 a	15,9 a	15,8 a
	E ₂	15,9 a	16,1 a	14,5 b	13,4 b
	E ₃	16,2 a	15,8 a	13,2 c	13,5 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹Variável: PC: primeira contagem de germinação e CP: comprimento de plântula.

²Época de aplicação: E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

A matéria seca de plântulas (MSP) da cultivar IPR Artemis na safra 2019 sofreu efeito negativo do uso do TE nas épocas de aplicação E₂ e E₃ a partir da dose de 100 g ha⁻¹ (Tabela 2 e Figura 2G). Na safra 2020 a MSP na época de aplicação E₂ apresentou redução de 35,71% apenas para a dose de 150 g ha⁻¹, já na época de aplicação E₃, a redução de MSP ocorre a partir da dose de 100 g ha⁻¹, porém a redução é similar a época de aplicação E₂ na dose 150 g ha⁻¹ (Tabela 2 e Figura 2H). Bazzo et al. (2018) trabalhando com trinexapax-ethyl na qualidade fisiológica de sementes de diferentes cultivares de aveia branca, encontraram resultados que corroboram o deste estudo, onde o TE influenciou de forma negativa a MSP.

Kappes et al. (2012), trabalhando com TE, não encontraram resposta significativa desta prática de manejo sobre a massa seca de plântulas de crotalária. Entretanto, quando analisada a biomassa fresca de plântulas, os autores verificaram que, com o aumento das doses do produto ocorre uma redução de maneira linear nos valores desta característica, indicando que o acúmulo de massa fresca de plântulas de crotalária pode ser prejudicado com a utilização desta técnica de manejo.

Analisando os resultados obtidos para o envelhecimento acelerado (EA) para a safra 2019 (Tabela 2 e Figura 2I), verifica-se que há redução na germinação das sementes submetidas a este teste quando do uso de TE nas épocas E₂ e E₃ a partir da dose de 100 g ha⁻¹. Porém, na safra 2020 o EA na época de aplicação E₂ apresentou redução de 15,04% para essa característica apenas para a dose 150 g ha⁻¹, já na época de aplicação E₃, ocorre uma redução de 16,21% para o EA a partir da dose 100 g ha⁻¹, de modo a reduzir a capacidade das sementes em suportar condições adversas e germinar posteriormente (Tabela 2 e Figura 2J). Kaspary et al. (2015) avaliando diferentes cultivares de aveia branca sob a influência do TE também encontraram resultados semelhantes nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹ de TE para o envelhecimento acelerado. Por outro lado, Bazzo et al. (2018) trabalhando com o TE e diferentes cultivares de aveia branca, observaram que esta característica está intimamente relacionada ao genótipo, interferindo negativamente na cultivar de aveia branca IPR Afrodite e positivamente na cultivar URS Corona.

Os dados de condutividade elétrica da cultivar IPR Artemis indicam que a aplicação do trinexapac-ethyl causou efeito negativo sobre o vigor das sementes produzidas nas safras 2019 e 2020 (Tabela 2 e Figuras 2K e L). É possível observar que na época de aplicação E₂, há aumento da variável sob a dose de 150 g ha⁻¹, para as duas safras de cultivo. Adicionalmente, a aplicação do TE na época E₃ resulta em aumento significativo da condutividade elétrica já a partir da dose de 100 g ha⁻¹ nas duas safras estudadas; demonstrando ser desvantajosa a utilização de TE quando o propósito for obter sementes com qualidade fisiológica elevada. Permite-se dizer, com isso, que ocorrera má formação e má organização regular das paredes celulares, pois o sistema de membranas celulares é a última estrutura a organizar-se antes da maturidade fisiológica e a primeira a exibir as alterações degenerativas que caracterizam a deterioração das sementes. A falta de integridade das membranas acarreta lixiviação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos e outras substâncias solúveis em água (MARCOS FILHO, 2005; SPONCHIADO et al., 2014; TUNES et al., 2008). Nesse aspecto, pode-se inferir que as doses de TE nas épocas E₂ e E₃ avaliadas sobre as sementes da cultivar

IPR Artemis causaram menor velocidade no restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição e, em consequência, liberaram maior quantidade de solutos ao meio exterior (MARCOS FILHO, 2005), refletindo, portanto, em sementes com menor qualidade fisiológica, menos vigorosa e mais deteriorada. Bazzo et al. (2018) trabalhando com o TE e diferentes cultivares de aveia branca, observaram que as cultivares submetidas ao TE obtiveram acréscimo nos valores de condutividade elétrica das sementes, em comparação aos tratamentos com ausência de aplicação do trinexapac-ethyl.

Do mesmo modo, a variável emergência de plântulas em areia (EP) apresentou resposta negativa à elevação das doses do TE (Tabela 2 e Figuras 2M e N). Para a época de aplicação E₁ na safra 2019, não ocorreu modificação para esta característica, porém, quando a aplicação do TE ocorre na época E₂, na dose de 150 g ha⁻¹ verificou-se redução de 12,92% para a EP, saindo de 89 % na dose 0 g ha⁻¹, nas três épocas de aplicação, para 77,50% na dose de 150 g ha⁻¹ na época E₂, já para a época E₃, a redução da EP ocorreu a partir da dose de 100 g ha⁻¹, em média 76,75% de EP (Tabela 2 e Figura 2M). Para a safra 2020 observou-se comportamento semelhante à safra 2019 para a variável EP, onde a redução de EP ocorre a partir da dose de 100 g ha⁻¹ nas épocas de aplicação E₂ e E₃ (Tabela 2 e Figura 2N).

De modo geral, os valores obtidos para a característica germinação de sementes, para a cultivar IPR Artemis, nas doses 0 e 50 g de TE por ha⁻¹ independente do estágio de aplicação nas duas safras de cultivo, apresentaram-se acima do padrão estabelecido para comercialização de sementes de aveia branca pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que exige germinação mínima de 80%. No entanto, é importante salientar que, ao interferir negativamente sobre todas as variáveis de germinação e vigor analisadas para a cultivar de aveia branca IPR Artemis, o trinexapac-ethyl afeta a capacidade de emergência e estabelecimento da cultura a campo, podendo gerar perdas na produção.

4.5 CONCLUSÃO

A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹ nas épocas de aplicação E₂ e E₃ aumentou a produtividade de sementes da cultivar IPR Artemis, porém afetou a massa de mil sementes, a porcentagem de germinação e o vigor destas, reduzindo a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, p.241-249, 2007.

- BAZZO, J. H. B.; BARBOSA A. P.; CARDOSO, C. P.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I. C. B. Physiological quality of seeds of white oat cultivars in response to trinexapac-ethyl application. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 49, n. 4, p. 636-643, 2018
- BAZZO, J.H.B.; RIEDE, C.R.; ARRUDA, K.M.A.; CARDOSO, C.P.; FRANZONI, I.; FONSECA, I.C.B.; ZUCARELI, C. Performance of white oat cultivars in response to nitrogen fertilization and trinexapac-ethyl. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p. 2121-2136, 2019.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **SEMENTES: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. The Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 7. ed. Rio de Janeiro, 2006.
- ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.
- GUERREIRO, M. G.; OLIVEIRA, N. C. Produtividade de grãos de aveia branca submetida a doses de trinexapac-ethyl. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**. v. 7, n. 1, p. 27-36, 2012.
- GUSTAFSON, D. J.; GUSTAFSON, D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Competitive relationships of andropogon gerardii (big bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. **Functional Ecology**. v. 18, n. 3, p. 451-457, 2004.
- HAWERROTH, M. C.; SILVA, J. A. G. D.; SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, A. C. D.; LUCHE, H. D. S.; ZIMMER, C. M.; SPONCHIADO, J. C. Lodging reduction in white oat using the plant growth regulator trinexapac-ethyl. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.
- KAPPES, C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R.; ALCALDE, A. M.; VILELA, R. G. Reguladores de crescimento e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de crotalaria. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 180-190, 2012.
- KASPARY, T. E.; LAMEGO, F. P.; BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; PITTOL, D. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de aveia

branca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-21.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.21.

PENCKOWSKI, L. H.; FERNANDES, E. C. **Utilizando regulador de crescimento na cultura de trigo: aspectos importantes para garantir bons resultados**. 3.ed. Castro: Fundação ABC, 2010.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.

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, p. 501-531, 2000.

SAWAN, Z. M.; FAHMY, A. H.; YOUSEF, S. E. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. **Acta Ecologica Sinica**, v. 29, p. 116-123, 2009.

SILVA, J. A. G.; ARENHARDT, E. G.; KRUGER, C. A. M. B.; LUCCHESI, O. A.; METZ, M.; MAROLLI, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe industrial e aproveitamento do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 27-33, 2015.

SILVA, L. P.; CIOCCA, M. L. S. Total, insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains. **Journal Food Compost Anal.**, v. 18, n. 1, p. 113-120, 2005.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 35, n. 4, p. 2405-2414, 2014.

TUNES, L. D.; OLIVO, F., BADINELLI, P. G.; CANTOS, A.; BARROS, A. C. S. A. Testes de vigor em sementes de aveiabranca. **Revista da Faculdade, Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. v. 15, n. 2, p. 94-106, 2008.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. & FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.

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

5 ARTIGO C

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL NA QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA

5.1 RESUMO: A aplicação de trinexapac-ethyl em aveia branca, além de controlar o acamamento pode modificar a arquitetura da planta, o que pode favorecer o bom crescimento e desenvolvimento e a produção de grãos bem formados, grandes e pesados, características que são valorizadas pela indústria de processamento de aveia. No entanto, as respostas dos genótipos de aveia branca quanto ao efeito de doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento podem ser variáveis. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na qualidade industrial de grãos de aveia branca. Os experimentos foram conduzidos no município de Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020. A cultivar de aveia branca avaliada foi a IPR Artemis. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl (0, 50, 100 e 150 g ha⁻¹) e três épocas de aplicação distintas (E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível e E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de nitrogênio, fracionada em duas aplicações de 27 kg ha⁻¹. Foram avaliadas características físicas intimamente relacionadas ao desempenho industrial como: massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo o efeito de doses analisado por regressão até 2º grau. A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduz a qualidade industrial dos grãos (massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos) da cultivar IPR Artemis.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Acamamento. Redutor de crescimento. Descascamento. Qualidade industrial. Rendimento industrial.

ABSTRACT: The application of trinexapac-ethyl in white oats, in addition to controlling lodging, can modify the architecture of the plant, which can favor good growth and development and the production of well-formed, large and heavy grains, characteristics that are valued by the food industry. oat processing. However, the responses of the white oat genotypes regarding the effect of doses and times of application of the growth reducer can be variable. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of different doses and times of application of the growth regulator trinexapac-ethyl on the industrial quality of white oat. The experiment was carried out in the city of Londrina-PR, at the Experimental Station of the Paraná Rural Development Institute (IDR-Paraná) in the 2019 and 2020 harvests. The experimental design adopted was a randomized block with four replications, in a factorial scheme 4 x 3, with four doses of trinexapac-ethyl (0, 50, 100 and 150 g ha⁻¹) and three different application times (E₁: plants with the 1º noticeable node; E₂: plants with the 1º visible node and the 2º perceptible node and E₃: plants with the 2º visible node and the 3º perceptible node. The nitrogen cover fertilization was carried out with 54 kg ha⁻¹ of nitrogen, fractionated in two

applications of 27 kg ha⁻¹. Physical characteristics closely related to industrial performance were evaluated, such as: mass of one thousand grains, hectolitic weight, percentage of grains with thickness greater than two millimeters, peeling index and industrial grain yield. The collected data were submitted to analysis of variance, where the averages were compared by the Tukey test at 5% probability, with the effect of doses being analyzed by regression up to 2°. Doses of 100 and 150 g ha⁻¹, in times of application E₂ and E₃, reduces the industrial quality of grains (mass of a thousand grains, hectolitic weight, percentage of grains with thickness greater than two millimeters, peeling index and industrial grain yield) of the IPR Artemis cultivar.

Keywords: *Avena sativa* L. Lodging. Growth reducer. Productivity. Stripping. Industrial quality. Industrial income

5.2 INTRODUÇÃO

A crescente procura por grãos e derivados de aveia de qualidade na alimentação humana estimulou os programas de melhoramento genético no Sul do Brasil a selecionarem genótipos com características superiores de grãos (BOTHONA; MILACH; THOMÉ, 2002). De maneira geral, esses programas têm buscado agrupar nas cultivares atributos físicos, nutricionais e funcionais que atendam às exigências do mercado consumidor; que proporcionem a obtenção de grãos com superior qualidade industrial e que, além disso, essas cultivares apresentem alto potencial de rendimento, menor ciclo e melhor adaptação agrônômica aos diferentes ambientes de cultivo (CRESTANI et al., 2010). Desta forma, o melhor desempenho de uma lavoura de cereais de inverno é alcançado pela elevada produtividade e qualidade de grãos que, para atender às exigências das indústrias, precisam ser bem formados, grandes, pesados e uniformes; com isso alcançarem alto rendimento industrial (ALVES; KIST, 2010).

A qualidade física e industrial do grão de aveia, que diz respeito às características morfológicas que irão influenciar diretamente o beneficiamento industrial (DE FRANCISCO; BEBER; FULCHER, 2002), vem sendo realizada por meio de diversos critérios, sendo eles: o peso do hectolitro (PH), a massa de mil grãos (MMG), a proporção de grãos com espessura maior que dois milímetros (IG>2mm) e o índice de descasque (ID) (BRASIL, 1975). Além disso, estes dois últimos parâmetros, juntos com o rendimento de grãos, definirão o rendimento industrial (RIG), também denominado Avenacor (FLOSS; HAUBERT; ZANATTA, 2002), o qual expressa a porcentagem de produto obtido para a produção de diversos alimentos a partir de amostras de grãos integrais (CBPA, 2014).

Problemas como o acamamento em cultivares de aveia branca são frequentes, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos (ZAGONEL;

FERNANDES, 2007). Contudo, o emprego de reguladores de crescimento como o trinexapac-ethyl, vem se tornando uma estratégia para contornar esse problema, o que pode favorecer o bom crescimento e desenvolvimento da planta e a produção de grãos bem formados, grandes e pesados, características que são valorizadas pela indústria de processamento de aveia.

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas que vem ganhando importância para melhoria da eficiência produtiva das espécies cultivadas (PAGLIOSA et al., 2013), sendo geralmente utilizados como uma alternativa de controle para o acamamento de plantas (TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003), sem diminuição do rendimento de grãos (RADEMACHER, 2000). Dentre eles, destaca-se o trinexapac-ethyl, que age nas plantas diminuindo a alongação dos entrenós; atua no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001) por meio da inibição da enzima 3 β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁), resultando no aumento de seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA₁), que atua na alongação dos internódios, é a causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

O uso de trinexapac-ethyl pode influenciar a qualidade industrial de grãos de aveia branca, com respostas variáveis de acordo com as doses e épocas de aplicação, e das condições edafoclimáticas da região de cultivo. Penckowski e Fernandes (2010), trabalhando com diferentes doses e épocas de aplicação do ingrediente ativo trinexapac-ethyl nas cultivares de aveia branca URS Guapa, URS Guria, URS Tarimba e IAC 7, verificaram que a aplicação do regulador vegetal aumentou o rendimento industrial de grãos, entretanto, diferentes níveis de respostas foram observados em função da dose, da época de aplicação ou da cultivar utilizada.

Em estudo realizado por Almeida et al. (2012), com aveia granífera sob diferentes doses de trinexapac-ethyl, ficou demonstrado que à medida que se aumenta a dose do redutor, o peso do hectolitro tende a diminuir, não sendo porém registrada alteração da massa de mil grãos.

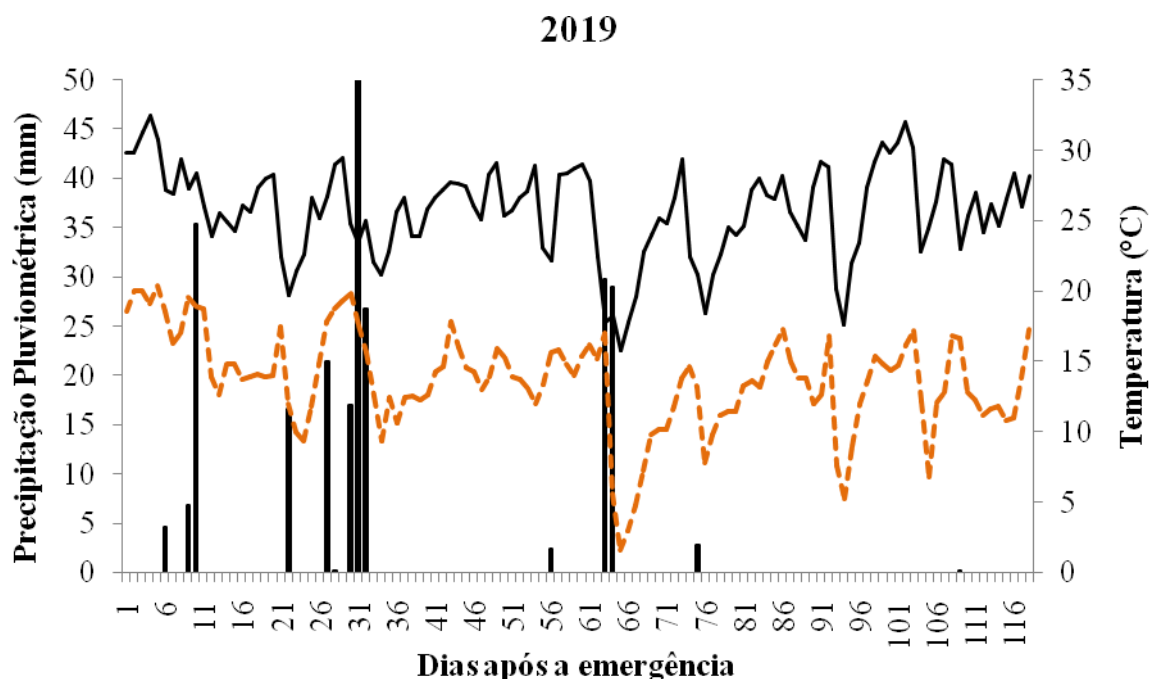
O uso de trinexapac-ethyl na cultura da aveia branca pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos negativos do acamamento e assim favorecer a qualidade industrial de grãos. No entanto, nos cereais cuja utilização do trinexapac-ethyl já está consolidada, as respostas às doses e às épocas de aplicação do produto são variáveis de acordo com o genótipo e o ambiente de cultivo. Com isso, espera-se que para a aveia também sejam necessárias recomendações personalizadas.

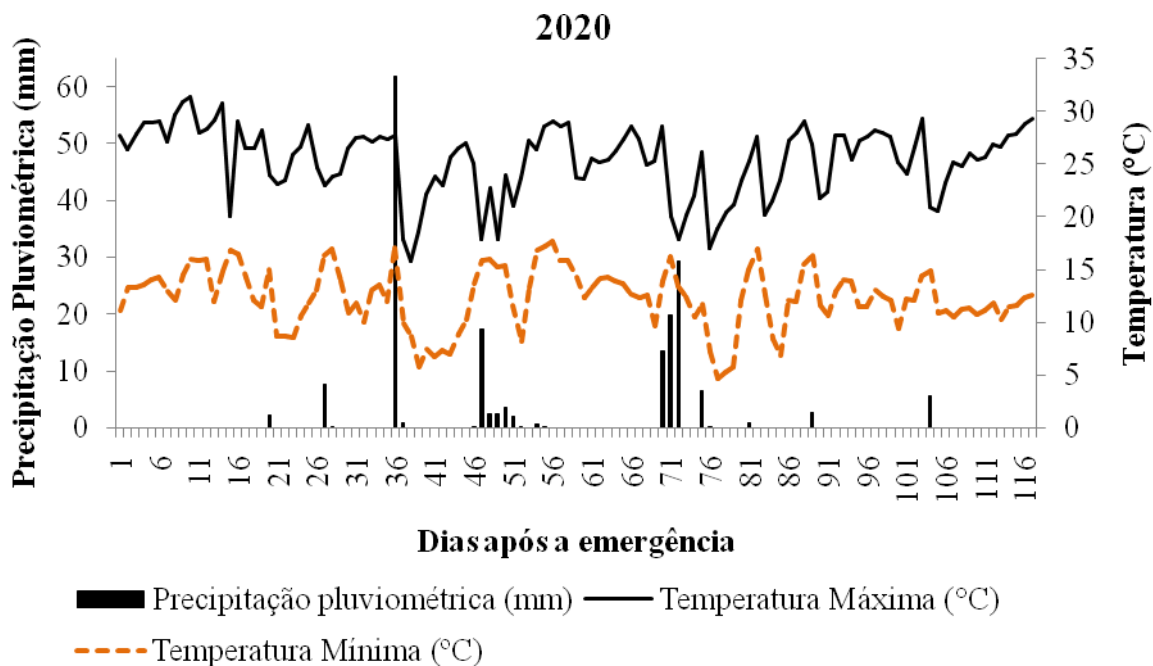
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na qualidade industrial de grãos de aveia branca.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2019 e 2020, na Estação Experimental do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER situada no município de Londrina-PR (coordenadas geográficas: 23° 23' S e 51° 11' O e altitude de 545 m). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2006), e o clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. As temperaturas máximas e mínimas e a precipitação pluviométrica, durante a condução do experimento, são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Dados médios diários de temperatura e precipitação pluvial para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR, nas safras 2019 e 2020.





As características químicas do solo, nas profundidades de 0-20 cm, foram determinadas antes da instalação dos experimentos. Sendo, na safra 2019, representadas por: pH (CaCl₂) 5,00; 5,21 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,31 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,98 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,59 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 29,33 mg dm⁻³ de P e 16,98 g dm⁻³ de matéria orgânica; na safra 2020, por: pH (CaCl₂) 4,85; 5,96 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,76 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,65 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,61 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 31,09 mg dm⁻³ de P e 15,92 g dm⁻³ de matéria orgânica.

No experimento foi avaliado a cultivar de aveia granífera IPR Artemis, desenvolvida pelo Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR e lançada no ano de 2016. Essa cultivar apresenta ciclo médio (tempo médio para a maturação 117 dias), moderada resistência ao acamamento e estatura média de 100 cm.

A semeadura mecanizada foi realizada no sistema de plantio direto, em sucessão ao cultivo de soja, nas duas safras. Sendo a safra 2019 semeada em 03/05/2019, com emergência em 14/05/2019 e colheita em 28/08/2019; a safra 2020 foi semeada em 17/04/2020, com emergência em 25/04/2020 e colheita em 11/08/2020. A adubação de base foi constituída da aplicação de 200 kg ha⁻¹ de NPK, fórmula 10-30-10. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com 54 kg ha⁻¹ de N, fracionada em duas aplicações, sendo 27 kg ha⁻¹ dez dias após a emergência, e outros 27 kg ha⁻¹ cinco dias após a primeira aplicação, sendo feita de forma manual, a lanço. O controle de doenças foliares e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da aveia.

Cada unidade experimental (parcela) foi composta por 6 linhas de 5m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,17m, e com densidade de 300 sementes viáveis m⁻², considerando-se como área útil as 4 linhas centrais da parcela.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de trinexapac-ethyl e três épocas de aplicação. As doses de trinexapac-ethyl avaliadas foram: 0, 50, 100 e 150 g ha⁻¹ do produto comercial Moddus[®]. A aplicação de trinexapac-ethyl foi realizada em três épocas de aplicação distintas das plantas: E1) plantas com o 1º nó perceptível; E2) plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E3) quando as plantas apresentaram o 2º nó visível e 3º nó perceptível. A aplicação foi feita por meio de pulverizador costal à pressão constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂ comprimido, munido de duas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-020, com volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

A colheita foi realizada após os grãos atingirem a maturação de colheita, estágio caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e grãos com umidade abaixo de 20%.

Adicionalmente, foram avaliadas características físicas intimamente relacionadas ao desempenho industrial como:

- ✓ Massa de mil grãos (MMG): obtida mediante a contagem e pesagem de cinco repetições de 100 grãos por parcela. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de mil grãos (BRASIL, 2009).
- ✓ Peso hectolítrico (PH): determinado em balança hectolétrica com capacidade de um quarto de litro de grãos. Foram realizadas duas repetições, retiradas da amostra média de cada parcela. O resultado foi expresso em kg hL⁻¹ (BRASIL, 2009).
- ✓ Índice de grãos maiores que dois mm (IG>2mm): determinado por peneiramento de uma amostra de 50 gramas de grãos por repetição, em peneira oblonga de malha com orifícios de espessura de dois milímetros de largura (FLOSS; HAUBERT; ZANATTA, 2002). Os dados foram expressos em porcentagem (%) e foram calculados pela seguinte fórmula:

$$IG > 2mm = \frac{MG > 2mm}{50} \times 100$$

Onde:

IG > 2mm = índice de grãos com espessura maior que 2 mm (%); MG > 2 mm = massa de grãos maiores que 2 mm (g).

- ✓ Índice de descasque (ID): Uma amostra por parcela composta por 50 gramas de grãos maiores que dois milímetros foram introduzidos em descascador de laboratório (Codema Inc., USA) por um período de 75 segundos. Após a separação da casca as cariopses foram pesadas. Os dados foram expressos em porcentagem (%) e foram calculados pela seguinte fórmula:

$$ID = \frac{MC}{50} \times 100$$

Onde:

ID = índice de descascamento (%);

MC= massa da cariopse “grãos descascados” (g).

- ✓ Rendimento industrial de grãos (RIG): foi determinado pela multiplicação entre o rendimento de grãos, o índice de grãos maiores que dois milímetros de espessura e o índice de descasque (FLOSS; HAUBERT; ZANATTA, 2002), expresso em kg ha⁻¹ e obtido segundo a seguinte fórmula:

$$RIG = RG \times IG > 2\text{mm} \times ID$$

Onde:

RIG = rendimento industrial de grãos;

RG = rendimento de grãos;

IG > 2 mm = índice de grãos maiores que 2 mm;

ID = índice de descascamento.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e submetidas à análise de regressão até 2º grau, a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa computacional Genes (Cruz, 2013).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na análise de variância que na safra 2019, houve interação significativa para os fatores época e doses de TE, para todas as variáveis estudadas (Tabela 1). Já na safra 2020, houve interação significativa para os efeitos de época e doses de TE para a variável PH; efeito de dose isolado para as variáveis IG>2mm, ID e RIG; já para a variável MMG não foi observado efeito significativo de época, doses de TE e da interação entre estes

fatores (Tabela 1). Os coeficientes de variação ambiental estimados nas safras 2019 e 2020 variaram de 1,61 a 10,89 indicando adequada precisão experimental na condução do ensaio.

Tabela 1 – Valores do quadrado médio da análise de variância e estimativa dos coeficientes de variação (CV) para cinco características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis, considerando diferentes doses de trinexapac-ethyl e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

Ano	Fonte de Variação		Quadrado Médio				
	Variação	GL	MMG (g)	PH (kg hL ⁻¹)	IG>2mm (%)	ID (%)	RIG (kg ha ⁻¹)
2019	Bloco	3	0,61 ^{ns}	0,30 ^{ns}	4,14 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1760,57 ^{ns}
	Dose	3	22,05 ^{**}	67,71 ^{**}	236,62 ^{**}	114,42 ^{**}	542119,68 ^{**}
	Época	2	3,51 ^{**}	24,81 ^{**}	67,44 ^{**}	31,66 ^{**}	101369,77 ^{**}
	D x E	6	4,57 ^{**}	14,02 ^{**}	35,26 ^{**}	9,37 [*]	51663,93 [*]
	Resíduo	33	0,44	0,83	5,95	3,64	17414,83
	CV (%)		2,19	1,61	3,88	2,61	5,56
	Média		30,5	56,63	62,84	72,98	2373,39
2020	Bloco	3	2,64 ^{ns}	2,85 ^{ns}	5,47 ^{ns}	1,45 ^{ns}	177785,38 ^{ns}
	Dose	3	12,95 ^{ns}	25,82 ^{**}	56,91 [*]	93,37 [*]	517831,83 [*]
	Época	2	9,10 ^{ns}	12,78 [*]	14,25 ^{ns}	21,96 ^{ns}	35398,38 ^{ns}
	D x E	6	3,64 ^{ns}	5,83 ^{ns}	17,85 ^{ns}	45,88 ^{ns}	22843,82 ^{ns}
	Resíduo	33	5,51	3,28	14,95	20,97	139359,09
	CV (%)		7,31	3,79	4,81	6,18	10,89
	Média		32,11	47,78	80,31	73,99	3425

*/** : significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo;

CV: coeficiente de variação;

Variáveis: MMG: massa de mil grãos; PH: peso hectolítrico; IG>2mm: índice de grãos maiores que dois milímetros; ID: índice de descasque; RIG: rendimento industrial de grãos.

É possível observar que a massa de mil grãos (MMG) foi afetada negativamente na safra 2019 pela aplicação do TE (Tabela 2 e Figura 2A). Nota-se que na época de aplicação E₂, a dose de 150 g ha⁻¹ proporcionou redução de 11,54% para esta característica, quando comparado a dose de 0 g ha⁻¹. De maneira similar, para a época E₃ ocorreu uma redução de 10,11% para esta característica a partir da dose de 100 g ha⁻¹. Bazzo et al. (2019), estudando doses de TE e de N em cultivares de aveia branca, em dois ambientes de cultivo (Mauá da Serra e Londrina-PR), observaram que a cultivar IPR Artemis sofreu uma redução na MMG com a utilização do TE no município de Mauá da Serra. Kaspary et al. (2015) relataram que a utilização de 150 g de TE ha⁻¹ interferiu na massa de mil grãos de cultivares de aveia branca. Zagonel, Fernandes e Kunz (2002) e Zagonel et al. (2002), trabalhando com diferentes cultivares de trigo e doses de N, verificaram influência negativa do redutor sobre a massa de mil grãos, independente da cultivar. A redução na massa de mil grãos indica menores quantidades de reservas armazenadas nesses grãos, o que poderá influenciar na

germinação e no vigor das sementes. Geralmente, as sementes que têm mais vigor podem germinar e emergir mais rapidamente sob condições adversas (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

A ausência de resposta da massa de mil grãos ao redutor de crescimento no experimento conduzido em 2020 pode ser explicada pela ocorrência de fatores compensatórios existentes entre os componentes de produção, que podem se relacionar de forma negativa, promovendo o incremento de uns e decréscimo de outros, visando alcançar a melhor combinação entre esses componentes para obtenção de rendimento de grãos satisfatório, como citam Cánovas e Trindade (2003). Neste estudo, os resultados obtidos demonstram que a massa de mil grãos foi influenciada pelas safras e pelas práticas de manejo empregadas na cultura.

Tabela 2 - Valores médios de quatro características avaliadas na cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.

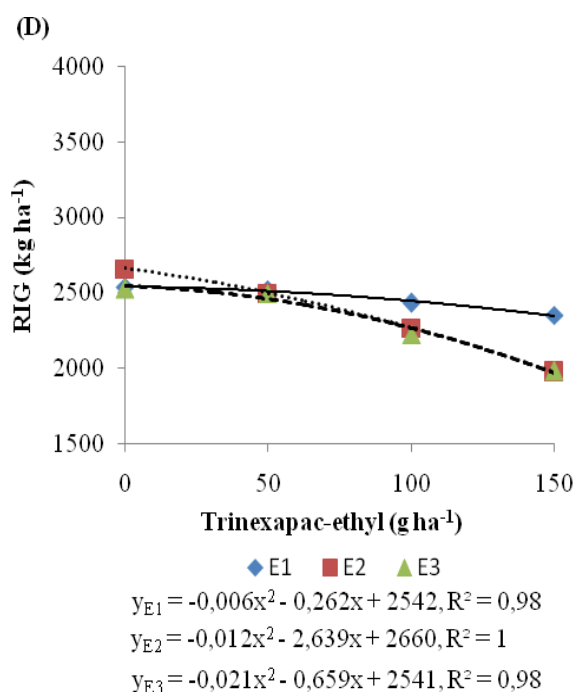
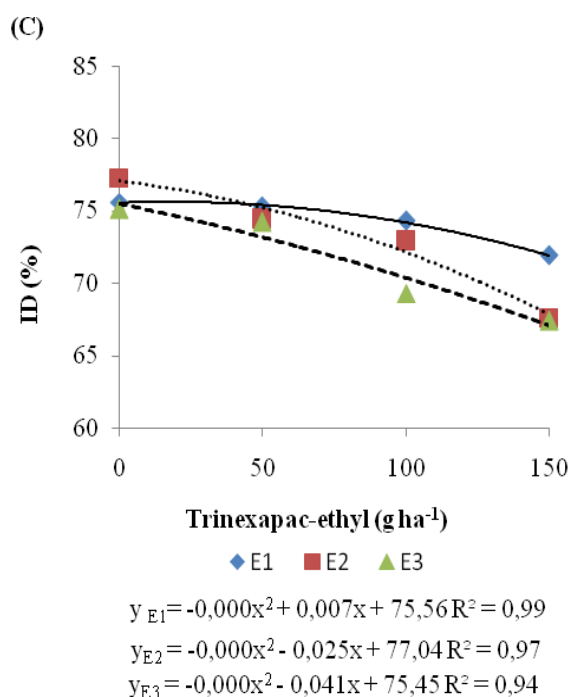
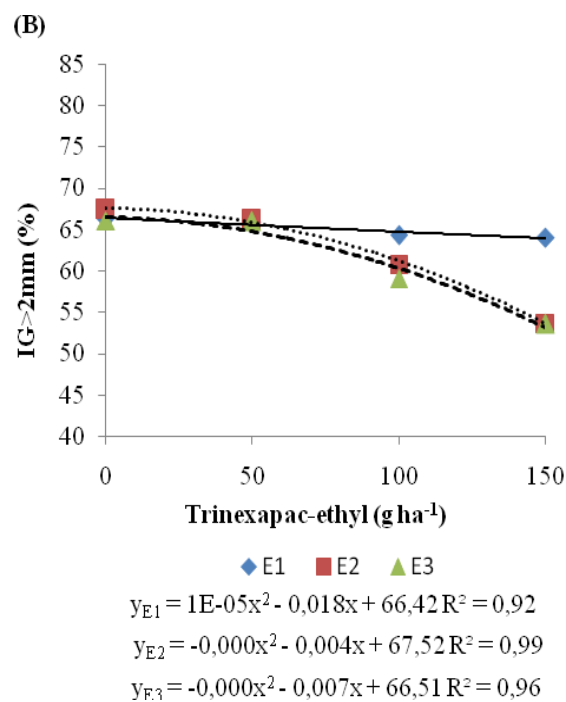
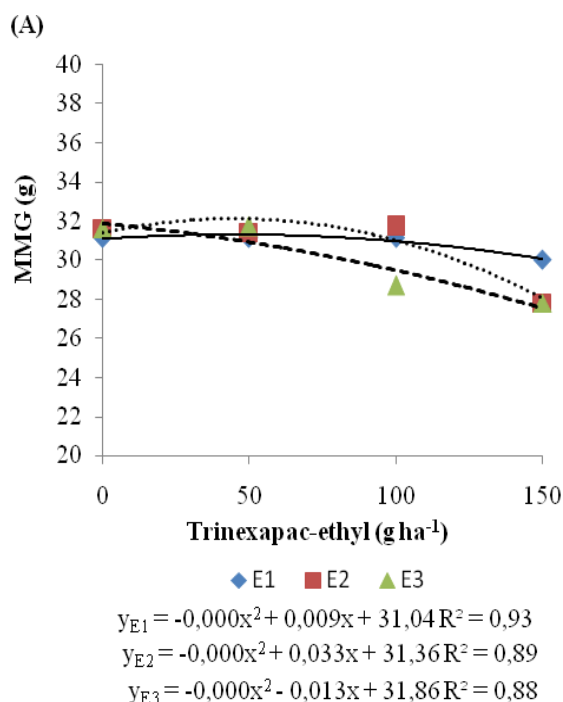
Variável ¹	Época de aplicação ²	Safrá 2019			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150
MMG (g)	E ₁	31,1 a	31,1 a	31,1 a	30,1 a
	E ₂	31,6 a	31,4 a	31,7 a	27,8 b
	E ₃	31,6 a	31,7 a	28,7 b	27,8 b
IG>2mm (%)	E ₁	66,3 a	65,9 a	64,3 a	64,0 a
	E ₂	67,4 a	66,2 a	60,8 ab	53,7 b
	E ₃	66,1 a	66,0 a	59,1 b	53,6 b
ID (%)	E ₁	75,6 a	75,3 a	74,3 a	71,9 a
	E ₂	77,3 a	74,4 a	72,9 a	67,6 b
	E ₃	75,1 a	74,2 a	69,3 b	67,4 b
RIG (kg ha ⁻¹)	E ₁	2538 a	2523 a	2435 a	2351 a
	E ₂	2659 a	2498 a	2266 a	1976 b
	E ₃	2528 a	2497 a	2224 a	1982 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹Variável: MMG: massa de mil grãos; IG>2mm: índice de grãos maiores que dois milímetros; ID: índice de descasque; RIG: rendimento industrial de grãos.

²Época de aplicação: E₁: plantas com o 1° nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1° nó visível e o 2° nó perceptível; E₃: plantas com o 2° nó visível e 3° nó perceptível.

Figura 2 - MMG: massa de mil grãos; índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm); índice de descasque (ID); rendimento industrial de grãos (RIG) da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2019.



E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

Observa-se que a característica peso hectolitro (PH) apresentou comportamento semelhante nas duas safras de avaliação (Tabela 3 e Figuras 3A e B). Para a época de aplicação E₁ em ambas as safras não ocorreram modificações para esta característica, porém, quando a aplicação do TE ocorreu na época E₂, na dose de 150 g ha⁻¹ o PH foi reduzido em 12,19% e 8,51%, nas safras 2019 e 2020, respectivamente. Considerando-se a época de

aplicação E₃, o efeito negativo do redutor na variável PH pôde ser observado já a partir da dose de 100 g ha⁻¹. Ao relacionarmos a MMG com o PH observamos o mesmo comportamento, frente ao regulador de crescimento. Resultados semelhantes são relatados por Guerreiro e Oliveira (2012) e Souza et al. (2014), que, em estudos com aveia branca, observaram redução na MMG e PH em função das doses de trinexapac-ethyl. Já Schwarz et al. (2015), objetivando avaliar o efeito da fertilização nitrogenada e a utilização do redutor de crescimento trinexapac-ethyl nos caracteres agronômicos de três cultivares de trigo (TBIO Mestre, TBIO Iguazú e TBIO Itaipú), não encontraram efeito significativo das doses de N sobre a massa de mil grãos, porém observaram resposta positiva desta variável a aplicação do fitorregulador, independente da cultivar.

Tabela 3 - Valores médios do peso hectolítrico da cultivar de aveia branca IPR Artemis sob quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.

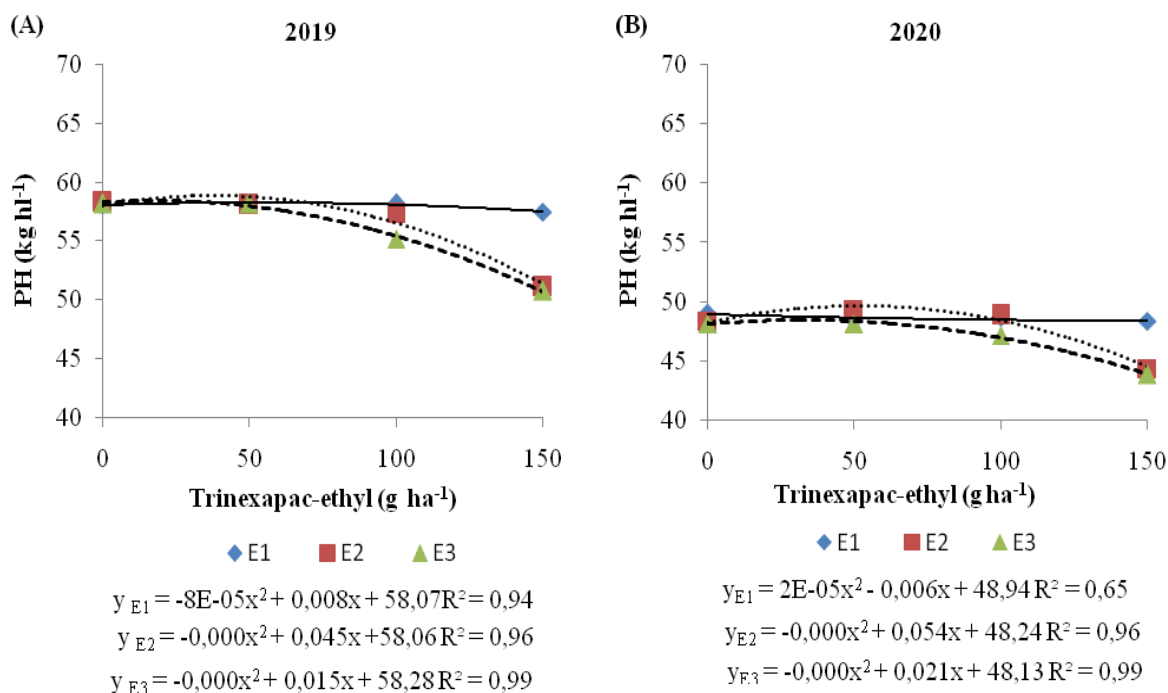
Variável ¹	Época de aplicação ²	Safrá 2019				Safrá 2020			
		Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)				Trinexapac-ethyl (g ha ⁻¹)			
		0	50	100	150	0	50	100	150
PH (kg hL ⁻¹)	E ₁	58,1 a	58,2 a	58,2 a	57,5 a	49,0 a	48,5 a	48,7 a	48,4 a
	E ₂	58,3 a	58,1 a	57,3 a	51,1 b	48,4 a	49,2 a	48,9 a	44,4 b
	E ₃	58,2 a	58,2 a	55,2 b	50,8 b	48,2 a	48,2 a	47,2 a	43,9 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹Variável: PH: peso hectolítrico

²Época de aplicação: E₁: plantas com o 1° nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1° nó visível e o 2° nó perceptível; E₃: plantas com o 2° nó visível e 3° nó perceptível.

Figura 3 - Peso hectolítrico (PH) da cultivar IPR Artemis em função da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação. Londrina-PR, safras 2019 e 2020.



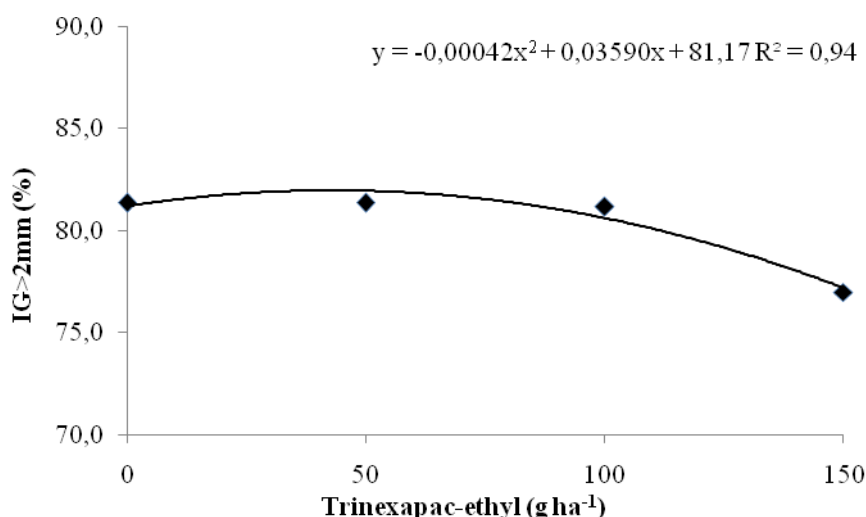
E₁: plantas com o 1º nó perceptível; E₂: plantas na fase de alongação do colmo, entre o 1º nó visível e o 2º nó perceptível; E₃: plantas com o 2º nó visível e 3º nó perceptível.

Para a safra 2019, nota-se que o TE na dose de 150 g ha⁻¹ promoveu redução do índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm) na ordem de 19,37 e 19,52% nas épocas de aplicações E₂ e E₃, respectivamente (Tabela 2 e Figura 2B). Ainda em relação a IG>2mm, porém, para a safra 2020, observa-se que ocorreu ajuste à função quadrática em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento TE, em três épocas de aplicação (Figura 4). Com a aplicação do trinexapac-ethyl, o ponto de máxima (82,30%) foi obtido na dose estimada de 42,74 g ha⁻¹ (Figura 4). Constata-se, que com o uso de doses crescentes do regulador de crescimento, houve uma redução no IG>2mm da cultivar IPR Artemis. Este resultado pode ter ocorrido devido à influência do trinexapac-ethyl na redução da estatura e na modificação da arquitetura foliar das plantas, o que, provavelmente, possibilitou melhor captação de luminosidade, fator que estimula o desenvolvimento de perfilhos férteis e, consequentemente, o maior número de panículas m⁻². Castro e Kluge (1999) afirmam que o perfilhamento em gramíneas anuais é favorecido pela alta intensidade luminosa. Neste caso, o aumento de perfilhos e de unidades reprodutivas por área aumenta a competição na partição de nutrientes e fotoassimilados na planta, dificultando o adequado enchimento de grãos e favorecendo a formação de grãos com menor espessura.

Souza et al. (2014), avaliando a resposta de caracteres agrônômicos e a qualidade industrial de diferentes genótipos de aveia branca granífera, quanto à aplicação do

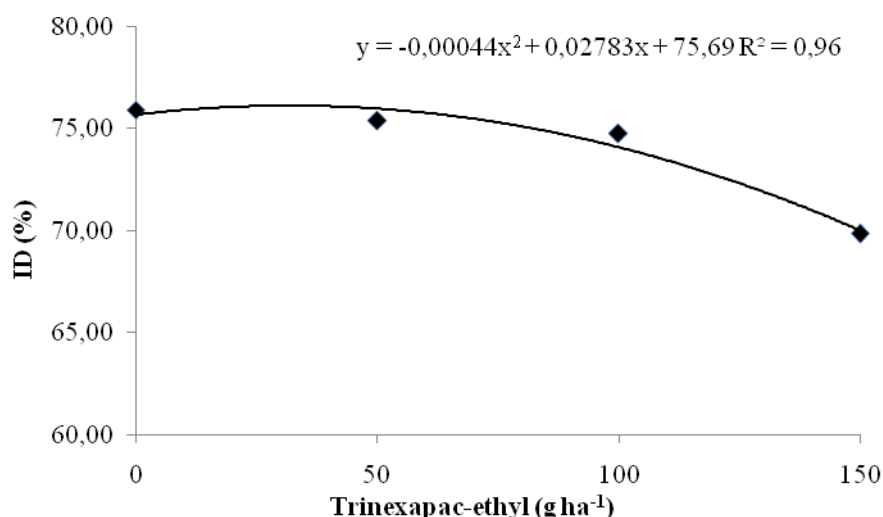
reductor de crescimento trinexapac-ethyl, não encontraram influência do fitorregulador sobre a espessura dos grãos.

Figura 4 - IG>2mm: índice de grãos maiores que dois milímetros da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.



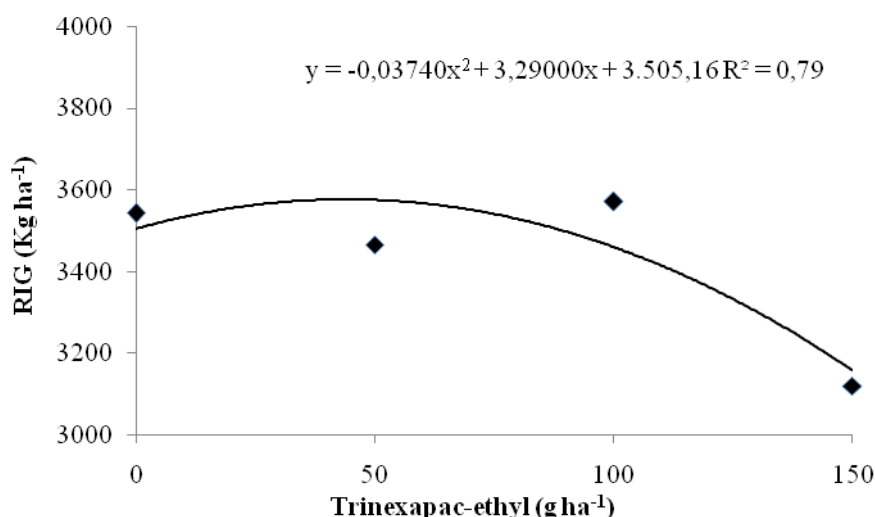
Observa-se que o índice de descasque (ID) na safra 2019, não se modificou para a época de aplicação E₁, porém, quando a aplicação do TE ocorre na época E₂, na dose de 150 g ha⁻¹, nota-se redução de 11,05% para o ID; já para a época E₃, a redução do ID ocorreu a partir da dose de 100 g ha⁻¹ em média 10,07% (Tabela 2 e Figura 2C). Ainda em relação ao ID, porém, para a safra 2020, observa-se que ocorreu ajuste a função quadrática em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento TE, em três épocas de aplicação (Figura 5). Com a aplicação do trinexapac-ethyl, o ponto de máxima (75,90%) foi obtido na dose estimada de 31,63 g ha⁻¹ (Figura 5). Souza et al. (2014), trabalhando com três cultivares de aveia branca granífera (UPFA Gaudéria, UPF 18 e URS Guria) e quatro doses do regulador vegetal trinexapac-ethyl (0, 50, 100 e 150 g ha⁻¹), encontraram resposta apenas da cultivar UPF 18, a qual apresentou ajuste quadrático do índice de descascamento em função do incremento das doses do reductor de crescimento. Neste trabalho, os autores observaram que a maior porcentagem de grãos descascados (54,41%) foi obtida na dose estimada de 60,56 g ha⁻¹ do ingrediente ativo.

Figura 5 - ID: índice de descasque da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.



A característica rendimento industrial de grãos (RIG) na safra 2019, foi influenciada de forma negativa pela utilização do TE nas épocas de aplicação E₂ e E₃, na dose de 150 g ha⁻¹ com redução média de 23,14% (Tabela 2 e Figura 2D). Na safra 2020, foi possível observar que a característica RIG se ajustou à função quadrática em resposta ao uso de quatro doses do regulador de crescimento TE, em três épocas de aplicação (Figura 6). Com a aplicação do trinexapac-ethyl, o ponto de máxima (3.542,0 kg ha⁻¹) foi obtido na dose estimada de 43,98 g ha⁻¹ (Figura 6). Penckowski e Fernandes (2014), trabalhando com diferentes doses e épocas de aplicação do ingrediente ativo trinexapac-ethyl nas cultivares de aveia branca URS Guapa, URS Guria, URS Tarimba e IAC 7, verificaram que a aplicação do regulador aumentou o rendimento industrial de grãos, entretanto, diferentes níveis de respostas foram observados em função da dose, da época de aplicação ou da cultivar utilizada.

Figura 6 - RIG: rendimento industrial de grãos da cultivar IPR Artemis em função da aplicação de quatro doses de trinexapac-ethyl em três épocas de aplicação. Londrina-PR, safra 2020.



A CBPA (2014) sugere dois níveis de classificação para o índice de grãos maiores que dois milímetros: tipo 1 com no mínimo 75% dos grãos com espessura maior que dois milímetros; tipo 2 e tipo 3 com menos de 75% dos grãos com espessura maior que dois milímetros. Além da espessura dos grãos, a diferença entre os tipos é dada pela porcentagem de grãos manchados e/ou escuros, grãos avariados, impurezas e materiais estranhos e acidez dos grãos. Observando os resultados deste trabalho, verifica-se que o valor máximo (67,4%) obtido para a espessura dos grãos na safra 2019, foi na dose 0 g ha⁻¹ (Tabela 2 e Figura 2B), porém, não se enquadra nos níveis de classificação tipo 1. Por outro lado, na safra 2020 o único tratamento que não se enquadrava no tipo 1 foi a dose 150 g ha⁻¹ na época de aplicação E₃. Sob este tratamento, apenas 73,7% dos grãos da cultivar IPR Artemis apresentaram espessura superior a dois milímetros (Figura 4).

Visto isto, nota-se que os testes que caracterizaram a qualidade industrial dos grãos evidenciou diferenças entre as safras, demonstrando a influência do ambiente sobre o desenvolvimento das características físicas dos grãos.

Dessa maneira, fica claro que as características edafoclimáticas das safras afetam de forma direta o crescimento, o desenvolvimento e o desempenho produtivo do genótipo avaliado, bem como as repostas deste ao manejo adotado e a interação entre eles. Essas informações são de extrema importância para a formulação de recomendações para o cultivo de aveia, devendo-se tomar a cautela necessária para a escolha adequada dos materiais genéticos melhor adaptados as distintas regiões de cultivo e a adoção do manejo correto, a fim de se utilizar com eficiência os insumos aplicados na cultura, em busca da redução de perdas e maiores rendimentos.

Diante do exposto, o TE impacta de forma negativa a qualidade industrial dos grãos da cultivar IPR Artemis.

5.5 CONCLUSÃO

A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduziu a qualidade industrial dos grãos (massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos) da cultivar IPR Artemis.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. L.; DE, FOSTIM, M. L.; STOETZER, A. Ensaio aplicação de redutor de crescimento em aveia branca 2011. In: XXXII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa da Aveia, 32.: 2012, Passo Fundo, 2012.
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (¹⁵N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.
- ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espiguetta de aveia branca (*Avena Sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 29-33, 2010.
- BAZZO, J.H.B.; RIEDE, C.R.; ARRUDA, K.M.A.; CARDOSO, C.P.; FRANZONI, I.; FONSECA, I.C.B.; ZUCARELI, C. Performance of white oat cultivars in response to nitrogen fertilization and trinexapac-ethyl. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p. 2121-2136, 2019.
- BOTHONA, C. A.; MILACH, S. C. K.; THOMÉ, G. H. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 73-80, 2002.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura. Legislação aplicada à agricultura classificação de produtos vegetais**. Portaria Ministerial n. 191 de 14 de abril de 1975.
- CÁNOVAS, A. D.; TRINDADE, M. G. **Efeito de níveis de nitrogênio e frequência de aplicação de água na produtividade e na aptidão industrial do trigo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 2p. (Comunicado técnico, 70).
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999.

CBPA - COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações técnicas para cultura da aveia:** XXXIV Reunião Da Comissão Brasileira De Pesquisa De Aveia: Fundação ABC, 2014. 136 p.

CRESTANI, M.; DE CARVALHO, F. I. F.; DE OLIVEIRA, A. C.; DA SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARBIERI, R. L.; BARETTA, D. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 261-268, mar. 2010.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. The Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

DE FRANCISCO, A.; BEBER, R. C.; FULCHER, R. G.; MEDIN, T.; ALVES, A. C. Estudo comparativo de cultivares de aveia (*Avena sativa* L.) do sul do Brasil: Efeito da morfologia do grão no rendimento industrial. **Científica Venezuelana**, Caracas, v. 53, n. 3, p. 195-201, 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 7. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FLOSS, E. L.; HAUBERT, S. A.; ZANATTA, F. S. Rendimento corrigido pela qualidade industrial do grão de aveia - Avenacor. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22, 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: UPF, 2002. p. 553-558.

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

NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI, A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cellfree systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology**, v. 31, n. 8, p. 1183-1190, 1990.

PAGLIOSA, E. E.; BENIN, G.; BIEZUS, E.; BECHE, E.; SILVA, C. L.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T. N. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013.

PENCKOWSKI, L. H.; FERNANDES, E. C. Época de aplicação e dose para o regulador de crescimento trinexapac-ethyl em cultivares de aveia branca. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 34, 2014, Castro. **Resultados Experimentais**. Castro. CD-ROM.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p.1492-1499, 2010.

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

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.

SOUZA, C. A.; SPONCHIADO, J. C.; CORREA, C.; MENDES, M.; TORMEM, M. E.; LÂNGARO, N. C.; PACHECO, M. T. Desempenho agrônômico e qualidade industrial de cultivares de aveia branca em função de doses de trinexapac-ethyl. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 34, 2014, Castro. **Resultados Experimentais**. Castro. CD-ROM.

TEIXEIRA, C. C. M.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

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

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

6 CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduz os valores dos componentes da panícula: comprimento de panículas, número de espiguetas por panículas e grãos por panículas das cultivares IPR Artemis e URS Corona. No entanto, reduz a altura de plantas e aumenta o número de panículas m⁻² e a produtividade das duas cultivares de aveia branca. Adicionalmente, nestas doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento tem-se ainda significativa redução do acamamento das cultivares testada.

Os resultados obtidos com a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas E₂ e E₃, nos fornecem um intervalo de segurança para a aplicação do regulador de crescimento que possibilita a redução do acamamento de plantas sem comprometer o rendimento de grãos.

A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹ nas épocas de aplicação E₂ e E₃ aumentou a produtividade de sementes da cultivar IPR Artemis, porém afetou a massa de mil sementes a porcentagem de germinação e o vigor destas, reduzindo a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas.

A aplicação do trinexapac-ethyl nas doses de 100 e 150 g ha⁻¹, nas épocas de aplicação E₂ e E₃, reduziu a qualidade industrial dos grãos (massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos) da cultivar IPR Artemis.

Conclui-se que a utilização do trinexapac-ethyl nas doses de 100 a 150 g ha⁻¹ pode ser uma ferramenta eficiente para reduzir o acamamento de plantas e potencializar o rendimento de grãos na cultura da aveia branca; que as épocas de aplicação de 1º nó visível e 2º nó perceptível até 2º nó visível e 3º nó perceptível são adequadas para atender estes propósitos. No entanto, o uso do trinexapac-ethyl afeta negativamente a qualidade fisiológica de sementes e a qualidade industrial da cultivar de aveia branca IPR Artemis.