

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Expressão dos descritores de *Avena* spp. em resposta à aplicação de
trinexapac-ethyl em *Avena sativa***

Keli Olivia Poletto

Passo Fundo

2019

Keli Olivia Poletto

Expressão dos descritores de *Avena* spp. em resposta à aplicação de trinexapac-ethyl em
Avena sativa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestra em Agronomia.

Orientadora:

Profa. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso

Coorientadora:

Profa. Dra. Nadia Canali Lângaro

Passo Fundo

2019

CIP – Catalogação na Publicação

P765e Poletto, Keli Olivia

Expressão dos descritores de *Avena* spp. em resposta à aplicação de trinexapac-ethyl em *Avena sativa* / Keli Olivia Poletto. – 2019.

82 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso.

Coorientadora: Profa. Dra. Nadia Canali Lângaro.

Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2019.

1. Aveia - Plantio. 2. Crescimento (Plantas). 3. Tecnologia de sementes. I. Basso, Simone Meredith Scheffer, orientadora. II. Lângaro, Nadia Canali, coorientadora. III. Título.

CDU: 633.13

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

"Expressão dos descritores de *Avena* spp. em resposta à aplicação de trinexapac-ethyl em *Avena sativa*"

Elaborada por

Keli Olivia Poletto

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestra em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

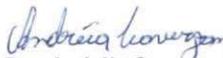
Aprovada em: 27/02/2019
Pela Comissão Examinadora


Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Presidente da Comissão Examinadora
Orientadora


Dr. Alfredo do Nascimento Junior
Embrapa Trigo


Dra. Nadia Canali Lângaro
Coorientadora
UPF


Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia


Dra. Andréia Caverzan
UPF


Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor FAMV

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por estar sempre presente e por me darem apoio em todas as etapas da minha vida.

À minha orientadora, professora Dra. Simone Meredith Scheffer Basso que com seu conhecimento, inteligência, generosidade, carinho, dedicação e disponibilidade me ajudou a concretizar esse sonho.

À minha coorientadora Professora Dra. Nadia Canalli Lângaro, por compartilhar seu conhecimento e pelo o carinho e apoio recebido.

À equipe do Laboratório Multidisciplinar Vegetal/ICB e à equipe do Programa de Melhoramento em Aveia/UPF, pelo o auxílio recebido.

A todos os que não estão aqui mencionados, mas que de alguma maneira contribuíram para a minha formação, sou muito grata!

EPIGRAFE

“Estar decidido acima de qualquer coisa é o segredo do êxito”. (Henry Ford)

RESUMO

POLETTO, Keli Olivia. Expressão dos descritores de *Avena* spp. em resposta à aplicação de trinexapac-ethyl em *Avena sativa*. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

O acamamento é um dos fatores que podem limitar a produção e a qualidade dos grãos de aveia-branca (*Avena sativa* L.), o que poderia ser controlado com uso do trinexapac-ethyl. O uso desse produto em campos certificados para produção de sementes seria altamente benéfico caso não ocorresse alterações na expressão dos descritores e com isso ocasionar dificuldades na identificação da cultivar, o que poderia acarretar o cancelamento do campo de produção. O objetivo deste estudo foi verificar se o trinexapac-ethyl promove alterações na expressão dos descritores oficiais de *Avena* spp. e, em secundário, de caracteres morfológicos e agrônômicos. Foram testadas seis cultivares de distintas classes de estatura e codificadas como: L1 e L2 (baixa estatura), M1 (média estatura), H1, H2 e H3 (alta estatura). Os experimentos foram conduzidos em anos contrastantes quanto à pluviosidade (2017: abaixo das normais regionais; 2018: acima das normais regionais), em esquema bifatorial (genótipo x trinexapac-ethyl). O delineamento experimental foi em parcela subdividida, com três repetições. O regulador de crescimento foi aplicado no estágio de alongamento do colmo (1º nó visível e 2º nó perceptível), na dose de 400 mL/ha. Foram avaliados os descritores oficiais de *Avena* spp. e, adicionalmente, avaliou-se a resposta quanto à acamamento, estatura, diâmetro e espessura de colmo, número e comprimento de entrenós, comprimento de pedúnculo floral, fenologia, rendimento, massa de mil grãos e peso do hectolitro. Em 2017 foram mensurados, ainda, largura e comprimento do limbo da folha-bandeira e da folha anterior à folha-bandeira, largura e comprimento da lígula da folha-bandeira e comprimento da bainha; em 2018 foram avaliados diâmetro da coroa, ângulo do limbo da folha anterior à folha-bandeira e tipo de acamamento. Os dados foram submetidos às análises de variância, de correlação e multivariada. Em 2017 verificou-se interação significativa produto x genótipo para comprimento de planta, eixo floral, número de entrenós e acamamento. Nos dois anos houve efeito sobre peso do hectolitro. Em 2017, o trinexapac-ethyl afetou, independentemente de genótipo: densidade de panícula, estatura de planta, comprimento do primeiro ao terceiro entrenó, comprimento de pedúnculo, comprimento médio de entrenó, largura de folha-bandeira e comprimento da bainha; em 2018, esse efeito foi observado apenas para estatura, número de entrenós, comprimento médio de entrenó e acamamento. A aplicação do trinexapac-ethyl minimizou o acamamento de aveia-branca, independente da classe de estatura de genótipo; reduziu o comprimento de eixo floral e peso do hectolitro, em grandeza distinta conforme o genótipo. Dentre os 25 descritores de *Avena* spp., cinco caracteres foram alterados pelo uso do trinexapac-ethyl: ciclo, posição de ramificações, densidade de panícula, comprimento de planta e de eixo floral, mostrando baixo impacto do produto na identificação de cultivares.

Palavras-chave: 1. Aveia-branca. 2. Acamamento. 3. Regulador de crescimento. 4. Campos de produção de sementes.

ABSTRACT

POLETTI, Keli Olivia. Descriptors expression of *Avena* spp. in response to trinexapac-ethyl application in *Avena sativa*. 2019. 82 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

Lodging is one of the factors that can limit the production and quality of white oats (*Avena sativa* L.), which could be controlled with trinexapac-ethyl. The use of this product in fields certified for the production of seeds would be highly beneficial, if there were no changes in the expression of the descriptors and with that, it would be difficult to identify the cultivar, which could lead to production field cancellation. The aim of this study was to verify if trinexapac-ethyl promotes changes in the expression of *Avena* spp., in order to evaluate the effects on morphological, phenological and agronomic characters, plant lodging, yield and grain quality. There were tested six cultivars of different height classes and coded as: L1 and L2 (short height), M1 (medium height), H1, H2 and H3 (high height). The experiments were conducted in contrasting years for rainfall (2017: below regional normal, 2018: above regional normal), in a two-factorial scheme (genotype x trinexapac-ethyl). The experimental design was subdivided plot, with three replicates. The growth regulator was applied at the stem elongation stage (1st visible node and 2nd perceptible node) at the dose of 400 mL/ha. There were evaluated the official descriptors of *Avena* spp. and additionally, the response to lodging, height, culm diameter and thickness, internode number and length, floral peduncle length, phenology, yield, one thousand grain mass and hectoliter weight. In 2017, there were also measured the width and length of the flag leaf blade and the leaf before the flag leaf, the width and length of the flag leaf ligule length and the sheath length; in 2018 were evaluated crown diameter, leaf blade angle anterior to the flag leaf and lodging type. Data were submitted to analysis of variance, correlation and multivariate. In 2017 there was significant product x genotype interaction for plant length, floral axis, number of internodes and lodging. In both years there was effect on the hectoliter weight. In 2017, trinexapac-ethyl affected, regardless of genotype: panicle density, plant height, first to third internode length, peduncle length, internode mean length, flag leaf width and sheath length; in 2018, this effect was observed only for height, number of internodes, mean length of internode and lodging. The application of trinexapac-ethyl minimized the white oats lodging, independent of the high genotype; reduced the floral axis length and the hectoliter weight, in different magnitude according to the genotype. Among the 25 descriptors of *Avena* spp., five characters were altered by the use of trinexapac-ethyl: cycle, branching position, panicle density, plant length and floral axis, showing low impact of the product in the identification of cultivars.

Key words: 1. White oats. 2. Lodging. 3. Growth regulator. 4. Fields of seed production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1	Importância da aveia-branca	13
2.2	Registro e proteção de cultivares	15
2.3	O acamamento em cereais	18
2.4	O trinexapac-ethyl na prevenção do acamamento	21
2.5	Campos de produção de sementes	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Tipo de pesquisa	26
3.2	Genótipos de aveia-branca	26
3.3	Local e período do estudo	27
3.4	Tratamentos e delineamento experimental	28
3.5	Procedimentos	29
3.6	Avaliações	31
3.7	Análise estatística	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	Efeito do regulador de crescimento sobre descritores quantitativos de <i>Avena</i> spp.	34
4.2	Expressão de descritores de <i>Avena</i> spp. à aplicação do trinexapac-ethyl	50
5	CONCLUSÃO	56
	ANEXOS	66
	Anexo I Descritores de <i>Avena</i> spp.	67
	APÊNDICES	77
	Apêndice I Delineamento experimental	78
	Apêndice II Descritores extraficiais	80

1 INTRODUÇÃO

A aveia-branca (*Avena sativa* L.) é uma gramínea anual de inverno e possui diversas possibilidades de utilização: na produção de grãos para a alimentação humana e animal, forragem, cobertura de solos, adubação verde e, pela ação alelopática, pode contribuir para controle de plantas daninhas. Essa cultura vem se destacando pelo interesse dos consumidores por produtos que contenham seu grão na composição, já que possui propriedades nutricionais e funcionais, sendo reconhecida mundialmente em 1997 como alimento funcional.

Contudo, alguns fatores podem limitar a produção e a qualidade dos grãos, dentre eles o acamamento das plantas. O acamamento é um estado permanente de alteração na posição do colmo em comparação à posição original, o que resulta em plantas recurvadas e até mesmo na quebra dos colmos. Esse fato pode ocasionar a ruptura dos tecidos e afetar a estrutura anatômica fundamental para o transporte de água e nutrientes. O acamamento ocorre principalmente nas cultivares de estatura elevada, ocasionando perdas na produtividade e deterioração do grão, além de dificultar a colheita mecanizada.

Como alternativa para conter o acamamento tem-se o uso de reguladores de crescimento, pois reduzem a estatura das plantas e potencializam a produtividade de grãos, além de possibilitar a aplicação de doses mais elevadas de nitrogênio. Entre as substâncias testadas para reduzir o porte das plantas, destaca-se o trinexapac-ethyl, que atua no balanço de giberelinas: hormônios envolvidos no crescimento vegetal. No Brasil, o produto ainda não possui registro para a aveia-branca, mas está registrado para trigo (*Triticum aestivum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.).

Estudos indicam que o trinexapac-ethyl é eficiente na redução da estatura da aveia-branca e, com isso, reduz o acamamento. No entanto, o uso de reguladores de crescimento em campos certificados para produção de sementes, pode afetar outros descritores, além da estatura, o que comprometeria a identificação do genótipo, podendo ocasionar o cancelamento do campo de produção se for constatada a presença de plantas atípicas. Não se tem conhecimento de trabalhos que tenham avaliado o efeito desse tipo de insumo na expressão dos descritores oficiais de *Avena* spp. ou de outras espécies para as quais seu uso é permitido.

A seleção de cultivares e o uso de reguladores de crescimento são dois fatores que podem alterar a ocorrência de acamamento em aveia-branca. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar se a expressão dos descritores de *Avena* spp. é alterada em resposta à aplicação de trinexapac-ethyl.

Especificamente, testou-se se a aplicação do regulador de crescimento em seis cultivares de aveia-branca de distintas classes de estatura, comparada com a ausência desse procedimento, a fim de avaliar o efeito sobre: a) caracteres morfológicos, fenológicos e agronômicos; b) acamamento de planta e; c) rendimento e qualidade de grãos.

Se o regulador de crescimento alterar a expressão de descritores de *Avena* spp. que possam comprometer a identificação de cultivares, é importante que os obtentores, os produtores de sementes e o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares sejam alertados para o fato, a fim de tomarem medidas preventivas para evitar problemas de condenação de campos de produção. Este documento está organizado, além da Introdução, da seguinte maneira: abordam-se na Revisão da Literatura aspectos gerais da cultura de aveia-branca no Brasil, registro e proteção de cultivares, o acamamento, o uso de reguladores de crescimento para controle desse problema e o possível impacto sobre os campos de produção de sementes de aveia-branca. Em seguida apresenta-se Material e Métodos, Resultados e Discussão e, por fim, a Conclusão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Dentre os fatores que limitam o rendimento e a qualidade de grãos e/ou sementes de aveia-branca, dificultam a colheita mecanizada e interferem em processos fisiológicos da cultura está o acamamento. O melhoramento genético avançou quanto à obtenção de cultivares com menor susceptibilidade ao acamamento, basicamente pela seleção de plantas de menor estatura. No entanto, não há cultivares isentas desse risco, principalmente se a adubação nitrogenada e as condições meteorológicas proporcionarem ambiente que favoreçam a ocorrência do tombamento das plantas.

O uso de reguladores de crescimento como o trinexapac-ethyl, cujo uso está regulamentado no Brasil para trigo, cevada e cana-de-açúcar, poderia ser uma opção adicional a outras práticas de manejo e à escolha de cultivares de menor susceptibilidade ao tombamento. Para a aveia-branca, o produto ainda não está registrado junto aos órgãos federais. Porém, mesmo para as culturas em que esse regulador de crescimento está registrado, ainda não há informações a respeito do seu impacto sobre a expressão dos descritores usados nos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE).

Nessa breve revisão de literatura, iniciada pela importância da aveia-branca, são apresentadas informações oriundas de pesquisas científicas a respeito do processo de registro e proteção de cultivares, dos descritores usados para essa finalidade, do problema de acamamento em cereais, do uso de reguladores de crescimento para controle desse problema e do impacto sobre os campos de produção de sementes.

2.1 Importância da aveia-branca

A aveia-branca é uma das principais espécies de clima temperado cultivadas mundialmente, cujos grãos são destinados à alimentação humana e animal. É uma

espécie exótica, cuja importância se deve a sua múltipla aptidão. Apesar de estar no grão a principal forma de uso, ela é utilizada na formação de pastagem, seja para uso direto ou no cocho, para produção de feno ou silagem, cobertura de solo, adubação verde, além de ser matéria-prima industrial para a produção de cosméticos (MORI; FONTANELI; SANTOS, 2012). Ademais, é uma excelente opção para a rotação de culturas no sistema de plantio direto.

No entanto, a crescente demanda por alimentos funcionais é o que colocou a aveia-branca no patamar dos grãos de maior procura no mercado de produtos naturais. A composição química e estrutural do grão de aveia é única entre os cereais, pois o teor de β -glucana na cariopse, juntamente com o teor de proteína e lipídeos, caracterizam os componentes de qualidade química do grão dessa gramínea de grande importância à saúde humana.

É o sétimo cereal de maior produção mundial, tendo como maiores produtores a Rússia, o Canadá, a Austrália e o Brasil. O Brasil está em quarta posição na produção mundial (USDA, 2018), onde representa o quinto cereal mais cultivado. A Região Sul contribui com, aproximadamente, 95% do total produzido no país, com destaque para o Rio Grande do Sul, como maior produtor nacional (CONAB, 2018). Esse protagonismo é consequência dos programas de melhoramento genético da cultura, que tiveram início na década de 70, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e na Universidade de Passo Fundo.

Apesar de grandes avanços terem sido alcançados em relação ao rendimento de grãos, a seleção visando incrementos na produtividade da aveia-branca é sensivelmente dificultada pela reduzida eficiência em identificar genótipos superiores (CRESTANI et al., 2010). As cultivares usadas no sul do Brasil até os princípios da década de 80 eram oriundas da Argentina e do Uruguai e, dentre os problemas de adaptação que apresentavam, os mais relevantes foram o ciclo tardio e a elevada estatura (BARBOSA NETO et al., 2000).

Observando-se somente a questão da estatura de planta, que é o fator determinante da maior ou menor resistência da aveia-branca, e de outros cereais, ao acamamento, o melhoramento genético obteve sucesso (BERRY; BERRY, 2015). Por meio da seleção para plantas de menor porte os melhoristas têm conseguido desenvolver cultivares mais resistentes ao acamamento. Por isso, a modificação desses caracteres permitiu o surgimento de genótipos superiores em produtividade de grãos, mais ajustados ao sistema de cultivo adotado no Brasil, com maior resistência ao acamamento, e responsivos à adubação nitrogenada, proporcionando ganhos em adaptabilidade e estabilidade (HAWERROTH et al., 2015).

Contudo, nenhuma cultivar está isenta de manifestar o acamamento em condições favoráveis à sua ocorrência, como ventos e chuvas fortes, principalmente se outros fatores favorecerem o crescimento exuberante da planta. Por isso, o uso de reguladores de crescimento pode ser uma opção para aveia-branca a exemplo do que é feito para trigo. Os dados disponibilizados na literatura científica indicam que o trinexapac-ethyl tem potencial para uso na aveia-branca, o que sugere seu registro junto aos órgãos oficiais para breve. No entanto, a partir da busca em base de dados, um dos aspectos que a pesquisa ainda não havia informado, até o presente trabalho, é o possível impacto do regulador de crescimento sobre os descritores das espécies usados nos testes de DHE.

O registro e a proteção de cultivares de aveia-branca, assim como de dezenas de culturas no Brasil são processos que requerem dos obtentores informações sobre o desempenho e características fenotípicas das cultivares.

2.2 Registro e proteção de cultivares

No ano de 1997, por meio da Lei n°. 9.456 /1997, passa-se a proteger no Brasil novas variedades vegetais (BRASIL, 1997a). O que é denominado de “variedade vegetal”, para fins de legislação, é uma modalidade de propriedade industrial (direito de adquirir) que protege as invenções aplicadas ao meio vegetal, a partir do reconhecimento de direitos aos obtentores de novas variedades vegetais. As cultivares

se distinguem umas das outras por um conjunto mínimo de características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas/moleculares, herdadas geneticamente, denominadas “descritores”, que devem ser homogêneos e estáveis por meio das gerações sucessivas (BRUCH; DEWES; VIEIRA, 2015).

Os descritores são usados mundialmente na caracterização de cultivares. Eles podem ser utilizados para promover trabalhos de melhoramento genético, além de ser referência para o registro e proteção de cultivares no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2011b, p. 121). Eles são de natureza qualitativa e quantitativa (BURLE; OLIVEIRA, 2010, p. 8).

Os pedidos para a proteção de cultivares são realizados junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), órgão vinculado ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2017). O objetivo da proteção é garantir os direitos de propriedade industrial para o obtentor e o melhorista (BRUCH; DEWES; VIEIRA, 2015).

Cabe ressaltar que há diferença entre proteção de cultivares e registro de cultivares. A proteção de cultivares visa garantir a propriedade intelectual do obtentor, assegurando a exclusividade nos direitos de exploração comercial do uso (royalties) e está vinculada a ordenamentos internacionais de proteção intelectual. Já, o registro permite a produção e comercialização da cultivar no país (BRASIL, 2011b, p. 70).

Para uma cultivar ser comercializada é necessário que ela esteja, também, registrada no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Normalmente, para as cultivares que se encontram protegidas é exigível a autorização do titular da proteção para realizar o registro (BRASIL, 2011b, p. 70). O período para a proteção de cultivares no Brasil é de 15 anos, para a maioria das espécies graníferas e de 18 anos para frutíferas, florestais, ornamentais e porta-enxertos (BRASIL, 2017, p. 4). Até 2019, 27 cultivares de aveia-branca encontram-se protegidas no SNPC (MAPA, 2019).

Os requisitos de uma nova cultivar referente à sua distinguibilidade (D), homogeneidade (H) e estabilidade (E) são avaliados pelos testes de DHE, definido pela Lei de Proteção de Cultivares, Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997.

Artigo 3º [...] inciso XII – Teste de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE): procedimento técnico de comprovação de que a nova cultivar ou a cultivar essencialmente derivada são distinguíveis de outra cujos descritores sejam conhecidos, homogêneas quanto às suas características em cada ciclo reprodutivo e estáveis quanto à repetição das mesmas características ao longo de gerações sucessivas (BRASIL, 1997a).

O teste de DHE gera a descrição da cultivar candidata à proteção, por meio de suas características relevantes, que são os descritores. Os descritores morfológicos são estabelecidos pela Bioversity International, cuja terminologia é padronizada, a fim de serem utilizados em nível mundial (BURLE; OLIVEIRA, 2010, p. 10). As espécies de *Avena* spp. possuem 28 descritores, que abrangem caracteres morfológicos avaliados conforme os estádios de desenvolvimento da cultura (BRASIL, 2011b, p. 199).

Os descritores morfológicos podem seguir escalas nominais, ordinais (discretas), contínuas ou binárias. As escalas nominais referem-se aos descritores qualitativos e são usadas para caracteres como: cor de frutos. As escalas ordinais são aquelas usadas para mostrar uma sequência ou ordem, (ex: intensidade da pilosidade: fraca, média, forte, muito forte) e, por fim, a escala binária é usada para caracteres que indicam a presença ou ausência de determinada condição (ex: casca do grão: ausente, presente) (BURLE; OLIVEIRA, 2010, p. 14). Para a codificação do estado dos descritores qualitativos e quantitativos podem ser utilizados valores discretos, com mais de duas classes por variável, também denominados de dados multicategóricos da seguinte maneira: 1, muito baixo; 2, muito baixo a baixo; 3, baixo; 4, baixo a intermediário e assim por diante (SUDRÉ et al., 2006).

Os caracteres mais sujeitos à ação ambiental e, portanto, menos estáveis, são aqueles cuja expressão é quantitativa, ou seja, passível de mensuração em escala linear unidimensional (BRASIL, 2011b, p. 199), como: estatura de planta, comprimento de folha, massa de mil grãos, rendimento, etc. O contrário ocorre com caracteres

qualitativos, que são, em geral, pouco influenciados pelo ambiente, como formato da gluma, tipo de arista, etc.

Uma vez que o obtentor registra e protege uma cultivar junto ao MAPA, ele garante que a cultivar seja distinta das demais cultivares da mesma espécie disponíveis no mercado, homogênea entre as plantas da mesma geração e estável com relação à manutenção das características em sucessivas gerações. Nesse sentido, a estabilidade dos descritores nos campos de produção de sementes é importante para certificar a autenticidade da semente que é comercializada aos agricultores e trazer confiabilidade de que o produto possui as características informadas pelo obtentor.

2.3 O acamamento em cereais

O acamamento é um estado permanente de alteração na posição do colmo em relação à posição original, o que resulta em plantas encurvadas e até mesmo quebradas. Esse fato pode ocasionar a ruptura dos tecidos, afetar a estrutura anatômica fundamental no transporte de água e nutrientes, ocasionar prejuízos na qualidade dos grãos (PINTHUS, 1973). No caso de gramíneas, a quebra do colmo se dá ao longo dos entrenós basais, medianos e, até, do pedúnculo que sustenta a inflorescência.

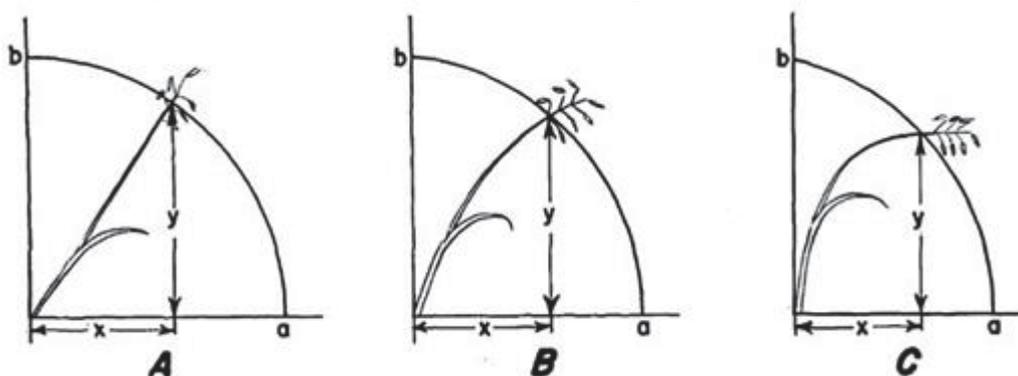
O acamamento é decorrente de interações de condições ambientais (vento, chuva e solo) com a planta. Portanto, ele depende do genótipo, do porte da planta, da densidade de semeadura, da umidade e matéria orgânica do solo, da adubação nitrogenada, entre outros (PINTHUS, 1973). O manejo da cultura que favorece o crescimento exuberante da parte aérea, em geral, condiciona o risco de acamamento em situações de ventos e chuvas fortes.

Os prejuízos relacionados ao acamamento tendem a agravar em virtude do estágio em que ocorre e, conseqüentemente, reduz o rendimento e a qualidade dos grãos (ZANATTA; OERLECKE, 1991). Quando esse fenômeno ocorre na fase de enchimento de grãos ele ocasiona perdas na produtividade, por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados. Contudo, se sua ocorrência for na maturação, as inflorescências

ficarão em contato com o solo, o que acarretará diminuição no peso do hectolitro, deterioração do grão, além de dificultar a colheita mecanizada (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O acamamento pode ocorrer de distintas maneiras, conforme o local da planta em que há o deslocamento. 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 e por fim o acamamento do tipo “chicote” 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 de colmo, ao contrário do que descrevem os autores, pode ocorrer em entrenós acima da base do colmo e, até mesmo, no pedúnculo floral.

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 no

campo, podendo ocorrer em alguns pontos da lavoura (PINTHUS, 1973). É provável que esse fato possa ser principalmente devido a manchas de adubação nitrogenada e maior densidade de semeadura (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, alterando as propriedades biofísicas do colmo (PINTHUS, 1973). Em aveia-branca constatou-se que cultivares de baixa estatura, que naturalmente tem maior resistência ao acamamento, são mais promissoras para áreas com alta disponibilidade de nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2011).

O melhoramento genético para resistência ao acamamento é difícil, pois são vários os caracteres que podem interferir na maior ou menor susceptibilidade das plantas ao tombamento. Contudo, além da estatura de planta, caracteres anatômicos, morfológicos e químicos do colmo estão dentre os mais investigados pela pesquisa. A parte basal do colmo desempenha papel importante na resistência do acamamento, pois fornece sustentação para manter a planta em pé (NEENAN, 1975). Os teores de celulose, hemicelulose, lignina associam-se ao acamamento por serem as substâncias presentes na parede celular e conferem maior rigidez e sustentação do colmo (SHAH et al., 2016; ZHU et al., 2004). Para a cultura de aveia-branca, ainda há necessidade de aprofundar os estudos sobre a relação entre caracteres de colmo e raiz e a resistência ao acamamento (TUMINO et al., 2017).

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; LÂNGARO et al., 2014, p. 47).

Além do cuidado com a adubação nitrogenada, densidade de semeadura e escolha de cultivares, o acamamento de cereais de inverno pode ser minorado 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 aveia-branca.

2.4 O trinexapac-ethyl na prevenção do acamamento

O trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento usado para prevenir ou minorar o risco de acamamento. Esse regulador de crescimento pertence às cicloexanodionas (HECKMAN et al., 2001), que atuam como inibidores da biossíntese de giberelinas (ERVIN; KOSKI, 2001). Nesse grupo há três classes de compostos, dependendo da etapa da síntese de giberelina que eles afetam. No caso do trinexapac-ethyl, o grupo ao qual pertence inibe a atividade da dioxigenase por competição pelo sítio de ligação do cosubstrato, 2- oxoglutarato (RADEMACHER, 2000).

Fisiologicamente, esse regulador de crescimento é absorvido pelas folhas e é translocado para o ápice vegetativo, culminando na redução do alongamento dos entrenós e, portanto, da estatura da planta. No entanto, ele pode interferir no balanço hídrico das plantas, diminuindo a demanda de água (LICKFELDT et al., 2001). Além disso, em cana-de-açúcar o produto atua como maturador, o que antecipa a colheita e promove incremento no teor de açúcar (RESENDE; SOARES; HUDETZ, 2001). Em trigo, a aplicação do trinexapac-ethyl, além de reduzir a estatura de plantas e aumenta a produtividade de grãos (MARCO Jr.; CORREA; NAKAI, 2013; ZAGONEL; VENANCI; KUNZ, 2002), incrementou o sistema radicial (CHAVARRIA et al., 2015). Em aveia-branca, contudo, Rajala et al. (2002) não constataram efeito do produto no comprimento de raiz.

O trinexapac-ethyl foi testado com o intuito de reduzir a estatura das plantas, em várias culturas, além daquelas em que já está registrado para uso no Brasil. Experimentos foram realizados em arroz (*Oriza sativa* L.) (NASCIMENTO et al., 2009), crotalária (*Crotalaria juncea* L.) (KAPPES et al., 2011), grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüegge) (FREITAS et al., 2002), mangueira (*Magnifica indica* L.) (MOUCO; ONO; RODRIGUES, 2010) e milho (*Zea mays* L.) (PRICINOTTO et al., 2015).

No entanto, o efeito do trinexapac-ethyl varia conforme o genótipo, dose, época de aplicação, época de semeadura, condições de ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura (RODRIGUES et al., 2003, p. 7). De acordo com o fabricante, seu efeito pode ser menos significativo quando as plantas estão sob déficit hídrico (SYNGENTA, 2018). O uso do trinexapac-ethyl mostra-se mais eficiente em ambientes propícios à ocorrência de acamamento das plantas como, por exemplo, em locais com ventos fortes e chuvas torrenciais durante o período de cultivo (HAWERROTH et al., 2015). A eficiência do regulador de crescimento para alguns caracteres relacionados à qualidade dos grãos é dependente do genótipo (BAZZO et al., 2018).

A definição da época da aplicação do produto é fundamental para que o regulador tenha o efeito esperado na redução do porte das plantas. Contudo, quando a aplicação é realizada no estágio recomendado, o colmo é reduzido e a sua base engrossada, conferindo, assim, maior resistência ao acamamento. No entanto, se as aplicações ocorrerem anteriormente ao período recomendado ocasiona pouco efeito na redução do porte da planta, visto que ocorrerá nos entrenós iniciais que por sua vez são mais curtos (RODRIGUES et al., 2003, p. 7).

Se a aplicação for tardia ocorrerá redução excessiva no colmo, pois o efeito ocorrerá nos entrenós superiores e afetará o pedúnculo que, por sua vez, pode ocasionar o retardamento do espigamento e a retenção da espiga na bainha. Esse fato ocasiona prejuízos no rendimento dos grãos (PENCKOWSKI; BORSATO, 2016, p. 37). Para o trigo, ele é usado na dose de 100 a 125 g/ha, independentemente de cultivar (BAZZO et al., 2018) e é aplicado entre o primeiro nó visível e segundo nó perceptível da cultura (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Assim como no trigo, o trinexapac-ethyl é eficiente na redução do acamamento em aveia-branca (BAZZO et al., 2018; GUERREIRO; OLIVEIRA, 2012; HAWERROTH et al., 2015; KASPARY et al., 2015; KRYSCZUN et al., 2017; RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2002; WITKOWICZ, 2010; WITKOWICZ; ANTONKIEWICZ, 2009). Nessa cultura, o produto pode reduzir a estatura de planta, fortalecer os entrenós do colmo (ZAGONEL; VENANCI; KUNZ, 2002), encurtar os

entrenós (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2002; WITKOWICZ, 2010), diminuir o comprimento do pedúnculo e o diâmetro do colmo (GUERREIRO; OLIVEIRA, 2012). Além disso, por alterar a arquitetura da planta, promove maior aproveitamento da radiação solar (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Apesar de ser usado com a finalidade de reduzir o acamamento, o trinexapac-ethyl pode afetar a qualidade de sementes. Kaspary et al. (2015) e Bazzo et al. (2018) observaram que o trinexapac-ethyl afetou negativamente o vigor de sementes de aveia-branca.

Guerreiro e Oliveira (2012) verificaram que o trinexapac-ethyl influenciou negativamente em alguns componentes de rendimento de aveia-branca, como número de grãos por panícula, massa de mil sementes, produtividade de grãos, além de reduzir o peso do hectolitro. No entanto, para massa de mil grãos Bazzo et al. (2018) não observaram efeito do produto, indicando que esse caractere é afetado conjuntamente por outro fator. Witkowicz e Antonkiewicz (2009) constataram que o trinexapac-ethyl influenciou positivamente o conteúdo de minerais em grãos de aveia-branca.

Com relação à quantidade a ser aplicada, Hawerth et al. (2015) constataram que as doses de trinexapac-ethyl mais efetivas para a redução da estatura das plantas de aveia-branca são de 400 a 600 mL/ha. Krysczun et al. (2017) indicaram 400 mL/ha para essa cultura, se suceder a soja, e de 500 mL/ha se for o milho. Contudo, para Marolli et al. (2018), a dose 495 mL/ha do produto comercial Moddus[®] é efetiva na redução do acamamento de aveia-branca sob condições de baixas, médias e altas doses de nitrogênio.

Em campos de produção de sementes de cereais de inverno, o controle do acamamento é especialmente importante, sob pena de se ter redução no rendimento e qualidade do produto comercial.

2.5 Campos de produção de sementes

Campos de produção de sementes diferem de campo de produção de grãos, pois na produção de sementes devem ser tomadas medidas que evitem a contaminação

genética ou varietal. A contaminação genética é resultante da fertilização do óvulo por grãos de pólen diferentes do desejado e a contaminação varietal ocorre quando há mistura de sementes de diferentes cultivares (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012, p. 258).

Nos campos de produção de sementes é fundamental o acompanhamento por meio de vistorias, que visam evitar a presença de contaminantes por outra espécie ou cultivar, a fim de obter sementes com qualidade (BRASIL, 2011a, p. 6). As vistorias realizadas nos campos de produção compreendem quatro períodos: pós-emergência, floração; pré-colheita e colheita (BRASIL, 2011a, p. 12). O acompanhamento do processo de produção de sementes é fundamental para a redução de custos e a manutenção da qualidade das sementes (LUDWIG, 2016, p. 9).

Contudo, se for constatada a presença de plantas atípicas no campo de produção de sementes, pode ocorrer o cancelamento desse campo. Plantas atípicas são plantas da mesma espécie da cultura, porém se diferem por uma ou mais características, como por exemplo: ramificação, pigmentação, pilosidade, ciclo, etc. A relação de descritores classificados para a espécie é utilizada para a verificação da presença de plantas atípicas (BRASIL, 2011a, p. 14).

De acordo com os padrões para a produção e comercialização de aveia-branca é aceitável um número máximo de plantas atípicas ou panículas atípicas conforme as categorias de sementes. Para a categoria básica é permitido três plantas atípicas ou panículas atípicas a cada 6.000 plantas; para semente certificada de primeira geração (C1) três a cada 3.000; semente certificada de segunda geração (C2) três a cada 2.500; semente de primeira geração (S1) e semente de segunda geração (S2) 3 a cada 1.500 plantas (BRASIL, 2013).

Pelo que se percebeu na revisão da literatura sobre o efeito do regulador de crescimento sobre cereais e, em específico, para aveia-branca, não há menção ao fato dele poder alterar a expressão dos descritores de *Avena* spp. e, com isso, comprometer a

identificação de cultivares em campos de produção de sementes certificadas. Portanto, o presente trabalho parece ser inédito ao abordar essa questão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa realizada neste estudo é explicativa, com o objetivo de verificar se a interação genótipo x aplicação de regulador de crescimento é significativa sobre os descritores de *Avena* spp. e o desempenho agrônômico de cultivares de aveia-branca. Em relação aos procedimentos, classifica-se como experimental, já que consistiu em testar o uso do produto em cultivares de aveia-branca, bem como definir as formas de controle e de observação dos efeitos dos tratamentos (GIL, 2002, p. 47).

3.2 Genótipos de aveia-branca

Para a realização da pesquisa foram testadas seis cultivares de aveia-branca quanto à resposta ao trinexapac-ethyl. As cultivares são provenientes de três obtentores, todas estão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) e quatro são protegidas pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). As cultivares foram codificadas e, por isso, serão mencionadas como “genótipo” (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos genótipos de aveia-branca conforme a classe de estatura, classificação quanto ao acamamento e ciclo da cultura. Passo Fundo, 2017

Genótipo	Classe de estatura	Acamamento ¹	Ciclo da cultura
L1	Baixa	MR	Médio
L2	Baixa	R	Precoce
M1	Média	MR	Médio
H1	Alta	MR	Precoce
H2	Alta	MR	Precoce
H3	Alta	S	Precoce

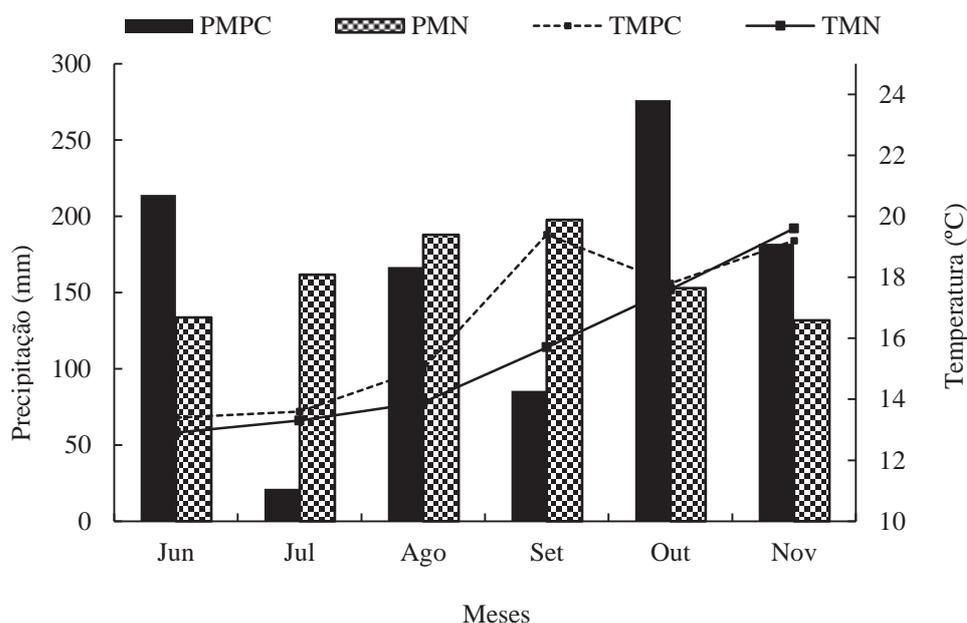
Fonte: Comissão Brasileira de Pesquisa em Aveia (LÂNGARO; CARVALHO, 2014).

(1) Moderadamente resistente (MR); Resistente (R); Suscetível (S).

3.3 Local e período do estudo

Os experimentos foram conduzidos em dois anos agrícolas, de junho a novembro de 2017 e maio a novembro de 2018, na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (28° 15' de latitude sul e 52° 24' de longitude oeste, altitude aproximada de 700 m). O solo do local classifica-se como Latossolo Vermelho distrófico (STRECK et al., 2008, p. 79). O clima da região é subtropical Cfa, com temperatura média anual de 22 °C (KUNCHNER; BURIAL, 2001). Os dados meteorológicos de precipitação pluvial, normais regionais e temperaturas locais observadas nos períodos de cultivos estão apresentados nas Figuras 2 e 3.

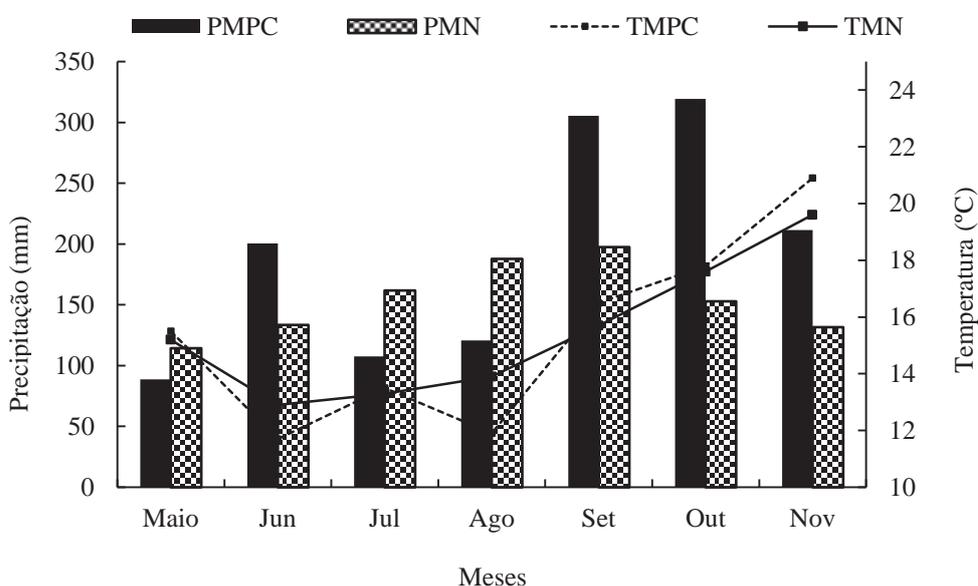
Figura 2 - Precipitação média (PMPC) e temperaturas médias (TMPC) do período de cultivo (1) de aveia-branca em 2017, precipitação e temperatura médias mensais normais regionais (PMN; TMN) (1961-1990). Passo Fundo, 2017



Fonte: Embrapa Trigo.

(1) Período da sementeira a colheita: 21/06 a 14/11/2017.

Figura 3 - Precipitação média (PMPC) e temperaturas médias (TMPC) do período de cultivo (1) de aveia-branca em 2018, precipitação e temperatura médias mensais normais regionais (PMN; TMN) (1961-1990). Passo Fundo, 2018



Fonte: Embrapa Trigo.

(1) Período da semeadura a colheita 29/05 a 06/11/2018.

3.4 Tratamentos e delineamento experimental

Os dois experimentos foram realizados em esquema bifatorial 6 (genótipo) x 2 (uso de trinexapac-ethyl), o que totalizou 12 tratamentos. O delineamento experimental foi em modelo de parcela subdividida (parcela principal: regulador de crescimento; subparcela: genótipo). A parcela principal foi alocada em delineamento de blocos casualizados, com três repetições. As unidades experimentais consistiram de parcelas de 5 m x 1 m de largura. Cada parcela foi constituída por cinco linhas, com espaçamento de 0,17 m entre linhas, e as subparcelas distaram 0,40 m entre si (Apêndice I).

3.5 Procedimentos

O solo foi amostrado e analisado quanto aos atributos físico-químicos, conforme metodologia de Tedesco, Volkweiss e Bohnen (1985) (Tabela 2). Nos dois anos em que foram realizados os trabalhos, o solo foi adubado com 200 kg/ha da formulação NPK 5-20-20. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com aplicação de 67 kg de N/ha, fracionados em duas aplicações, nos estádios de afilhamento e alongamento.

Tabela 2 - Atributos físico-químicos do solo do local dos experimentos de aveia-branca. Passo Fundo, 2017-2018

Atributo	Ano	
	2017	2018
Argila (%)	39,5	40,7
pH em H ₂ O	5,0	5,0
Índice SMP	5,5	5,6
P (mg/dm ³)	25,5	40,0
K (mg/dm ³)	286,0	362,0
M. O. (%) ¹	3,3	3,0
Ca (cmol _c /dm ³)	4,6	3,6
Mg (cmol _c /dm ³)	1,4	1,5
H + Al (cmol _c /dm ³)	7,7	6,9
CTC (cmol _c /dm ³) ²	14,4	12,9
Saturação por bases (%)	46	46
Saturação por Al (%)	9	8
Saturação por K (%)	5,1	7,2

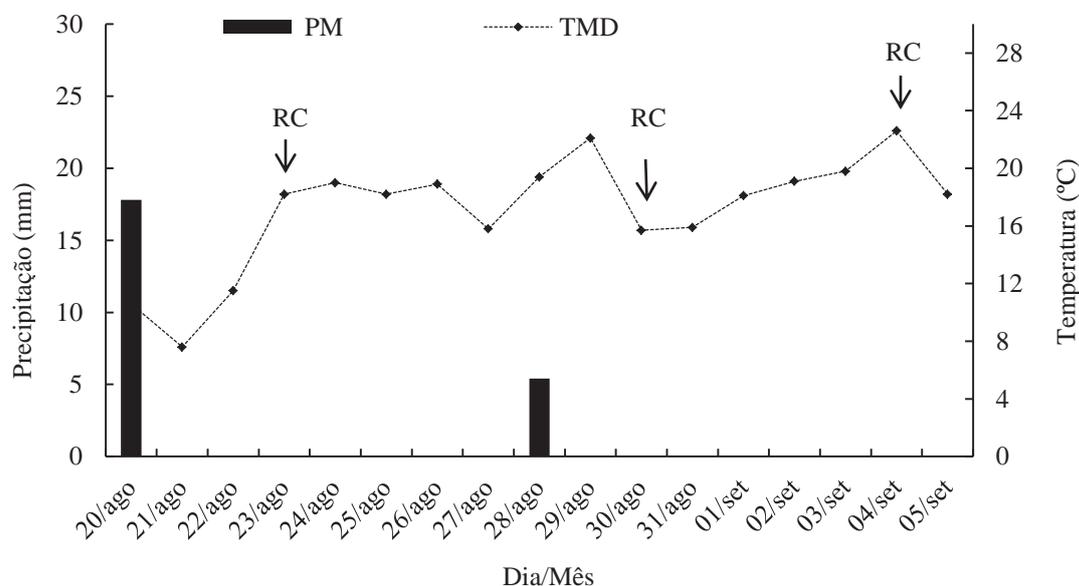
Fonte: Laboratório de Solos da Universidade de Passo Fundo.

(1) Matéria orgânica (M. O.); (2) Capacidade de troca de cátions (CTC).

A semeadura foi mecanizada com densidade de 300 sementes aptas/m², em 21 de junho de 2017 e 29 de maio de 2018. Durante o ciclo da cultura, sempre que necessário realizou-se o controle químico de plantas daninhas, pragas e doenças, conforme as recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (LÂNGARO; CARVALHO, 2014).

O regulador de crescimento foi aplicado no estágio fenológico recomendado para o trigo, no alongamento do colmo em que se observa o 1º nó visível e tem-se o 2º nó perceptível. A dose foi de 400 mL/ha (25% de ingrediente ativo). A aplicação foi por meio de pulverizador costal, com volume de calda correspondente a 200 L/ha. As condições meteorológicas de temperatura e pluviosidade do período de aplicação do trinexapac-ethyl estão representadas nas Figuras 4 e 5. A colheita de grãos foi mecanizada e realizada em 3 m² da área útil das parcelas, em 14 de novembro de 2017 e 6 de novembro de 2018, quando os grãos apresentaram condições de debulha.

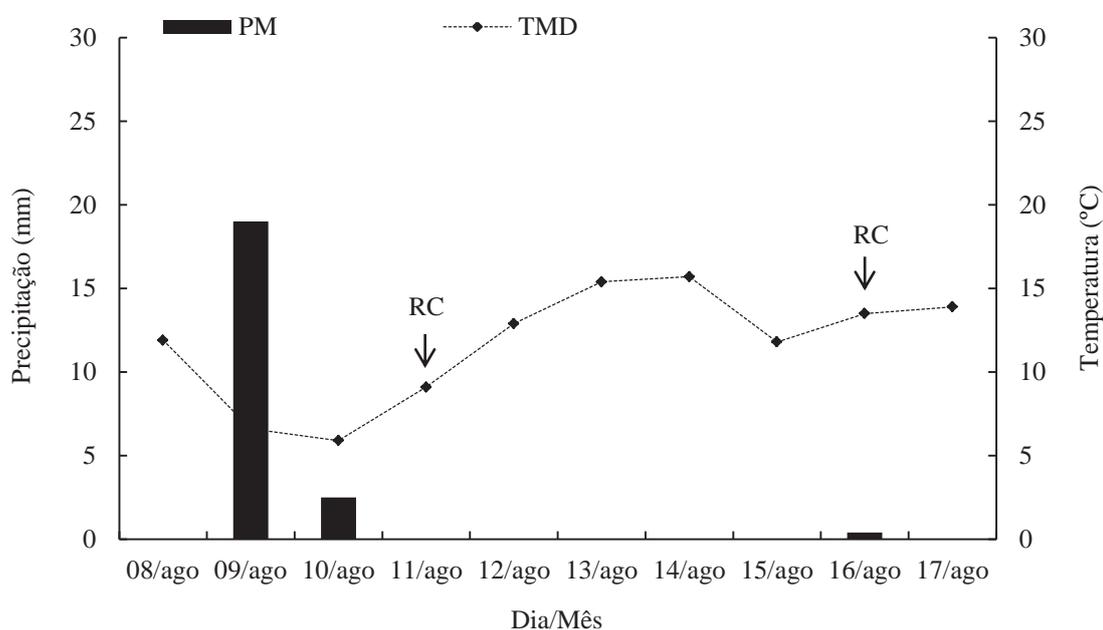
Figura 4 - Precipitação média (PM) e temperatura média diária (TMD) nas épocas em que foi feita a aplicação do regulador de crescimento (RC) (1) em genótipos de aveia-branca (2). Passo Fundo, 2017



Fonte: Embrapa Trigo.

Notas: (1) Dose do RC = 400 mL/ha. (2) Data de aplicação: 23/08 (H1); 30/08 (L1, L2 e H2); 04/09 (M1 e H3).

Figura 5 - Precipitação média (PM) e temperatura média diária (TMD) nas duas épocas de aplicação do regulador de crescimento (RC) (1) em genótipos de aveia-branca (2). Passo Fundo, 2018



Fonte: Embrapa Trigo.

Notas: (1) dose do RC = 400 mL/ha. Data de aplicação: 11/08 (H1); 16/08 (L1, L2, M1, H2 e H3).

3.6 Avaliações

Nos dois anos, em dez plantas/parcela, os genótipos foram avaliados quanto à expressão de estado dos descritores de *Avena* spp.: pilosidade das bordas da lâmina imediatamente abaixo da folha-bandeira, frequência de plantas com folha-bandeira recurvada, posição da folha-bandeira, ciclo: até a emergência das panículas (primeira espiguetas visível em 50% das panículas), pilosidade e intensidade da pilosidade do nó superior, posição e orientação das ramificações na panícula, densidade de panícula, posição das espiguetas, comprimento das glumas, cerosidade e intensidade da cerosidade do lema, comprimento da planta (colmo e panícula), comprimento do eixo floral, forma da gluma, pilosidade da gluma, grão: casca, pilosidade da base, comprimento dos pêlos basais do grão, comprimento da ráquila, comprimento do lema, cor do lema, tendência ao aristamento e tipo de arista (BRASIL, 2002) (Anexo I), e, adicionalmente: estatura de planta, diâmetro do colmo, espessura da parede do colmo,

número de entrenós do colmo principal, comprimento de cada entrenó do colmo principal (da base da planta em direção ao topo), comprimento médio dos entrenós do colmo principal, comprimento do pedúnculo, número de dias entre emergência e florescimento, maturação e colheita, ângulo do limbo da folha-bandeira, acamamento, rendimento de grãos, massa de mil grãos e peso do hectolitro (Apêndice II).

A avaliação do acamamento foi realizada visualmente, no período de maturação, atribuindo-se notas de 0 (sem acamamento) a 100% (acamamento total da parcela). Considerou-se como planta acamada aquela que mostrou inclinação igual ou inferior a 45° em relação à superfície do solo. A massa de mil grãos e o peso do hectolitro foram avaliados conforme as regras oficiais para análise de sementes (BRASIL, 2009).

Em 2017 foram mensurados os seguintes descritores extraoficiais: largura e comprimento do limbo da folha-bandeira; largura e comprimento do limbo da folha anterior à folha-bandeira; largura e comprimento da lígula da folha-bandeira; comprimento da bainha da folha-bandeira. Em 2018 foram avaliados: diâmetro da coroa, ângulo do limbo da folha anterior à folha-bandeira e tipo de acamamento (Apêndice II).

O acamamento ocorrido nas parcelas foi classificado quanto ao tipo: a) acamamento do colmo (ACC); b) acamamento de raízes (ACR), conforme Berry et al. (2003). Foi considerado ACC aquele em que as plantas apresentavam inclinação ou quebra na extensão dos colmos e ACR aquele em que a planta mostrava sinal de deslocamento da região da coroa.

3.7 Análise estatística

Os dados quantitativos anormais foram transformados em $(x + 1)^{0,5}$. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com o uso do programa Sisvar (FERREIRA, 1998). Realizou-se a correlação de Pearson do percentual de acamamento com descritores morfológicos e agrônômicos. Os caracteres qualitativos foram submetidos à

determinação da moda (SUDRÉ et al., 2006) e, posteriormente, foram transformados em dados binários (CRUZ; CARNEIRO, 2006), a fim de verificar a divergência genética entre genótipos nas duas condições de manejo com o regulador de crescimento. A escolha do método de agrupamento foi de acordo com o coeficiente de correlação cofenética. Essas análises estatísticas foram realizadas pelo programa Genes (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trinexapac-ethyl (TNE) é um regulador de crescimento usado para o manejo do acamamento e seu uso, no Brasil, está regulamentado para as culturas de trigo, cevada e cana-de-açúcar. Para aveia-branca o produto ainda não está registrado, embora diversos estudos tenham mostrado sua eficiência no controle do tombamento vertical do colmo dessa cultura. Um dos aspectos mais importantes a considerar, no entanto, é a possível alteração de parte substancial do rol de 25 descritores da espécie (BRASIL, 2002) com o uso do regulador de crescimento. Esse foi o principal objetivo desta investigação, seguido da verificação da ocorrência de efeito interativo com genótipo.

4.1 Efeito do regulador de crescimento sobre descritores quantitativos de *Avena* spp.

O trinexapac-ethyl reduziu o acamamento de aveia-branca, mas reduziu o peso do hectolitro (PH) e alterou a expressão de alguns descritores de *Avena* spp., independentemente do ano de avaliação. Dentre 26 e 23 caracteres quantitativos avaliados em 2017 e em 2018, houve alteração em 14 e 6 caracteres, respectivamente. Dentre esses, três são descritores oficiais de *Avena* spp..

Não houve efeito sobre os seguintes descritores extraoficiais, ou seja, não adotados pelo MAPA (BRASIL, 2002) para *Avena* spp.: diâmetro do colmo e da coroa, ângulo do limbo da folha-bandeira e da folha anterior à folha-bandeira, largura e comprimento da folha anterior à folha-bandeira, comprimento da folha-bandeira e largura e comprimento da lígula. No entanto, houve efeito de genótipo mostrando que esses caracteres poderiam fazer parte do rol de descritores oficiais de *Avena* spp..

Em 2017 verificou-se interação significativa TNE x genótipo para os comprimentos de planta, eixo floral, para o número de entrenós do colmo principal e para acamamento das plantas, mas o PH sofreu esse efeito em ambos os anos (2017/2018) (Tabela 3). Desses, são caracteres informados pelos obtentores junto ao SNPC, comprimento de planta e de eixo floral.

Tabela 3 - Efeito de trinexapac-ethyl (TNE), genótipo (G) e interação TNE x G na expressão de descritores de seis genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura avaliados em anos de pluviosidade contrastante no período de cultivo (2). Passo Fundo, 2017-2018

Descritor	TNE	G	TNE x G
	Ano I (2017)		
Estatuta de planta	x	x	-
Comprimento de planta	x	x	x
Número de entrenós	-	x	x
Comprimento 1º entrenó	x	x	-
Comprimento 2º entrenó	x	x	-
Comprimento 3º entrenó	x	-	-
Comprimento médio dos entrenós	x	x	-
Comprimento de pedúnculo	x	x	-
Comprimento de eixo floral	x	x	x
Densidade de panícula	x	x	-
Largura da folha-bandeira	x	x	-
Comprimento da bainha	x	x	-
Acamamento	x	x	x
Peso do hectolitro	-	x	x
Ano II (2018)			
Estatuta de planta	x	x	-
Número de entrenós	x	x	-
Comprimento 5º entrenó	x	x	-
Comprimento médio dos entrenós	x	-	-
Acamamento	x	x	-
Peso do hectolitro	-	x	x

Fonte: o autor.

Nota: x = indica efeito; - = ausência de efeito.

(1) Dose do regulador de crescimento Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Precipitação 20 mm abaixo (2017) e 274 mm acima (2018) das normais regionais durante os períodos de cultivo.

Em 2017, o efeito do TNE no acamamento das plantas variou de acordo com o genótipo, mas independentemente da classe de estatura (Tabela 4). Em ordem descendente de eficiência do produto na redução desse evento teve-se: 100% (H2), 90% (L1 e H3) e 50% (M1). O genótipo mais sensível ao acamamento foi M1, independentemente do uso ou não do TNE. Por outro lado, L2 e H1 não mostraram qualquer sinal de acamamento, evidenciando resistência desses genótipos para esse caractere (Figura 6).

Figura 6 - Parcela do genótipo H1 de aveia-branca sem ocorrência de acamamento de plantas, em resposta ao uso de trinexapac-ethyl. Passo Fundo, 2017



Fonte: o autor.

Tabela 4 - Efeito do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (1), no acamamento de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura (2). Passo Fundo, 2017

Genótipo	Acamamento (%)	
	SR	CR
L1	17 Ab	2 Bb
L2	0 Ad	0 Ab
M1	43 Aa	22 Ba
H1	0 Ad	0 Ab
H2	7 Ac	0 Bb
H3	10 Abc	1 Bb

Nota: médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C.V.: 30%.
 Dados transformados em $(x + 1)^{0,5}$, médias originais.

(1) SR: sem aplicação do regulador de crescimento; CR: com aplicação de Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Baixa (L), média (M) e alta (H) estatura.

Em 2018, diferentemente do ano anterior, em que o acamamento acometeu somente alguns genótipos, o fenômeno ocorreu em todos eles e em maior intensidade (Figura 7). Na média de genótipo, o produto reduziu em, aproximadamente, 15% o acamamento (Tabela 5), que foi o mesmo relatado por Kaspariy et al. (2015) na cv. URS Guapa (estatura média).

Figura 7 - Parcela de aveia-branca sem o uso de trinexapac-ethyl (A); com o uso de trinexapac-ethyl (B). Passo Fundo, 2018



Dentre os tipos de acamamento, 83% dos genótipos apresentaram acamamento ACC (colmo), já que houve inclinação ou ruptura na parte basal do colmo. Apenas o genótipo H1 sofreu acamamento ACR (raiz), pois constatou-se deslocamento da planta na região da coroa (Figura 8).

Figura 8 - Acamamento de colmo (A) e acamamento de raiz (B) em aveia-branca com o uso do trinexapac-ethyl. Passo Fundo, 2018



Tabela 5 - Efeito do uso ou não de trinexapac-ethyl (1), no acamamento de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura, na média de genótipo (2). Passo Fundo, 2018

Uso de regulador de crescimento	Acamamento (%)
Sem trinexapac-ethyl	69 a
Com trinexapac-ethyl	59 b

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$). C.V.: 7,8%.

(1) Uso do regulador de crescimento Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Valores médios de seis genótipos de distintas classes de estatura.

O ano de 2018 apresentou os maiores índices pluviométricos, 224 mm acima das normais regionais, durante o período de cultivo (EMBRAPA, 2018). Essa condição propiciou maior acamamento, devido ao fato meteorológico, mas também porque proporcionou maior estatura (média 117 cm) da cultura em relação ao ano anterior (77 cm). Ao contrário do que se esperava, a ação de controle do acamamento do TNE foi menor em 2018. Hawerth et al. (2015) verificaram que esse produto foi mais eficiente na redução desse evento sob maior precipitação pluviométrica. A divergência entre os

resultados pode ter sido em virtude da estatura das plantas, pois mesmo com a maior dose (90 kg/ha) de nitrogênio utilizada, as plantas submetidas à aplicação do produto obtiveram estatura na faixa de 75 cm.

Apesar da redução do acamamento, o uso ou não do regulador de crescimento não afetou o rendimento de grãos. Provavelmente, o fato do acamamento ter ocorrido no final do estágio de maturação tenha contribuído para esse resultado, pois o período de enchimento de grãos é o mais sensível aos danos ocasionados pelo acamamento (PRANDO et al., 2013). Como o tombamento ocorreu após o enchimento de grãos, o efeito sobre a translocação dos fotoassimilados para os grãos não foi afetada.

Os comprimentos de planta e de eixo floral foram afetados pela interação TNE x genótipo, ou seja, dependendo de genótipo, a aplicação do regulador de crescimento afetou em maior ou menor grandeza esses caracteres. A ação do produto reduziu entre 31 (H1) e 48% (H3) o comprimento de planta (Tabela 6). Sendo que esse mínimo e máximo de redução foi observado em cultivares de mesma classe de estatura (alta). A redução no comprimento das plantas à aplicação do trinexapac-ethyl decorre do produto diminuir o comprimento de entrenó (ARF et al., 2012; ZAGONEL et al., 2002). Com isso há menor risco de acamamento, tornando a planta mais compacta, possibilitando melhor aproveitamento dos fotoassimilados (STEFEN et al., 2015).

Tabela 6 - Efeito do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (1), nos comprimentos de planta e de eixo floral de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura (2). Passo Fundo, 2017

Genótipo	Comprimento de planta (cm)*		Comprimento de eixo floral (cm)	
	SR	CR	SR	CR
L1	73,2 Abc	46,3 Babc	16,8 Ab	15,7 Aa
L2	62,3 Ac	40,8 Bc	16,4 Ab	15,0 Aa
M1	72,6 Abc	47,5 Babc	16,1 Ab	14,4 Ba
H1	75,5 Aab	52,3 Ba	20,0 Aa	15,4 Ba
H2	85,3 Aa	51,1 Bab	17,9 Aab	15,6 Ba
H3	81,0 Aab	42,3 Bbc	18,0 Aab	13,8 Ba
C.V. (%)	2,3		7,9	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

* Dados transformados em $(x + 1)^{0,5}$, médias originais.

(1) SR: sem aplicação do regulador de crescimento; CR: com aplicação de Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Baixa (L), média (M) e alta (H) estatura.

A aplicação do trinexapac-ethyl reduziu entre 13 e 23% o comprimento de eixo floral (ráquis da panícula) das aveias de classe de estatura alta e média, o que correspondeu a encurtamento de 2,3 a 4,6 cm. Witkowicz (2010), ao contrário, não obteve efeito do trinexapac-ethyl nesse atributo, o que pode ser decorrente de efeito genotípico. Contudo, pelo que se percebeu a ação do produto sobre esse caractere foi dependente da estatura da planta, visto que não acometeu os genótipos de classe baixa (L1 e L2). A redução no comprimento do eixo floral pode ter efeito na densidade de panícula se isso for acompanhado de redução de entrenó. Neste trabalho, houve aumento de 14% na densidade de panícula quando foi usado o TNE (Tabela 7), ou seja, os atributos comprimento de eixo floral e comprimento de entrenó foram reduzidos.

Tabela 7 - Efeito do uso ou não de trinexapac-ethyl (1), na densidade de panícula de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura, na média de genótipo (2). Passo Fundo, 2017

Uso de regulador de crescimento	Densidade de panícula (cm)
Sem trinexapac-ethyl	2,2 b
Com trinexapac-ethyl	2,5 a

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C.V.: 7,5%.

(1) Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Valores médios de seis genótipos de distintas classes de estatura.

Quanto ao efeito do TNE sobre caracteres morfológicos, no primeiro ano houve significativa redução na estatura de planta, no comprimento do primeiro, segundo e terceiro entrenó (Tabela 8) e no comprimento médio dos entrenós e do pedúnculo, independentemente do genótipo (Tabela 9). A redução na estatura foi em média de 37%

e para os entrenós o decréscimo foi de 24% (1º entrenó), 36% (2º entrenó), 38% (3º entrenó).

A redução no comprimento médio dos entrenós do colmo principal foi de 38% nos genótipos que foram submetidos à aplicação do produto. Houve efeito também sobre o comprimento do pedúnculo, no qual o decréscimo foi de aproximadamente 50% (Tabela 9). Os genótipos tratados com o produto apresentaram, em média, três entrenós no colmo principal. Considerando os três entrenós, a influência do tratamento foi maior no 3º entrenó (da base para o ápice), com redução de 6,1 cm em comparação ao 1º (1,8 cm) e 2º (4 cm) entrenó (Tabela 8). No entanto, o pedúnculo floral foi mais afetado no seu comprimento em relação ao colmo (13 cm) (Tabela 9).

Tabela 8 - Efeito do uso ou não de trinexapac-ethyl (1) na estatura de planta (EP) e comprimentos de primeiro (CPE), segundo (CSE) e terceiro (CTE) entrenó do colmo principal de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura, na média de genótipo (2). Passo Fundo, 2017

Uso de regulador de crescimento	EP (cm)	CPE (cm)	CSE (cm)	CTE (cm)
Sem trinexapac-ethyl	77,0 a	7,5 a	11,1 a	14,9 a
Com trinexapac-ethyl	48,5 b	5,7 b	7,1 b	8,8 b
C.V. (%)	6,2	0,9	1,9	1,7

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Dados transformados em $(x + 1)^{0,5}$, médias originais.

(1) Moddus®: 400 mL/ha.

(2) Valores médios de seis genótipos de distintas classes de estatura.

Tabela 9 - Efeito do uso ou não de trinexapac-ethyl (1), no comprimento médio de entrenó de colmo e pedúnculo floral do colmo principal de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura, na média de genótipo (2). Passo Fundo, 2017

Uso de regulador de crescimento	Comprimento médio de entrenós (cm)	Comprimento de pedúnculo floral (cm)*
Sem trinexapac-ethyl	11,7 a	26,1 a
Com trinexapac-ethyl	7,2 b	13,1 b
C.V. (%)	8,4	0,7

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

*Dados transformados em $(x + 1)^{0,5}$, médias originais.

(1) Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Valores médios de seis genótipos de distintas classes de estatura.

Com relação à quantidade de entrenós presentes no colmo principal, o efeito do TNE dependeu do genótipo (Tabela 10), mas sem relação com a classe de estatura, pois o L1 (estatura baixa) obteve decréscimo na mesma proporção que H2 e H3 (ambos de estatura alta).

Tabela 10 - Efeito do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (1) no número de entrenós do colmo principal em genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura (2). Passo Fundo, 2017

Genótipo	Entrenó (nº/colmo)	
	SR	CR
L1	4,0 Aa	3,0 Ba
L2	3,0 Ab	3,3 Aa
M1	3,0 Ab	3,0 Aa
H1	3,0 Ab	3,3 Aa
H2	4,0 Aa	3,0 Ba
H3	4,0 Aa	3,0 Ba

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). C.V.: 10%.

(1) SR: sem aplicação do regulador de crescimento; CR: aplicação de Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Baixa (L), média (M) e alta (H) estatura.

No ano de 2018, o regulador de crescimento influenciou significativamente a estatura de planta, o número de entrenós do colmo principal, o comprimento do 5º entrenó e o comprimento médio de entrenós. O produto reduziu em 12% a estatura de planta, em 6% o número de entrenós, em 28% o comprimento do 5º entrenó e em 19% o comprimento médio de entrenós do colmo principal (Tabela 11).

Tabela 11 - Efeito do uso ou não de trinexapac-ethyl (1), na estatura de planta (EP), número de entrenós (NE), comprimento de 5º entrenó (CQE) e comprimento médio de entrenó (CME) em genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura, na média de genótipo (2). Passo Fundo, 2018

Uso de regulador de crescimento	EP (cm)	NE (nº/colmo)*	CQE (cm)*	CME (cm)
Sem trinexapac-ethyl	117,0 a	5,0 a	16,0 a	11,8 a
Com trinexapac-ethyl	103,0 b	4,7 b	11,5 b	9,6 b
C.V. (%)	3,1	1,4	15,5	5,7

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

*Dados transformados em $(x + 1)^{0,5}$, médias originais.

(1) Moddus®: 400 mL/ha.

(2) Valores médios de seis genótipos de distintas classes de estatura.

No primeiro ano os genótipos apresentaram menor crescimento em estatura, na média de 40 cm a menos, em comparação com 2018, além de menor número de entrenós. Esse fato pode ser explicado pelo déficit hídrico ocorrido em 2017, já que esse fator reduz a divisão celular (MACHADO et al., 2009). A baixa precipitação ocorrida no período de cultivo culminou em plantas de menor estatura com redução de (34%) em média, em relação a 2018, o que, de certa forma, é o que o trinexapac-ethyl ocasiona. Por isso, se recomenda cautela no seu uso em anos de estiagem (RODRIGUES et al., 2003). Por outro lado, em 2018, sob pluviosidade acima das normais regionais, as plantas apresentaram maior estatura. Além disso, observou-se, em todos os genótipos, a formação de quinto entrenó, o que não ocorreu no ano anterior. Porém, houve menor eficiência do produto em termos de redução de estatura (12%) em comparação com 37% de redução na estatura de planta ocorrido em 2017. Nesse sentido, ao comparar o comprimento médio de entrenós do colmo principal em ambos os anos, a redução mais acentuada também ocorreu em 2017 (38%) em relação a 2018 (19%).

Pelo o que se percebeu nesse estudo, a estatura das plantas pode estar relacionada à quantidade de entrenós presentes no colmo. Contudo, esse fato pode ser devido ao efeito conjunto nos comprimentos de entrenó, pedúnculo e eixo floral. No milho, por exemplo, além do comprimento da planta, o número de entrenós é um importante

caractere na descrição de híbridos e faz parte de descritores para proteção de híbridos (BRASIL, 1997b). Em aveia-branca, a inclusão desse atributo poderia auxiliar na identificação de cultivares.

Com uso do TNE, houve redução nos comprimentos do 3º (2017) e do 5º (2018) entrenó (Tabelas 8 e 11). Esses entrenós foram aqueles imediatamente anteriores ao pedúnculo, o que sugere que, em aveia-branca, são aqueles que sofrem mais influência do trinexapac-ethyl. Guerreiro e Oliveira (2012) constataram redução de 50% no pedúnculo de aveia-branca (cv. UPF 15) com uso de TNE. Portanto, a contagem e mensuração dos entrenós do colmo, pedúnculo e eixo floral (ráquis) merecem atenção em avaliação de resposta de genótipos ao produto em questão e em melhoramento da cultura. Nesse contexto, Cruz et al. (2001) apontaram para a elevada contribuição (45%) do pedúnculo do trigo na estatura das plantas, visto que, aquelas que apresentam longos pedúnculos tendem a acamar com mais facilidade.

Quanto à fenologia da cultura, a aplicação de TNE elevou entre dois a seis dias o período para floração em comparação com ausência de uso, em ambos os anos (dados não mostrados). O efeito do trinexapac-ethyl sobre o ciclo foi observado, também, em arroz, com aumento de até cinco dias no período vegetativo (NASCIMENTO et al., 2009). Esse efeito é devido ao efeito do TNE atuar sobre a inibição da síntese de giberelina, hormônio que promove o florescimento (TAIZ; ZIEGER, 2017, p. 417).

Com relação aos demais caracteres avaliados neste estudo, não houve efeito da aplicação do TNE no diâmetro e espessura de parede de colmo, comprimento do 4º entrenó, bem como de ângulo de folha-bandeira. Em 2017 não se verificou, ainda, alteração em largura e comprimento de folha anterior à folha-bandeira (FB-1), comprimento de folha-bandeira, largura e comprimento de lígula. Já, em 2018, diâmetro da coroa, comprimento do 1º, 2º, 3º, e 6º entrenó, comprimento de pedúnculo, ângulo de FB-1 não foram afetados significativamente pela aplicação do produto.

Quanto à ausência de efeito do TNE no diâmetro de colmo, resultado semelhante foi encontrado por Kaspariy et al. (2015), em aveia-branca, e por Penckowski, Zagonel e

Fernandes (2009), em trigo. No entanto, Guerreiro e Oliveira (2012) constataram redução no diâmetro de aveia-branca sob ação desse produto. De acordo com Cruz et al. (2001), caracteres relacionados à estatura de planta são mais promissores à seleção indireta de resistência ao acamamento em trigo do que os componentes relacionados ao diâmetro de colmo, por haver dificuldades para a aferição desses descritores. Apesar de estudos demonstrarem ação do trinexapac-ethyl na melhoria da arquitetura foliar (CHAVARRIA et al., 2015; ZAGONEL; FERNANDES, 2007) neste trabalho não foi verificado efeito da aplicação na orientação das folhas. Nesse aspecto, apenas os genótipos mostraram diferença ($p < 0,05$) quanto ao ângulo de inserção das folhas, com variação de 20 a 40° para folha-bandeira e 30 a 40° para FB-1 (dados não mostrados). O ângulo do limbo da folha-bandeira é importante para o melhoramento genético, pois cultivares com folhas mais eretas tem melhor aproveitamento da radiação solar (FONSECA et al., 2004). Em arroz, esse caractere faz parte dos descritores oficiais da espécie (BRASIL, 1997c).

A aplicação de trinexapac-ethyl resultou em decréscimo significativo (10%), em média, da largura de folha-bandeira e comprimento da bainha (11%), independente da classe de estatura dos genótipos (Tabela 12). Em trigo, sob aplicação desse regulador de crescimento, Turek et al. (2018) observaram redução no comprimento da bainha de folha-bandeira, e Chavarria et al. (2015) constataram redução de aproximadamente 10% na área foliar unitária. O produto também foi efetivo em diminuir o comprimento de lâmina (24%) e bainha (25%) foliar de *Brachiaria brizantha* (FIALHO et al., 2009). De acordo com Fioreze e Rodrigues (2014), a redução do comprimento de limbo e bainha da folha-bandeira, por encurtar a distância até a panícula, pode aumentar a taxa de translocação de fotoassimilados e, conseqüentemente, aumentar a produtividade.

Tabela 12 - Efeito do uso de regulador de crescimento (1) na largura do limbo e comprimento da bainha de folha-bandeira de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura, na média de genótipo (2). Passo Fundo, 2017

Uso de regulador de crescimento	Largura de folha-bandeira (mm)	Comprimento de bainha de folha-bandeira (cm)
Sem trinexapac-ethyl	14,4 a	19,6 a
Com trinexapac-ethyl	13,0 b	17,5 b
C.V. (%)	3,7	5,8

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

(1) Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Valores médios de seis genótipos de distintas classes de estatura.

Em ambos os anos em que este estudo foi feito, o TNE não afetou a massa de mil grãos e o rendimento de grão. Em trigo, Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) constaram aumento na produtividade com a aplicação do trinexapac-ethyl, devido à modificação na estatura da planta e na redução do acamamento. Kaspary et al. (2015) obtiveram incremento de 30% na produtividade e aumento na massa de mil grãos de aveia-branca com a aplicação de 400 mL/ha do produto, mas sob 600 mL/ha o efeito não foi repetido. Por outro lado, Guerreiro e Oliveira (2012) não obtiveram ganhos em produtividade de grãos de aveia-branca nas doses 175, 350 e 700 mL/ha do regulador de crescimento, os autores relataram que as condições ambientais não foram favoráveis a cultura, pelo fato de ter passado por estresse hídrico.

O peso do hectolitro foi o único descritor que se apresentou dependente do genótipo (L1 e L2) nos dois anos de estudos, evidenciando que para essa característica é genótipo-dependente (Tabela13). Em 2017, os genótipos L1, H2, L2 apresentaram redução do peso do hectolitro quando submetidos à aplicação do trinexapac-ethyl, com variação de 8 a 9%. Os demais genótipos (M1, H1 e H3) não mostraram resposta ao manejo com o produto.

Tabela 13 - Efeito do uso ou não de trinexapac-ethyl (1), no peso do hectolitro de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura (2), avaliados em anos de pluviosidade contrastante no período de cultivo (3) Passo Fundo, 2017 e 2018

Genótipo	Peso do hectolitro (kg/hL)			
	Ano 1 (2017)		Ano 2 (2018)	
	SR	CR	SR	CR
L1	43,0 Aab	34,9 Bde	37,1 Aabc	31,9 Bbc
L2	38,8 Ab	31,9 Be	39,1 Aabc	31,2 Bc
M1	46,0 Aa	43,3 Aab	32,5 Ac	34,5 Abc
H1	46,1 Aa	46,4 Aa	43,2 Aa	43,3 Aa
H2	42,2 Aab	38,0 Bcd	42,6 Aab	42,6 Aa
H3	42,7 Aab	40,8 Abc	35,8 Abc	38,5 Aab
C.V. (%)	7,9		10,0	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

(1) SR: sem aplicação do regulador de crescimento; CR: com aplicação de Moddus®: 400 mL/ha.

(2) Baixa (L), média (M) e alta (H) estatura.

(3) Precipitação 20 mm abaixo (2017) e 274 mm acima (2018) das normais regionais.

Em 2018, os genótipos L1 e L2 foram os únicos que responderam à aplicação do TNE e apresentaram redução nesse caractere de 14% e 20% respectivamente (Tabela 13). A redução do PH pode estar associada à baixa translocação de fotoassimilados da fonte para o grão (GUERREIRO; OLIVEIRA, 2012). Arf et al. (2012) observaram influência negativa no PH com aumento da dose (50, 100, 150 e 200 mL/ha) de trinexapac-ethyl em uma cultivar de arroz.

A análise de correlação entre o acamamento e descritores morfológicos mostrou que no ano de 2017, nas duas condições de manejo, o acamamento foi correlacionado positivamente com o comprimento do pedúnculo. No segundo ano, houve correlação positiva do acamamento com estatura de planta e correlação negativa com rendimento, massa de mil grãos e PH. Nesse mesmo ano, na ausência do trinexapac-ethyl verificou-se correlação positiva do acamamento com comprimento de 2° e 3° entrenó, evidenciando que esses três caracteres são afetados conjuntamente por fatores que afetam a susceptibilidade da aveia-branca ao acamamento (Tabela 14). Em 2018, os

maiores valores de correlação foram de acamamento com massa de mil grãos (-0,96) e PH (-0,92). Dessa forma, o manejo da aveia-branca com uso de trinexapac-ethyl pode resultar em menor acamamento de plantas, promovendo elevação no rendimento e qualidade de grão.

Tabela 14 - Correlação de Pearson entre percentual de acamamento e descritores avaliados em seis genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura em resposta ao uso ou não de regulador de crescimento (1), em anos de pluviosidade contrastante no período de cultivo (2). Passo Fundo, 2017-2018

Caracteres ⁽³⁾	Uso de regulador de crescimento			
	2017		2018	
	SR	CR	SR	CR
AC x EP	0,25 ns	0,27 ns	0,81*	0,82*
AC x DC	0,11 ns	0,10 ns	0,45 ns	0,25 ns
AC x EPC	0,23 ns	0,06 ns	-0,20 ns	-0,22 ns
AC x CPE	-0,18 ns	-0,39 ns	-0,28 ns	0,70 ns
AC x CSE	-0,09 ns	0,13 n.s	0,84*	0,51 ns
AC x CTE	0,63 ns	0,04 ns	0,91*	0,33 ns
AC x CQE	...	...	-0,03 ns	-0,38 ns
AC x CQNE	...	...	0,06 ns	-0,01 ns
AC x CPC	0,83*	0,86*	-0,41 ns	0,80 ns
AC x RD	0,59 ns	0,75 ns	-0,75 ns	-0,83*
AC x MMG	0,33 ns	0,27 ns	-0,86*	-0,96**
AC x PH	0,51 ns	0,56 ns	-0,86*	-0,92**

Nota: ** * significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste t.

... Não se dispõe do dado.

(1) SR: sem aplicação do regulador de crescimento; CR: com aplicação de Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Precipitação 20 mm abaixo (2017) e 274 mm acima (2018) das normais regionais.

(3) Acamamento (AC), estatura de planta (EP), diâmetro de colmo (DC), espessura de parede de colmo (EPC), comprimento do 1º entrenó (CPE), comprimento do 2º entrenó (CSE), comprimento do 3º entrenó (CTE), comprimento do 4º entrenó (CQE), comprimento do 5º entrenó (CQNE), comprimento pedúnculo (CPC), rendimento de grãos (RD), massa de mil grãos (MMG) e peso de hectolitro (PH).

4.2 Expressão de descritores de *Avena* spp. à aplicação do trinexapac-ethyl em genótipos de aveia-branca

Para os descritores binários não houve efeito do produto, o que é positivo. Assim, independentemente do uso ou não do produto, pilosidade do nó superior do colmo (presença), cerosidade do lema do grão primário (ausência), pilosidade da gluma (ausência) e casca no grão (presença) não apresentaram alteração na expressão, nos dois anos de experimento.

Dentre os 25 descritores de *Avena* spp. (BRASIL, 2012), os genótipos aqui testados mostraram variação de expressão para cinco deles (20%) em 2017 e quatro (16%) em 2018, em resposta à aplicação do TNE (Quadro 1). Portanto, a estabilidade fenotípica relativa aos descritores de *Avena* spp. foi acima de 80%. Em ambos os anos de avaliação, a aplicação do regulador de crescimento alterou o ciclo, a posição das ramificações na panícula, densidade de panícula, comprimento de planta. O comprimento de eixo floral foi alterado apenas em 2017 (Quadro 1).

Em ambos os anos a aplicação de TNE prolongou o ciclo vegetativo dos genótipos H2 (2017) e H1 e H3 (2018), com atraso de seis dias para o florescimento (primeira espiguetas visível em 50% das panículas). Em 2017, o florescimento ocorreu entre 83 e 94 dias a partir da emergência das plântulas (DAE), e, em 2018, esse evento foi observado a partir do 85° ao 96° DAE.

A posição das ramificações da panícula foi alterada em quatro genótipos (L2, H1, H2 e H3) em 2017 e em dois genótipos (M1 e H1) em 2018. Em 2017, as ramificações semi-decumbentes e horizontais passaram à semi-ereta. No entanto, no segundo ano esse caractere foi alterado de semi-decumbente à horizontal (Quadro 1). O trinexapac-ethyl pode interferir na arquitetura de planta, tornando-a mais ereta e consequentemente reduzindo o sombreamento, aumentando a interceptação solar e a taxa fotossintética (ARF et al., 2012).

Quadro 1 - Quadro sinóptico da resposta de genótipos de aveia-branca de distintas classes de estatura (1) ao uso de regulador de crescimento (RC) (2) quanto à expressão de descritores de *Avena spp.* Passo Fundo, 2017-2018

Genótipo	Uso de RC	Descritor ³				
		Ciclo	PRP	DP	CP	CEF
Ano I - 2017						
L1	SR	..	..	..	Curto	..
	CR	..	..	..	Muito curto	..
L2	SR	..	Semi-decumbente	Média	..	..
	CR	..	Semi-ereta	Alta	..	..
M1	SR	..	..	..	Curto	Médio
	CR	..	..	..	Muito curto	Curto
H1	SR	..	Horizontal	..	Curto	Longo
	CR	..	Semi-ereta	..	Muito curto	Médio
H2	SR	Médio	Semi-decumbente	..	Curto	Longo
	CR	Tardio	Semi-ereta	..	Muito curto	Médio
H3	SR	..	Horizontal	..	Curto	Longo
	CR	..	Semi-ereta	..	Muito curto	Curto
Ano II - 2018						
L1	SR	..	..	..	..	..
	CR	..	..	..	..	..
L2	SR	..	..	..	..	..
	CR	..	..	..	..	..
M1	SR	..	Semi-decumbente	Média	..	..
	CR	..	Horizontal	Alta	..	..
H1	SR	Médio	Semi-decumbente	..	Longo	..
	CR	Tardio	Horizontal	..	Médio	..
H2	SR	..	..	..	Longo	..
	CR	..	..	..	Médio	..
H3	SR	Médio	..	..	..	..
	CR	Tardio	..	..	..	..

Ciclo: precoce (>80 dias), médio (81 a 90 dias), tardio (91 a 100 dias) (LÂNGARO; CAVALHO, 2014).

Sinais não convencionais usados:

.. Não se aplica: dado numérico.

(1) SR: sem aplicação do regulador de crescimento; CR: com aplicação de Moddus[®]: 400 mL/ha.

(2) Baixa (L), média (M) e alta (H) estatura.

(3) Posição das ramificações da panícula (PRP); densidade de panícula (DP); comprimento de planta (CP); comprimento de eixo floral (CEF).

Para densidade de panícula, houve alteração no genótipo L2 (2017) e M1 (2018) em resposta ao uso de TNE. De acordo com o protocolo (BRASIL, 2002), os genótipos passariam de categoria “média densidade” para “alta densidade” de panícula, o que promoveria, portanto, alteração na identificação de cultivares com o uso do regulador de crescimento.

O efeito do TNE sobre comprimento de planta variou conforme o genótipo e o ano (Quadro 1). Em 2017 reduziu o comprimento de planta de cinco genótipos, mas no ano seguinte somente dois genótipos (H1 e H2) sofreram influência do produto, mostrando influência de fatores ambientais na resposta de aveia-branca ao TNE. Em 2017, provavelmente, por conta dos menores índices pluviométricos, os genótipos apresentaram menor estatura, ao contrário do que ocorreu em 2018. Apenas no primeiro ano houve redução no comprimento do eixo floral nos genótipos M1, H1, H2 e H3 quando submetidos à aplicação do trinexapac-ethyl.

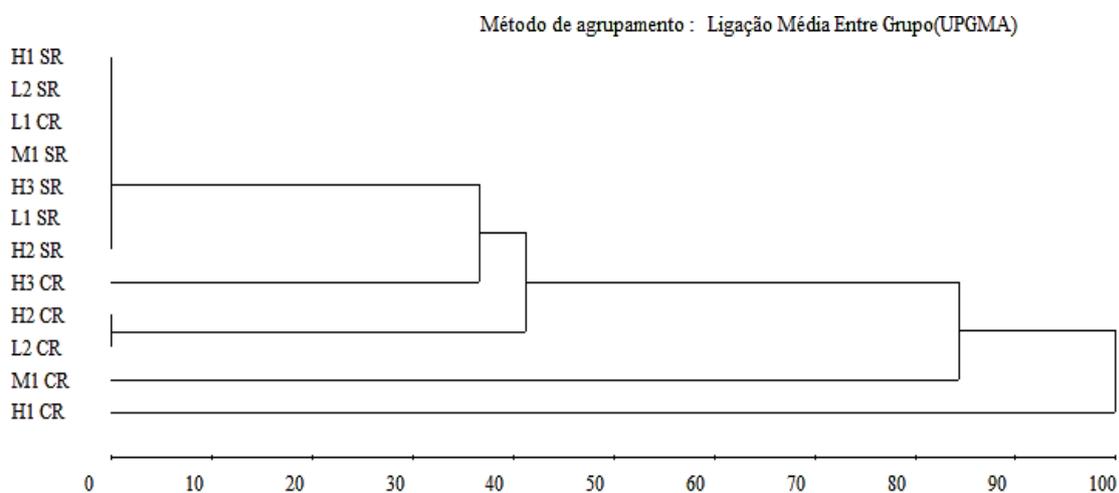
Comparando a resposta dos genótipos para os descritores que sofreram efeito do TNE, o genótipo L1 mostrou-se o mais estável, pois sofreu alteração no comprimento de planta. Em contrapartida, H1 e H2 foram os mais instáveis, mostrando alteração em ciclo, posição de ramificações, comprimento de planta e comprimento de eixo floral (Quadro1), demonstrando que o efeito do produto depende do genótipo e que essa interação é, ainda, suscetível à influência ambiental.

Dentre os descritores que sofreram alteração com o uso do produto, dois deles (ciclo e comprimento de planta) são considerados exigências mínimas da União Internacional para a Proteção de Novas Variedades de Plantas (UPOV) (BRASIL, 2002). Assim, eles podem ser os descritores com maior impacto para o reconhecimento das cultivares nos campos de produção de sementes.

Os descritores que sofreram alteração na expressão de estado em resposta ao TNE foram transformados em dados binários qualitativos para a realização da análise de agrupamento, com o intuito de ilustrar a (dis)similaridade dos tratamentos “genótipo-uso de TNE”. O método hierárquico escolhido para representar essa relação foi o

No ano 2018, para os descritores considerados anteriormente, exceto o comprimento de eixo floral, num ponto de corte (50%) também houve a formação de dois grupos (Figura 10). Porém, à diferença do ano anterior, no grupo que reuniu todos os genótipos-SR houve a inclusão do genótipo (L1-CR), esses genótipos foram similares para os descritores avaliados, também houve a presença de um subgrupo (H3, H2 e L2-CR), que diferiu do grupo principal quanto à expressão do ciclo e do comprimento de planta. No segundo grupo houve a divisão de dois subgrupos (M1-CR) e (H1-CR), que divergiu esse si pelo ciclo, densidade de panícula e comprimento de planta. O subgrupo M1 na presença do regulador de crescimento tornou-se diferente dos demais pelo caractere densidade de panícula. Já, o subgrupo H1-CR pela posição das ramificações na panícula. Os resultados evidenciaram dissimilaridade entre os genótipos sob as condições de manejo, com e sem o uso de trinexapac-ethyl, nos dois anos de experimento.

Figura 10 - Dendrograma de dissimilaridade de 12 combinações ‘genótipo-regulador de crescimento (1)’, obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, com base na matriz de distância Euclidiana média de acordo com cinco descritores multicategóricos binários (3). Passo Fundo, 2018



Nota: no eixo “x” encontram-se as distâncias genéticas relativas (%) e no “y”, encontra-se a identificação da sigla indicadora da combinação genótipo-uso de regulador de crescimento; ponto de corte: 50%.

(1) Genótipos de aveia-branca de baixa (L1, L2), média (M1) e alta (H1, H2, H3) estatura submetidos (CR) ou não (SR) à aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (Moddus®: 400 mL/ha).

(2) Ciclo, posição das ramificações da panícula, densidade de panícula e comprimento de planta.

A aplicação do TNE afetou maior número de descritores morfológicos no primeiro ano, quando foram constatadas as maiores reduções para a estatura da planta e comprimento médio dos entrenós em comparação aos mesmos descritores em 2018. Sabe-se que em aveia, a redução da estatura em resposta ao TNE é dependente de condições ambientais (HAWERROTH et al., 2015).

Em suma, os resultados aqui relatados indicam que o trinexapac-ethyl teve pouca influência na expressão dos descritores oficiais de *Avena* spp., o que assegura a confiabilidade do perfil fenotípico dos genótipos, garantindo as informações fornecidas pelo obtentor. Conjuntamente, mostrou-se eficaz na redução da estatura das plantas, associada aos caracteres relacionados ao comprimento do colmo e da panícula, e, por isso, poderia ser usado para o controle de acamamento em aveia-branca.

5 CONCLUSÕES

O regulador de crescimento trinexapac-ethyl tem baixo impacto sobre a expressão de estado de descritores de *Avena* spp., o que sugere elevada estabilidade da espécie frente à aplicação desse produto para controle do acamamento.

A aplicação do trinexapac-ethyl reduz a estatura e minimiza o acamamento de aveia-branca, independente da classe de estatura do genótipo. O produto diminui o eixo floral e peso do hectolitro, em maior ou menor grandeza, dependendo do genótipo.

A ação do trinexapac-ethyl é variável conforme as condições pluviométricas, podendo esperar-se maior benefício de seu uso em anos com maiores precipitações pluviométricas, favoráveis à ocorrência de acamamento.

REFERÊNCIAS

ARF, O.; NASCIMENTO, V. do; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. de C. F.; GITTI, D. de C.; SÁ, M. E. de. Uso de etil-trinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 150-158, 2012.

BARBOSA NETO, J. F.; MATIELLO, R. R.; CARVALHO, F. I. F. de; 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**, v. 35, p. 1605-1612, 2000.

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

BERRY, P. M.; BERRY, S. T. Understanding the genetic control of lodging-associated plant characters in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, v. 205, p. 671-689, 2015.

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, p. 217-271, 2004.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Informação aos usuários de proteção de cultivares**. Brasília: Mapa/SNPC, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 10 nov. 2018.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução normativa n.45 de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set. 2013. Seção 1, p. 1-39.

____ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Guia de inspeção de campos para produção de sementes**. 3. ed. Brasília: Mapa/ACS, 2011a.

____ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Proteção de Cultivares no Brasil**. Brasília: Mapa/ACS, 2011b.

____ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Determinações adicionais - peso volumétrico. In: **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. cap. 11, item 11.3, p. 343-344.

____ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de aveia (*Avena spp.*)**. Brasília, 2002. 12p.

____ Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997a. **Institui a Lei de Proteção de Cultivares e outras providências**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 24 set. 2018.

____ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Descritores mínimos do milho (*Zea mays L.*) Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade**. Brasília, 1997b. 13p.

____ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Descritores mínimos de arroz (*Oryza sativa L.*) Orientações gerais para a condução de testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE)**. Brasília, 1997c. 8p.

BRUCH, K. L.; DEWES, H.; VIEIRA, A. C. V. Proteção de cultivares e patentes de invenção: uma coexistência possível. **Revista de Propriedade Intelectual – Direito Contemporâneo e Constituição**, v. 9, p. 67-93, 2015.

BURLE, M. L.; OLIVEIRA, M. S. P. de. **Manual de curadores de germoplasma vegetal: caracterização morfológica**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2012.

CHAVARRRIA, G.; ROSA, W. P. da; HOFFMANN, L.; DURIGON, M. R. Regulador de crescimento em plantas de trigo: reflexos sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos. **Revista Ceres**, v. 62, p. 583-588, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6, n. 2, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

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

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 585 p.

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, p. 563-568, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informações Meteorológicas**, 2018. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/>>. Acesso em 20 dez. 2018.

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

FERREIRA, D. F. **Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 1998.

FIALHO, C. M. T.; FERREIRA, E. A.; MEIRA, R. A. S.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; FREITAS, F. C. L.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R. Caracteres morfoanatômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, v. 27, p. 533-539, 2009.

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

FONSECA, J. R.; VIEIRA, E. H. N.; PEREIRA, J. A. CUTRIM, V. dos A. Descritores morfoagronômicos de cultivares tradicionais de arroz coletados no Maranhão. **Revista Ceres**, v. 51. p. 45-56, 2004.

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, p. 477-486, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAFIUS, J. E.; BROWN, H. M. Lodging resistente in oats. **Agronomy Journal**, v. 46 p. 414-418, 1954.

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

HAWERROTH, M. C.; SILVA, J. A. G. da; SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, A. C. de; LUCHE, H. de S.; ZIMMER, C. M.; HAWERROTH, F. J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO J. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 115-125, 2015.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L.; GAUSSOIN; YOUNG, L. J. Heat tolerance of kentucky bluegrass as affected by trinexapac-ethyl. **Hortscience**, v. 36, p. 365-367, 2001.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M.; GITTI, D. de C.; ALCALDE, A. M. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 508-518, 2011.

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

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, p. 828-833, 2017.

KUINCHTNER, A.; BURIAL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 2, p. 171-182, 2001.

LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. 136p.

LÂNGARO, N. C.; FEDERIZZI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. de; RIEDE, C. R.; ALMEIDA, J. L. de; FONTANELI, R. S. Cultivares de aveia, qualidade de sementes e implantação da cultura. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. p. 44-53.

LICKFELDT, D. W.; GARDNER, D. S.; BRANHAM, B. E.; VOIGT, T. B. Implications of repeated trinexapac-ethyl applications on kentucky bluegrass. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1164-1168, 2001.

LUDWIG, M. P. **Fundamentos da produção de sementes em culturas produtoras de grãos**. Ibirubá: IFRS, 2016.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIRI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fisiológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1575-1582, 2009.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Cultivares protegidas**. Disponível em: <http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas>. Acesso em: 11 dez. 2018.

MARCO JUNIOR, J. de; CORREA, D.; NAKAI, E. H. Efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade do trigo. **Acta Iguazu**, v. 2, p. 14-19, 2013.

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, p. 535-544, 2018.

MORI, C. de; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012.

MOUCO, M. A. do C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, v. 40, p. 273-279, 2010.

NASCIMENTO, V. do.; ARF, O.; SILVA, M. G. da; BINOTTI, F. F.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. de C. F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, v. 68, p. 921-929, 2009.

NEENAN, M. An analysis of the housing problem with particular reference to wheat and barley. **Journal Agricultural Science**, v. 85, p. 495-507, 1975.

OLIVEIRA, A. C. de; CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, J. A. G. da; 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, p. 370-374, 2011.

PENCKOESKI, L. H.; BORSATO, E. F. **Utilizando regulador de crescimento em cereais de inverno**. Castro: Fundação ABC, 2016.

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

PINTHUS, M. J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, v. 25, p. 209-263, 1973.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A. de; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 34-41, 2013.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELLI, C.; FONSECA, I. C. de B.; OLIVEIRA, M. A. de; FERREIRA, A. S. F.; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-ethyl in the vegetative and

reproductive performance of corn. **African Journal Research**, v. 10, p.1735-1742, 2015.

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

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P.; Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. **Agricultural and Food Science in Finland**, v. 11, p. 233-244, 2002.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P.; ONNELA, M.; JACKSON, M. Effects of applying stem-shortening plant growth regulators to leaves on root elongation by seedlings of wheat, oat and barley: mediation by ethylene. **Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 51-59, 2002.

RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E.; HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **International Sugar Journal**, v. 103, p. 2-6, 2001.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

SHAH, A. N.; TANVEER, M.; REHMN, A.; ANJUM, S. A.; IQBAL, J.; AHMAD, R. Lodging stress in cereal-effects and management: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 5222-5237, 2016.

STEFEN, D. L. V.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; GUTKOSKI, L. C.; SANGOI, L. A adubação nitrogenada durante o espigamento melhora a qualidade industrial do trigo (*Triticum aestivum* cv. Mirante) cultivado com regulador de crescimento etil-trinexapac. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, p. 161-169, 2015.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008.

SUDRÉ, C. P.; CRUZ, C. D.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M.; AMARAL JUNIOR, A. T. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência

genética entre acesso de pimento e pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 88-93, 2006.

SYNGENTA. **Indicações do produto Moddus**. Disponível em: <<https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/moddus.pdf?token=1546519963>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. (Boletim Técnico, 5).

TUMINO, G.; VOORRIPS, R. E.; MORCIA, C.; GHIZZONI, R. GERMEIER, C. U.; PAULO, M. J.; TERZI, V.; SMULDERS, M. J. M. Genome-wide association analysis for lodging tolerance and plant height in a diverse European hexaploid oat collection. **Euphytica**, v. 213, p. 1-12, 2017.

TUREK, T. L.; MICHELON, L. H.; TOCHETTO, C.; COELHO, A. E.; FIOREZE, S. L. Consumo de água e eficiência produtiva de plantas de trigo tratadas com Etil-trinexapac. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, p. 198-205, 2018.

USDA - United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. 2017. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov>>. Acesso em: 10 set. 2018.

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

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

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

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**, v. 32, 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, p. 1001-1016, 1991.

ZHU, L.; SHI, G. X.; LI, Z. S.; KUANG, T. Y.; LI, B.; WEI, Q. K.; BAI, K. Z.; HU, Y. X.; LIN, J. X. Anatomical and chemical features of high-yield wheat cultivar with reference to its parents. **Acta Botanica Sinica**, v. 46, p. 565-572, 2004.

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

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

ANEXOS

Anexo I Descriptores de *Avena* spp.

VI. TABELA DE DESCRITORES DE AVEIA (*Avena* spp.)

Nome da espécie (comum e científico):

Nome proposto para a cultivar:

Característica (*)	Descrição da característica	Código para cada descrição	Código da cultivar
1. Planta: hábito vegetativo (+) (25-29)	vertical	1	| |
	semi-vertical	3	
	intermediário	5	
	semi-prostrado	7	
	prostrado	9	
2. Folha (inferior): pilosidade da bainha (+) (25-29)	fraca	3	| |
	média	5	
	forte	7	
3. Folha: pilosidade das bordas da lâmina imediatamente abaixo da folha bandeira (*) (+) (40-45)	ausente ou muito fraca	1	| |
	fraca	3	
	média	5	
	forte	7	
	muito forte	9	
4. Planta: frequência de plantas com folha bandeira recurvada (+) (47-51)	ausente ou muito baixa	1	| |
	baixa	3	
	média	5	
	alta	7	
	muito alta	9	
5. Folha bandeira: posição (+) (47-51)	ereta	1	| |
	intermediária	3	
	decumbente	5	
6. Ciclo: até emergência das panículas (primeira espiguetta visível em 50% das panículas) (*) (50-52)	muito precoce	1	| |
	precoce	3	
	médio	5	
	tardio	7	
	muito tardio	9	
7. Colmo: pilosidade do nó superior (*) (60-65)	ausente	1	| |
	presente	2	
8. Colmo: intensidade da pilosidade do nó superior (+) (60-65)	muito fraca	1	| |
	fraca	3	
	média	5	
	forte	7	
	muito forte	9	

9. Panícula: posição das ramificações (70-75)	ereta	1	|	|
	horizontal	5		
	semi-decumbente	7		
	decumbente	9		
10. Panícula: orientação da ramificação (+) (70-75)	unilateral	1	|	|
	parcialmente unilateral	2		
	equilateral	3		
11. Panícula: densidade (somente para <i>Avena sativa</i>) (+) (70-75)	baixa	3	|	|
	média	5		
	alta	7		
12. Panícula: posição das espiguetas (+) (70-75)	ereta	1	|	|
	decumbente	2		
13. Gluma: comprimento (70-75)	curto	3	|	|
	médio	5		
	longo	7		
14. Grão primário: cerosidade do lema (*) (70-75)	ausente	1	|	|
	presente	2		
15. Grão primário: intensidade da cerosidade do lema (*) (70-75)	muito fraca	1	|	|
	fraca	3		
	média	5		
	forte	7		
	muito forte	9		
16. Planta: comprimento (colmo e panícula) (*) (+) (80-85)	muito curto	1	|	|
	curto	3		
	médio	5		
	longo	7		
	muito longo	9		
17. Panícula: comprimento do eixo floral (+) (80-85)	muito curto	1	|	|
	curto	3		
	médio	5		
	longo	7		
	muito longo	9		
18. Gluma: forma (+) (92)	pontiaguda	1	|	|
	lanceolada	2		
	elíptica	3		
19. Gluma: pilosidade (92)	ausente	1	|	|
	presente	2		
20. Grão: casca (*) (92)	ausente	1	|	|
	presente	2		
21. Grão primário: pilosidade da base (+) (92)	ausente ou muito fraca	1	|	|
	fraca	3		
	média	5		
	forte	7		
	muito forte	9		

22. Grão primário: comprimento dos pêlos basais (+) (92)	curto	3	
	médio	5	|
	longo	7	|
23. Grão primário: comprimento da ráquila (+) (92)	curto	3	
	médio	5	|
	longo	7	|
24. Grão primário: comprimento do lema (9)	muito curto	1	
	curto	3	
	médio	5	|
	longo	7	|
	muito longo	9	
25. Grão: cor do lema (*) (92)	branca	1	
	amarela	2	
	marrom	3	|
	cinza	4	|
	preta	5	
26. Grão primário: pilosidade na face externa do lema (exceto para <i>Avena sativa</i>) (+) (92)	ausente	1	
	presente	2	|
27. Grão primário: tendência ao aristamento (somente para <i>Avena sativa</i>) (92)	ausente ou muito baixa	1	
		3	
	média	5	|
	alta	7	|
	muito alta	9	
28. Grão: tipo de arista (+) (92)	geniculado	1	
	retorcido	2	
	reto e curto	3	|
	reto e longo	4	|

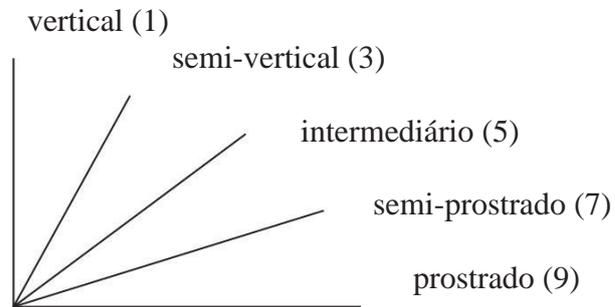
(*) Todas as características identificadas com um asterisco, fazem parte das exigências mínimas da UPOV.

(+) Ver item VII - Observações e Figuras.

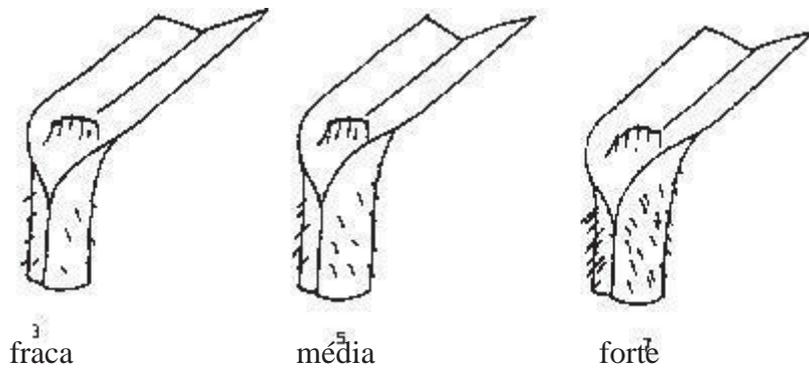
() Indicação da fase fenológica indicada para a avaliação da característica segundo a escala “Decimal Code for the Growth Stages of Cereals”, reproduzida de EUCARPIA Bulletin No. 7, 1974.

VII. OBSERVAÇÕES E FIGURAS

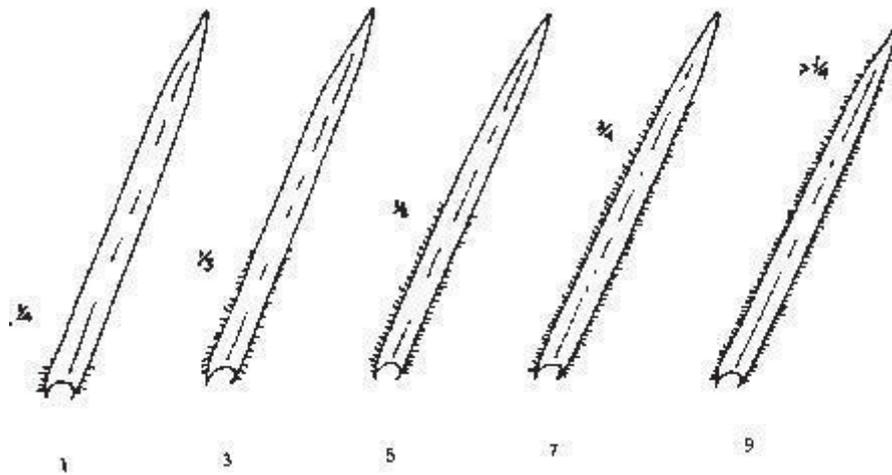
1.1. Característica 1 - Planta: hábito vegetativo



1.2. Característica 2 - Folha (inferior): pilosidade da bainha



1.3. Característica 3 - Folha: pilosidade das bordas da lâmina imediatamente abaixo da folha bandeira



ausente ou
muito fraca

fraca

média

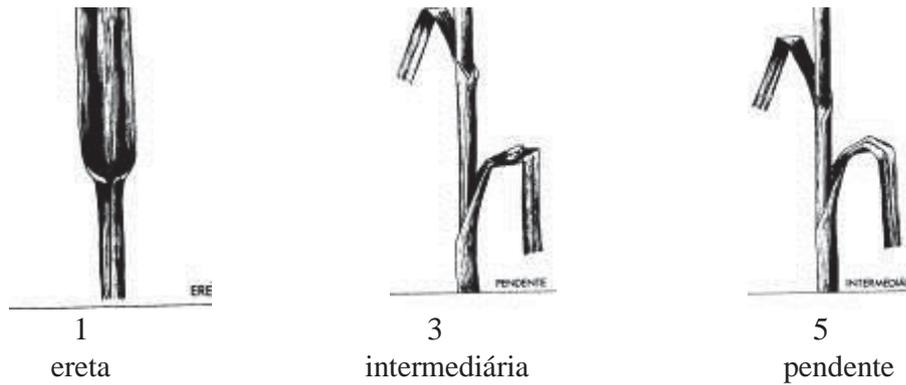
forte

muito forte

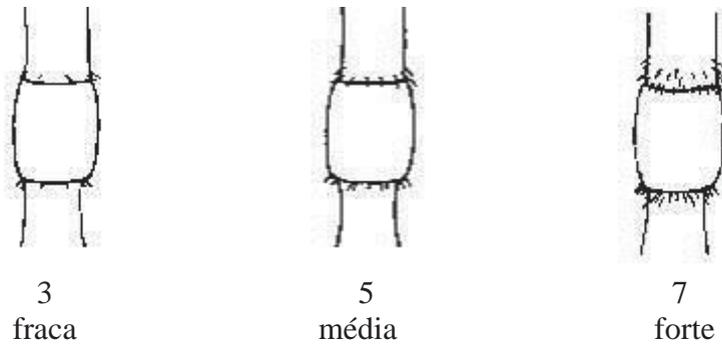
1.4 Característica 4 - Planta: frequência de plantas com folha bandeira recurvada:

- ausente ou muito baixa: todas as folhas bandeiras são retilíneas;
- baixa: aproximadamente $\frac{1}{4}$ das plantas apresentam folha bandeira recurvada;
- média: aproximadamente metade das plantas apresentam folha bandeira recurvada;
- alta: aproximadamente $\frac{3}{4}$ das plantas apresentam folha bandeira recurvada e
- muito alta: todas as folhas bandeiras são recurvadas.

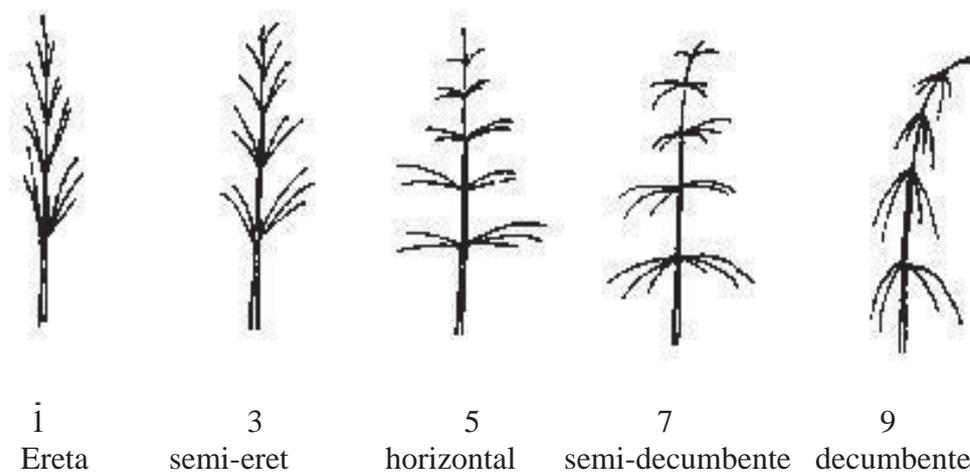
1.5. Característica 5 - Folha bandeira: posição



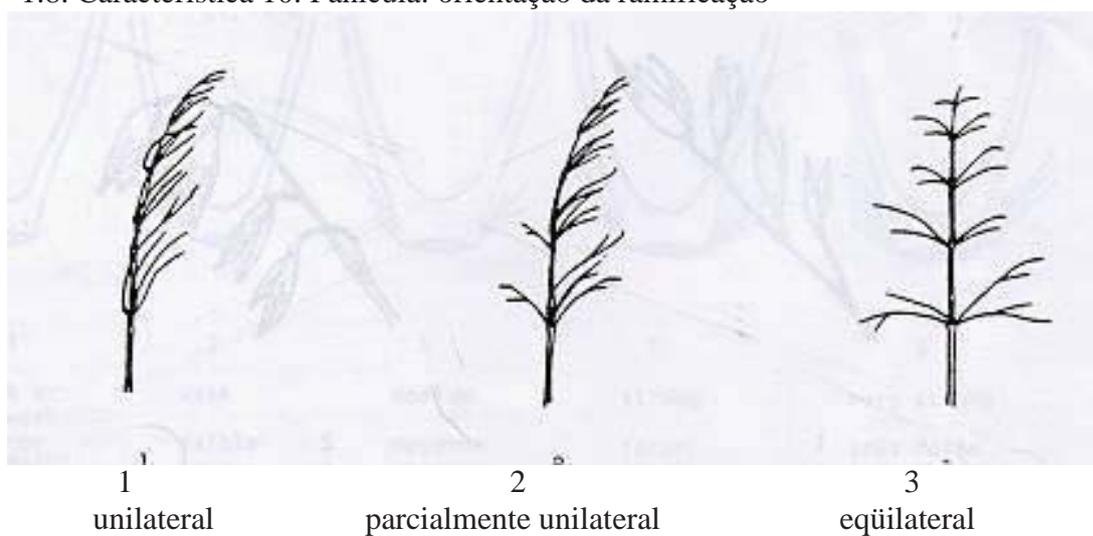
1.6. Característica 8 - Colmo: intensidade da pilosidade do nó superior



1.7. Característica 9. Panícula: posição das ramificações



1.8. Característica 10. Panícula: orientação da ramificação



1.9. Característica 11 - Panícula: densidade: Medir o comprimento do ráquis (prolongamento do pedúnculo) do colmo principal de 20 plantas e dividir pelo número de internódios; calcular a média:

- baixa: maior que 3,5 cm
- média: entre 3,5 e 2,5 cm
- alta: menor que 2,5 cm

1.10. Característica 12. Panícula: posição das espiguetas



1
ereta



2
decumbente

1.11. Característica 16 - Planta: comprimento (colmo e panícula). Considerar:

- muito curto : menor ou igual a 70 cm
- curto : entre 70 e 90 cm
- médio : entre 90 e 110 cm
- longo : entre 110 e 130 cm
- muito longo : maior que 130 cm

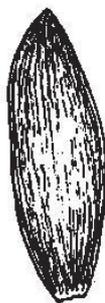
1.12. Característica 17 - Panícula: comprimento do eixo floral. Medir do primeiro nó da panícula até a última espiguetas:

- curto : aproximadamente 10 cm
- médio : aproximadamente 15 cm
- longo : aproximadamente 20 cm

1.13. Característica 18. Gluma: forma



1
pontiaguda

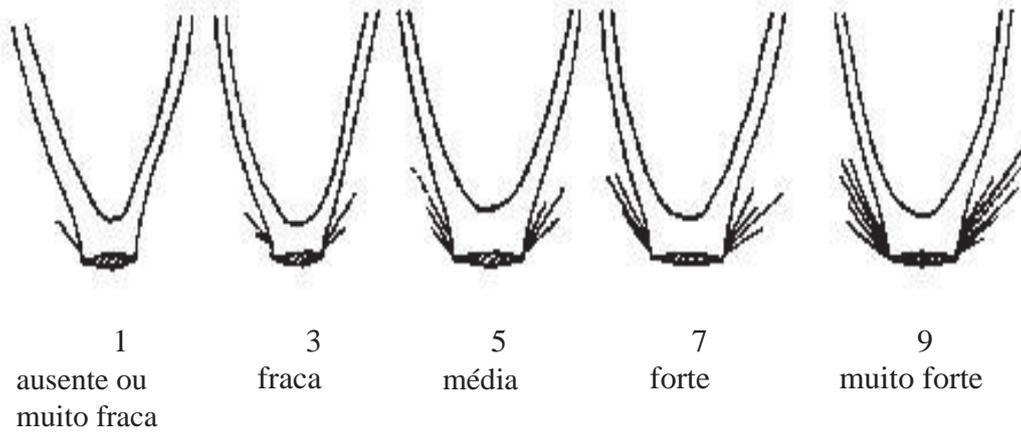


2
lanceolada

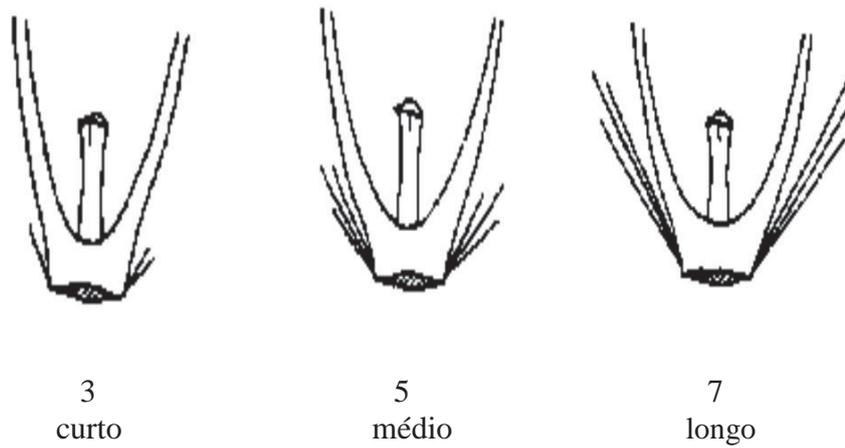


3
elíptica

1.14. Característica 21. Grão primário: pilosidade da base



1.15. Característica 22. Grão primário: comprimento dos pêlos basais



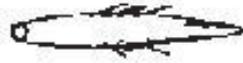
1.16. Característica 23. Grão primário: comprimento da ráquila



1.17. Característica 26. Grão primário: pilosidade na face externa do lema (exceto para *Avena sativa*)



1
presente



2
ausente

1.18. Característica 28. Grão: tipo de arista



1
geniculado



2
retorcido



3
reto e curto

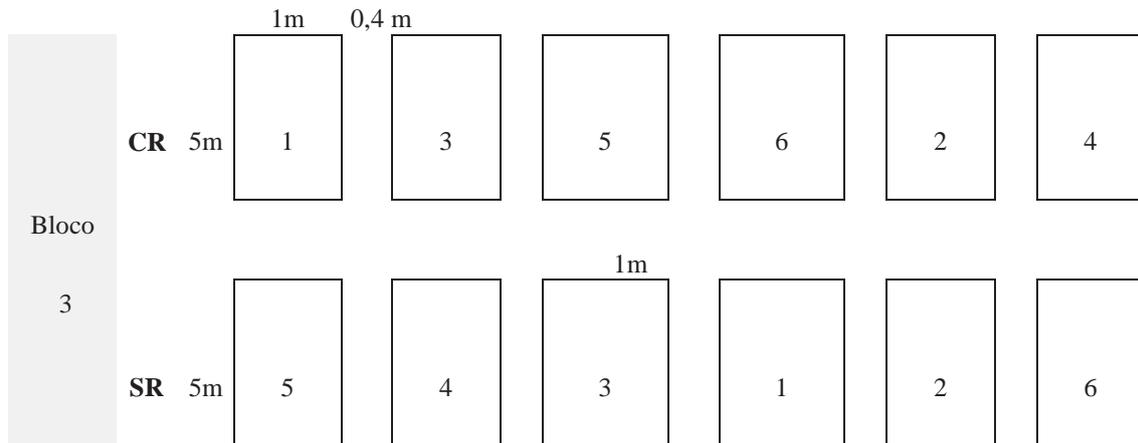


4
reto e longo

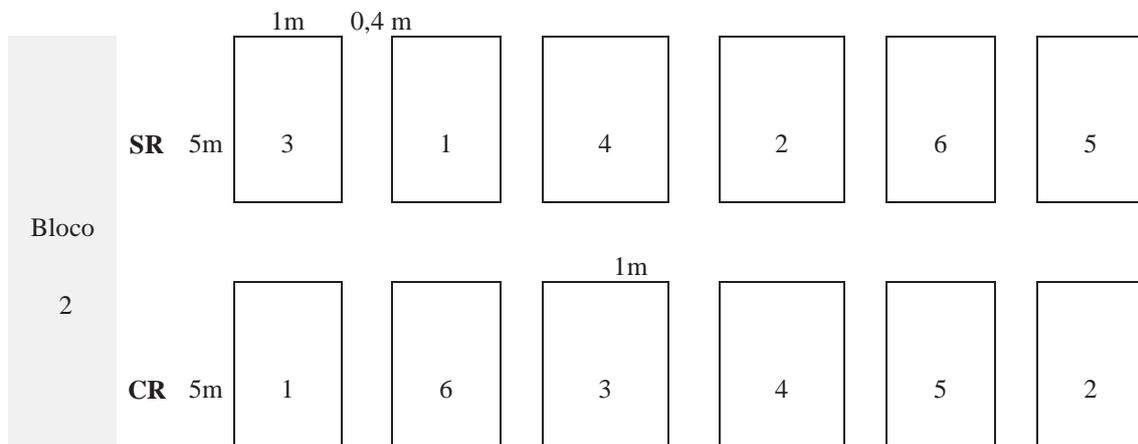
(Publicado no Diário Oficial da União de 1º de março de 2002, seção 1, páginas 2 e 3).

APÊNDICES

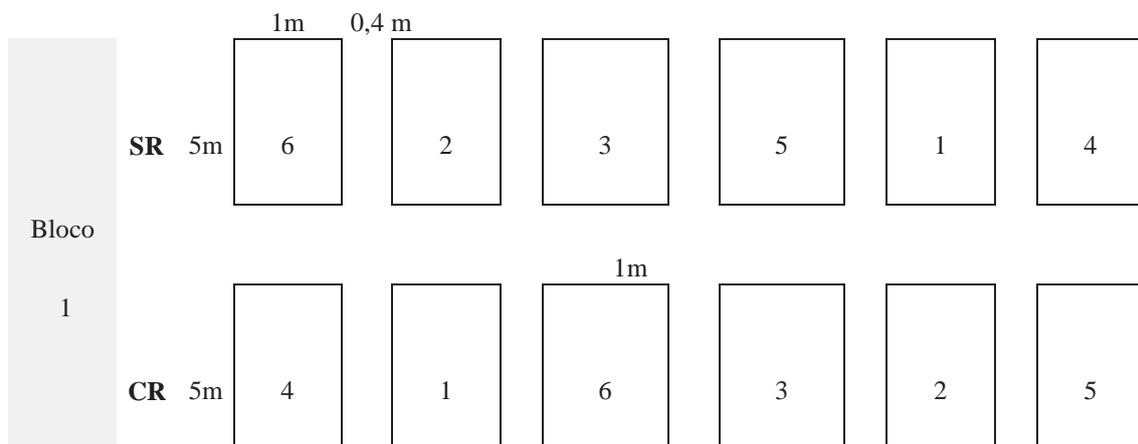
Apêndice I Delineamento experimental



1m



1m



- 1 - H2
- 2 - H1
- 3 - H3

- 4 - L1
- 5 - L2
- 6 - M1

CR: Com o Regulador
SR: Sem o Regulador

Apêndice II Descritores extraoficiais

Descritores extraoficiais

Estádio fenológico: 60 (florescimento pleno), de acordo com a escala de Zadoks, Chang e Konzac (1974).

Estatura de planta: com o auxílio de uma trena mediu-se a extensão planta, da base até o ápice da panícula (exceto as aristas).

Número de entrenós: realizou-se a contagem da quantidade de entrenós existentes no colmo principal.

Comprimento de entrenó e de pedúnculo: com o auxílio de uma trena realizou-se a medição do comprimento de cada entrenó e pedúnculo do colmo principal, no sentido da base da planta em direção ao ápice.



Díâmetro e espessura de colmo: realizou-se um corte no colmo principal e com o auxílio de um paquímetro foi medido o díâmetro e a espessura da parede do colmo, no segundo entrenó do colmo.



Díâmetro de coroa: realizou-se um corte no colmo principal e com o auxílio de um paquímetro foi medido o díâmetro de coroa.



Largura e comprimento do limbo da folha-bandeira e de folha anterior à folha-bandeira: com o auxílio de uma régua, realizaram-se as medições do comprimento de folha e largura (medida na parte central da folha).

Largura e comprimento de lígula: com o auxílio de um paquímetro mediu-se a extensão e a largura (medida na parte central da lígula).

Ângulo do limbo da folha-bandeira e da folha anterior à folha-bandeira: com o auxílio de um transferidor mediu-se em graus, a inclinação das folhas em relação ao colmo.





PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV