



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JOSÉ HENRIQUE BIZZARRI BAZZO

**TRINEXAPAC-ETHYL E DOSES DE NITROGÊNIO NO
DESEMPENHO PRODUTIVO, QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES E TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE AVEIA
BRANCA**

Londrina
2016

JOSÉ HENRIQUE BIZZARRI BAZZO

**TRINEXAPAC-ETHYL E DOSES DE NITROGÊNIO NO
DESEMPENHO PRODUTIVO, QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES E TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE AVEIA
BRANCA**

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

Orientadora: Prof. Dra. Inês Cristina de
Batista Fonseca

Co-orientador: Dr. Carlos Roberto Riede

Londrina
2016

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

Bazzo, José Henrique Bizzarri.

Trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio no desempenho produtivo, qualidade fisiológica de sementes e tecnológica de grãos de aveia branca / José Henrique Bizzarri Bazzo. - Londrina, 2016.
148 f.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.

Coorientador: Carlos Roberto Riede.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Redutor de crescimento - Teses. 2. Adubação nitrogenada - Teses. 3. Qualidade industrial - Teses. 4. Qualidade fisiológica de sementes - Teses. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista. II. Riede, Carlos Roberto. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

JOSÉ HENRIQUE BIZZARRI BAZZO

**TRINEXAPAC-ETHYL E DOSES DE NITROGÊNIO NO DESEMPENHO
PRODUTIVO, QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E
TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA**

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

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof. Dra. Inês Cristina de Batista
Fonseca
Universidade Estadual de Londrina – UEL

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

Dr. Klever Márcio Antunes Arruda
Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR

Dr. Sergio Ricardo Silva
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
Embrapa

Londrina, 29 de fevereiro de 2016.

Dedico este trabalho

A Deus, que me concedeu a vida e todas as oportunidades;

Aos meus pais Antônio e Denise que sempre acreditaram e confiaram em mim, me dando todo suporte e amor para que eu fizesse as minhas escolhas com liberdade e de forma segura;

À minha irmã Ariane, minha Avó Célia e todos meus amigos, os quais não mediram esforços para me incentivar a buscar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina – UEL e a todos os docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia que contribuíram para minha formação ética e profissional durante o Mestrado;

Ao Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR e seus colaboradores pelo apoio e disponibilidade para a realização dos experimentos a campo, especialmente ao Pesquisador Dr. Klever Márcio Antunes Arruda;

À Empresa SL Alimentos pelo apoio na realização das análises de qualidade tecnológica de grãos, especialmente a funcionária Raceli Sandrin;

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

À minha orientadora Prof. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca pelas orientações, atenção, paciência e dedicação;

Ao meu Co-orientador Dr. Carlos Roberto Riede pela sua grandeza como pessoa, pelos ensinamentos, pelas valiosas oportunidades de desenvolvimento profissional ao seu lado, pelo tempo dedicado a minha formação e pela confiança;

Ao Prof. Dr. Claudemir Zucareli, pelos ensinamentos, pelo apoio, pelo incentivo, pela amizade e sinceridade, pela paciência e dedicação em revisar os textos, pelas valiosas críticas e sugestões;

Aos meus pais, Antônio e Denise, que sempre me proporcionaram as melhores condições de desenvolvimento, sempre priorizando meus interesses;

À minha irmã Ariane e a minha Avó Célia, pelas palavras de incentivo, pelo carinho e pelas orações que tanto me sustentaram durante o trabalho;

À minha namorada pelo incentivo, pela motivação, pela compreensão e pelo carinho durante todos os momentos desta trajetória;

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

Aos estagiários (as) Carolina, Isabela, João, Vitor F, Vitor R, Mauro, Bruna, Thais, Letícia e Renan, pela força, apoio, empenho e amizade;

A Deus, por tudo: pela família, pelos amigos, pelo trabalho e por todos os momentos da minha vida;

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

BAZZO, José Henrique Bizzarri. **Trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio no desempenho produtivo, qualidade fisiológica de sementes e tecnológica de grãos de aveia branca**. 2016. 148f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

A aplicação de nitrogênio (N) no momento correto e em doses adequadas pode aumentar sua eficiência na cultura da aveia (*Avena sativa* L.), incrementando o rendimento de grãos por meio de alterações nos componentes de produção. A disponibilidade de N também pode influenciar o desempenho fisiológico das sementes e a qualidade tecnológica dos grãos. No entanto, o uso de altas doses deste nutriente pode resultar no acamamento das plantas, o que pode ser contornado com uso de redutores de crescimento. As respostas dos cereais às doses de N e ao redutor são variáveis de acordo com o genótipo e o ambiente de cultivo. Neste sentido objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, a qualidade fisiológica de sementes e tecnológica de grãos de cultivares de aveia branca granífera cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl em dois ambientes de cultivo. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Londrina e Mauá da Serra, Paraná, no ano agrícola de 2014. Para a avaliação do desempenho produtivo, conduziu-se dois experimentos em cada local de cultivo, com e sem a aplicação do redutor de crescimento, sob o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro cultivares de aveia branca (IPR Afrodite, URS Corona, URS Guria e AL1024) e as subparcelas de quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) na forma de ureia. Já para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes e tecnológica de grãos, utilizou-se a cultivar IPR Afrodite, sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) associadas ou não com a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Em todos os experimentos, na fase de perfilhamento da cultura, a aplicação de N foi realizada a lanço e, nos tratamentos em que as plantas foram submetidas à utilização do redutor de crescimento, o trinexapac-ethyl foi aplicado via pulverização foliar na dose de 125 g i.a ha⁻¹ durante o período de alongação do colmo, entre o 1° e 2° nó perceptível. Ao final dos experimentos avaliou-se o desempenho produtivo da cultura (altura de plantas, comprimento da panícula, número de panículas m⁻², número de espiguetas por panícula, número de grãos por espiguetas, número de grãos por panícula, massa de mil grãos, acamamento de plantas e produtividade de grãos), a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes (massa de mil sementes, germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântulas, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas em areia) e a qualidade tecnológica de grãos (massa de mil grãos, peso hectolítrico, porcentagem de grãos com espessura superior a dois milímetros de diâmetro, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos). Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e à análise de regressão até 2° grau. A aplicação do

reductor de crescimento diminui a altura e o acamamento de plantas e, quando associado à adubação nitrogenada de cobertura, eleva o número de panículas m⁻². O aumento da produtividade de grãos, com a utilização de reductor de crescimento, depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado somente em Mauá da Serra, para os genótipos analisados. A resposta dos genótipos à fertilização nitrogenada de cobertura também depende das características edafoclimáticas dos locais de cultivo. O efeito do reductor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na produtividade de sementes depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado aumento de produtividade somente em Mauá da Serra. A adubação nitrogenada de cobertura reduz a qualidade das sementes (porcentagem de germinação, velocidade de germinação e vigor das sementes), contudo este efeito pode ser minimizado, não observado ou sobreposto pelo efeito positivo do reductor de crescimento. Este efeito da aplicação do trinexapac-ethyl também depende das características do ambiente de cultivo e não foi observado em Londrina. O efeito do reductor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na qualidade tecnológica dos grãos da cultivar aveia branca IPR Afrodite depende das características do ambiente de cultivo. A aplicação do trinexapac-ethyl reduz a qualidade tecnológica dos grãos em Londrina (peso hectolítrico e índice de descasque) e Mauá da Serra (índice de grãos maiores que dois milímetros). Contudo, quando o reductor é associado às doses de nitrogênio, a qualidade industrial dos grãos é elevada tanto em Londrina (índice de grãos maiores que dois milímetros), quanto em Mauá da Serra (rendimento industrial de grãos).

Palavras-chave: Redutor de crescimento. *Avena sativa* L. Adubação nitrogenada. Acamamento de plantas. Qualidade industrial. Vigor. Germinação.

BAZZO, José Henrique Bizzarri. **Trinexapac-ethyl and nitrogen levels on productive performance, physiological seed and technological quality of the white oat grains.** 2016. 148p. Dissertation (Master Degree in Agronomy) – Londrina State University, Londrina, 2016.

ABSTRACT

The application of nitrogen (N) at the right time and appropriate dose appropriate can increase its efficiency in oat crop (*Avena sativa* L.), increasing grain yield through changes in production components. The availability of N can also influence physiological performance of the seed and technological quality of grains. However, the use of high doses of this nutrient can result in plant lodging, which can be solved by use of growth regulators. The responses of cereals to N rates and growth regulator are varied according with the genotype and environment conditions. The aim of this study was to evaluate the productive performance, physiological quality of the seeds and technological quality of the grains of white oat cultivars at different nitrogen doses associated with growth regulator trinexapac-ethyl at two planting location. Two experiments (with and without application of growth retardant) located in the city of Londrina and Mauá da Serra, Paraná State, Brazil were conducted in the 2014 crop season. In productive performance experiment the experimental randomized block design with split plots, and four replications were used. The plots consisted of four white oat cultivars (IPR Afrodite, URS Corona, URS Guria and AL1024) and the subplots of four doses of N (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹) as urea form. In physiological quality of the seeds and technological quality of the grains experiments, the IPR Afrodite cultivar and the experimental randomised block design in a factorial 4 x 2, with four replications were used. Treatments with four doses of N (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹), application or non-application of growth regulator were studied. In all experiments, at the tillering stage, the application of N in the form of urea, was performed by hand and at the stem elongation, period between the 1st and 2nd node noticeable, trinexapac-ethyl was applied at the rate of 125 g i.a ha⁻¹. The productive performance of the crop (plant height, panicle length, number of panicles m⁻², spikelet number per panicle, number of grains per spikelet, number of grains per panicle, 1.000 grain weight, lodging and grain yield) were evaluated in the first experiment; in the productivity and physiological seed quality experiment (1.000 seed weight, germination, first count, length of seedlings, dry mass of seedlings, accelerated aging, electrical conductivity, emergence speed index and seedling emergence in sand were evaluated) and in the technological quality of grain experiment (1.000 grain weight, hectoliter weight, percentage of grains thicker than two millimeters in diameter, peeling index and industrial grain yield) were evaluated. The data were submitted to normality and homogeneity analysis of the errors and to analysis of variance. The averages were compared by Tukey test at 5% probability and regression analysis to 2nd degree. The application of the growth regulator decreased the plant height and lodging, and when combined with nitrogen topdressing, increased the number of panicles m⁻². The increase of grain productivity with the utilization of growth regulator depends upon environmental characteristics, wich were only observed in Mauá da Serra, for analyzed genotype. Nitrogen fertilization coverage reduces seed quality (percentage and speed of germination and vigor), but this effect can be minimized, not observed or overlapped by the positive

effect of growth regulator. The application of trinexapac-ethyl also depends on the characteristics of the cultivation environment and was not observed in Londrina. The effect of growth regulator and nitrogen topdressing on the technological quality of oat grains depends of the characteristics of the growing environment. The application of trinexapac-ethyl decreases the technological quality of grain in Londrina (hectoliter weight and peeling index) and Mauá da Serra (grain index greater than two millimeters). However, when the growth regulator is associated with the nitrogen, the industrial quality of grain is high both in Londrina (grain index greater than two millimeters) and in Mauá da Serra (industrial grain yield).

Keywords: Growth regulator. *Avena sativa* L. Nitrogen fertilizer. Lodging. Industrial quality. Vigor. Germination.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO A

- Figura 3.1 - Dados médios mensais de temperatura e precipitação pluvial para o período de condução dos experimentos em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 201462
- Figura 3.2 - Número de panículas por área de quatro genótipos de aveia branca em resposta as doses de nitrogênio em cobertura e a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR, 201468
- Figura 3.3 - Acamamento de plantas de quatro genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura e à aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR, 201470
- Figura 3.4 - Altura da planta de genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 201475
- Figura 3.5 - Número de panículas por área de genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 201477
- Figura 3.6 - Massa de mil grãos de quatro genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 201479
- Figura 3.7 - Acamamento de plantas de quatro genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura, sem (a) e com (b) aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Mauá da Serra-PR, 201481

ARTIGO B

- Figura 4.1 - Dados médios mensais de temperatura e precipitação pluvial para o período de condução dos experimentos em Londrina e Mauá da Serra-PR, 201498
- Figura 4.2 - Produtividade de sementes da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, produzidas em Mauá da Serra-PR, 2014, em resposta as doses de nitrogênio em cobertura104

Figura 4.3 -	Primeira contagem da germinação de sementes de aveia branca da cultivar IPR Afrodite produzidas em Mauá da Serra-PR, 2014, em função de doses de nitrogênio em cobertura	107
Figura 4.4 -	Comprimento de plântulas da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, produzidas em Londrina-PR (a) e Mauá da Serra-PR (b), 2014, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura	108
Figura 4.5 -	Massa seca de plântulas da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, produzidas em Londrina-PR (a) e Mauá da Serra-PR (b), 2014, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura	110
Figura 4.6 -	Envelhecimento acelerado em sementes de aveia branca da cultivar IPR Afrodite, produzida em Londrina-PR (a) em resposta a doses de nitrogênio em cobertura e, em Mauá da Serra-PR (b) em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura.....	111
Figura 4.7 -	Emergência em areia de plântulas de aveia branca da cultivar IPR Afrodite, produzidas em Mauá da Serra-PR, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura.....	114

ARTIGO C

Figura 5.1 -	Dados médios mensais de temperatura e precipitação pluvial para o período de condução dos experimentos em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.....	129
Figura 5.2 -	Índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura. Londrina-PR, 2014	137
Figura 5.3 -	Índice de descasque (ID) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014	139
Figura 5.4 -	Rendimento industrial de grãos (RIG) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014	140

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A

- Tabela 3.1** - Dias para o florescimento, do florescimento à maturação e para a maturação plena dos genótipos de aveia branca cultivadas com e sem aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 201463
- Tabela 3.2** - Valores de quadrado médio da análise de variância conjunta para os experimentos com e sem aplicação do redutor de crescimento, para quatro genótipos de aveia branca em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, avaliados no município de Londrina-PR, 2014.....66
- Tabela 3.3** - Valores médios da altura da planta (AP) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR, 2014.....67
- Tabela 3.4** - Valores médios do número de grãos por panícula (G/P) e acamamento de plantas (AC) de quatro genótipos de aveia branca. Londrina-PR, 201469
- Tabela 3.5** - Valores de quadrado médio da análise de variância conjunta para os experimentos com e sem aplicação de redutor de crescimento, para quatro genótipos de aveia branca em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, avaliados no município de Mauá da Serra-PR, 201473
- Tabela 3.6** - Valores médios da altura da planta (AP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Mauá da Serra-PR, 201474
- Tabela 3.7** - Valores médios do comprimento da panícula (CP), número de panículas m-2 (P/M2), número de espiguetas panícula-1 (E/P) e número de grãos panícula-1 (G/P) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Mauá da Serra-PR, 201476
- Tabela 3.8** - Valores médios do número de panículas m-2 (P/M2), número de espiguetas panícula-1 (E/P), número de grãos espiguetas-1

	(G/E) e número de grãos panícula-1 (G/P) de quatro genótipos de aveia branca. Mauá da Serra-PR, 2014	76
Tabela 3.9	- Valores médios da massa de mil grãos de quatro genótipos de aveia branca em reposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014	80
Tabela 3.10	- Valores médios de acamamento de plantas (AC) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014	81
 ARTIGO B		
Tabela 4.1	- Períodos de dias para o florescimento, do florescimento à maturação e da emergência à maturação plena da cultivar de aveia branca IPR Afrodite cultivada com e sem aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014	99
Tabela 4.2	- Valores de quadrado médio da análise de variância para a cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura com e sem aplicação do redutor de crescimento, nos municípios de Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014	102
Tabela 4.3	- Valores médios de produtividade de sementes (PROD), germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014	105
 ARTIGO C		
Tabela 5.1	- Períodos de dias para o florescimento, do florescimento à maturação e da emergência à maturação plena da cultivar de aveia branca IPR Afrodite cultivada com e sem aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014	130

Tabela 5.2 - Valores de quadrado médio da análise de variância para a cultivar de aveia branca IPR Afrodite em função de doses de nitrogênio aplicadas, em cobertura, e aplicação de redutor de crescimento. Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.....	133
Tabela 5.3 - Valores médios de peso hectolítrico (PH) e índice de descasque (ID) em Londrina-PR e, índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm) em Mauá da Serra-PR da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. 2014.....	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBPA	Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia
CBTT	Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAOSTAT	Statistics Division of Food and Agriculture Organization
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
POTAFÓS	Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	A CULTURA DA AVEIA	17
2.1.1	Origem, Domesticação e Classificação Botânica	17
2.1.2	Produção e Utilização da Aveia	19
2.2	IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA A CULTURA DA AVEIA	21
2.2.1	Adubação Nitrogenada	23
2.2.2	Época de Aplicação do Nitrogênio	24
2.2.3	Doses de Nitrogênio	26
2.3	REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL	27
2.3.1	Modo de Ação	27
2.3.2	Doses e Época de Aplicação	29
2.4	COMPONENTES DO RENDIMENTO DE GRÃOS	30
2.5	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES	34
2.6	QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS	38
2.7	REFERÊNCIAS	41
3	ARTIGO A - DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A TRINEXAPAC-ETHYL NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO	57
3.1	RESUMO	57
	ABSTRACT.....	57
3.2	INTRODUÇÃO	59
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	61
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.5	CONCLUSÃO	85
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

4	ARTIGO B - TRINEXAPAC-ETHYL E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA GRANÍFERA	92
4.1	RESUMO.....	92
	ABSTRACT	92
4.2	INTRODUÇÃO	94
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	97
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
4.5	CONCLUSÃO	116
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
5	ARTIGO C - ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA ASSOCIADA AO TRINEXAPAC-ETHYL NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA	124
5.1	RESUMO.....	124
	ABSTRACT	124
5.2	INTRODUÇÃO	126
5.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	128
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	132
5.5	CONCLUSÃO	142
5.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
6	CONCLUSÕES GERAIS	148

1 INTRODUÇÃO

Quando se visa à diversificação na exploração agrícola, principalmente na região Sul do Brasil, a aveia (*Avena spp.*) é uma das principais alternativas de cultivo de inverno almejando boas produções e geração de renda, se caracterizando, ainda, como importante componente do sistema de rotação e sucessão de culturas. Cultivada durante a estação fria do ano, a aveia é capaz de gerar melhorias ao sistema de cultivo devido à sua capacidade restauradora das propriedades químicas e físicas do solo.

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que apresenta múltiplos propósitos, sendo utilizada na alimentação humana (aveia branca granífera), devido a qualidade de seus compostos nutricionais, e na alimentação animal (aveia branca granífera e forrageira) como forragem verde, feno, silagem e na composição de rações. No Sul do Brasil e em parte do Sudeste e Centro Oeste é cultivada para produção de grãos e formação de palhada visando a cobertura do solo, favorecendo a implantação das culturas de verão, especialmente em sistema de plantio direto. A aveia branca possui grãos de alta qualidade industrial, o que é de fundamental importância para a comercialização do cereal.

Entre as espécies de aveia cultivadas, a aveia branca ocupa a maior parte da área mundial cultivada com o cereal, resultado do aumento da produção devido à crescente demanda de seus derivados para o consumo humano. Este fato também influenciou a expansão da área cultivada no Brasil nos últimos anos, além do advento da semeadura direta e da rotação de culturas, que também impulsionaram seu cultivo.

Neste contexto, além de um bom desempenho produtivo da cultura, também aumentaram as exigências por sementes de qualidade, visando o estabelecimento adequado do estande de plantas, e por atributos ideais dos grãos de aveia branca para atender a indústria de alimentos. A indústria tem buscado grãos com as seguintes características: grandes e com reduzida massa de casca, facilidade no descasque mecânico, menor índice de quebra e elevada qualidade nutricional.

O potencial genético de uma cultivar, as condições edafoclimáticas do ambiente de cultivo, as técnicas de manejo e a interação entre esses fatores têm grande influência sobre a expressão do potencial de rendimento de um genótipo, bem como sobre o desempenho fisiológico das sementes e a qualidade tecnológica dos grãos. A compreensão das relações entre esses fatores pode auxiliar no planejamento e na tomada de decisão no sistema de produção, visando maiores rendimentos e qualidade dos grãos e sementes.

Entre as técnicas de manejo, a adubação nitrogenada destaca-se em razão do nitrogênio ser o elemento quantitativamente mais importante para a cultura, com respostas positivas em produtividade e em qualidade dos grãos/sementes. A eficiência na utilização do N pela planta é influenciada pela cultivar, que pode diferir na capacidade de emissão de perfilhos, ciclo e potencial produtivo de grãos. Estas diferenças podem resultar em respostas distintas à época de aplicação e à dose de N utilizada.

A aplicação de N no momento correto e em doses adequadas pode aumentar sua eficiência na cultura da aveia, incrementando o rendimento de grãos por meio de alterações nos componentes de produção. No entanto, o uso de altas doses deste nutriente pode resultar no aumento da estatura das plantas, com consequente acamamento que, quando ocorre na fase de enchimento de grãos, limita a translocação de carboidratos nas plantas e diminui a qualidade e o rendimento. Neste sentido, entre as estratégias para minimizar os riscos de acamamento quando do uso de altas doses de N, estão o uso de cultivares de porte baixo ou a aplicação de reguladores de crescimento.

Os reguladores de crescimento são compostos químicos que se caracterizam como uma alternativa para melhoria da eficiência produtiva das espécies cultivadas, sendo efetivos na redução da estatura das plantas e utilizados como estratégia de controle do acamamento, sem diminuição do rendimento.

Vários redutores de crescimento têm sido usados em cereais de inverno, destacando-se entre eles o trinexapac-ethyl, que age nas plantas diminuindo a alongação dos entrenós no estágio vegetativo. Esse redutor de crescimento também possui a capacidade de bloquear parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, reduzindo a respiração celular, sugerindo outro local potencial de ação para o trinexapac-ethyl. O declínio do teor do ácido giberélico ativo (GA_1) é a causa da inibição do crescimento das plantas. Além de reduzir o acamamento, o redutor pode alterar a morfologia e a partição de fotoassimilados na planta, favorecendo a produtividade e a qualidade de grãos e sementes. Entretanto, esses efeitos são dependentes do genótipo e de sua interação com o ambiente e o manejo.

Neste sentido objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, a qualidade fisiológica de sementes e a qualidade tecnológica de grãos de genótipos de aveia branca granífera cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em dois ambientes de cultivo contrastantes quanto às condições edafoclimáticas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA AVEIA

2.1.1 Origem, Domesticação e Classificação Botânica

A aveia pertence à família *Poaceae*, subfamília *Poideae*, tribo *Aveneae*, Gênero *Avena*. O gênero *Avena* possui muitas espécies e sua classificação é realizada a partir do nível de ploidia, sendo todas poliploides com número cromossômico básico igual a sete (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993). De acordo com Leggett e Thomas (1995), as espécies se distribuem em três níveis de ploidia: diplóides ($2n=2x=14$), tetraplóides ($2n=4x=28$) e hexaplóides ($2n=6x=42$).

Este cereal é uma gramínea anual de inverno e seu gênero compreende várias espécies silvestres, invasoras e cultivadas, distribuídas nos seis continentes (ABREU et al., 2005). As variações em caracteres morfológicos, agronômicos e o número de genomas são utilizados para a classificação das espécies de aveia (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

Segundo Leggett e Thomas (1995), a cultura apresenta quatro e cinco combinações genômicas. As espécies diplóides possuem os genomas AA ou CC, as tetraplóides os genomas AACC ou AABB e as hexaplóides apresentam o genoma AACCCD. No grupo hexaplóide, a *Avena sativa* L. (aveia branca) apresenta maior importância entre as espécies economicamente exploradas, caracterizando-se como um alopoliplóide natural, constituído pelos genomas ACD (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

A aveia tem como centro de origem a Ásia e o Oriente Médio (MARCHIORO, 2003). De acordo com Coffman (1961), a aveia se caracterizava como planta invasora de lavouras comerciais de trigo (*Triticum* spp.) e cevada (*Hordeum* spp.). Segundo o mesmo autor, a aveia branca se instalou nos campos europeus juntamente com as sementes de culturas de importância econômica e, à medida que estas espécies foram sendo dispersas para o centro e o norte da Europa, ambientes mais frios e úmidos, a aveia foi ganhando competitividade e sendo domesticada como uma lavoura alternativa, tornando-se uma cultura com finalidades alimentícias.

Os fatores determinantes da domesticação da aveia ainda não são bem conhecidos, porém supõe-se que a adaptação ecológica mais ampla do que o trigo e a cevada,

bem como o bom desenvolvimento em climas frios possam ser alguns desses fatores (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

A aveia é uma cultura utilizada há aproximadamente 4000 anos, sendo a *Avena strigosa* (aveia preta) a primeira espécie a ser explorada seguida da *Avena sativa* (aveia branca) (ABREU; SCHUCH; MAIA, 2002). A cultura foi introduzida no Brasil pelos descobridores e imigrantes europeus e é cultivada no país desde 1600 (TAVARES; ZANETTINI; CARVALHO, 1993).

As cultivares de aveia branca cultivadas no Sul do Brasil até meados da década de 80 eram oriundas do Uruguai e da Argentina, as quais apresentavam problemas de adaptação ao ambiente de cultivo, expressando ciclo tardio e elevada estatura. O reduzido rendimento de grãos e a baixa qualidade do produto se revelaram como consequência da interação genótipo x ambiente. Desta forma, no início da década de 70, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade de Passo Fundo (UPF) iniciaram programas de melhoramento genético dessa cultura mediante introdução de linhagens e populações segregantes provenientes da Universidade de Wisconsin (FEDERIZZI et al., 1997). Esse esforço inicial permitiu o lançamento de diversas cultivares melhoradas durante os anos 80.

Os trabalhos de melhoramento realizados proporcionaram a geração de genótipos altamente adaptados a diferentes ambientes de cultivo brasileiros, mudando as características agrônomicas da cultura em relação às primeiras cultivares adotadas no país. Os primeiros materiais introduzidos e lançados no país apresentavam biotipo de uma planta essencialmente forrageira, com porte elevado, ciclo de desenvolvimento tardio, e menor rendimento e qualidade de grãos em relação às cultivares desenvolvidas na década de 90, as quais já apresentavam características típicas de plantas produtoras de grãos (BARBOSA NETO et al., 2000).

No Sul do Brasil, o desenvolvimento da cultura da aveia é dividido em três períodos distintos, sendo eles: período antigo - década de 60, quando a lavoura de aveia era cultivada com o objetivo de produzir forragem e/ou para pastejo e posterior colheita de grãos com rendimento médio em torno de 700 kg ha⁻¹; período recente - década de 70, quando os caracteres agrônomicos foram alterados para permitir o aumento de rendimento e estabilidade de grãos, com produção média de até 940 kg ha⁻¹; período moderno – desde a década de 80, com rendimento médio de grãos acima de 1000 kg ha⁻¹. O período moderno é caracterizado pelas cultivares desenvolvidas no Rio Grande do Sul, as quais possuem ciclo curto, baixa estatura de planta, maior relação grão/palha, maior número de grãos/panícula, melhor

qualidade de grãos e rendimento médio de grãos superior a 1500 kg ha⁻¹ (CARVALHO; FEDERIZZI, 1993).

O melhoramento da aveia branca granífera está voltado para o desenvolvimento de genótipos com excelente qualidade industrial, rendimento de grãos superior às cultivares existentes no mercado e tolerantes a estresses bióticos e abióticos (HARTWIG et al., 2007).

2.1.2 Produção e Utilização da Aveia

No Sul do Brasil, quando se visa a diversificação na exploração agrícola, boas produções e geração de renda, a aveia é uma das principais alternativas de cultivo, caracterizando-se, ainda, como importante componente do sistema de rotação e sucessão de culturas. Implantada durante a estação fria do ano, propicia melhorias ao sistema de cultivo, tanto nas propriedades físicas como químicas do solo, além de trazer benefícios como a redução da quantidade de plantas daninhas e a menor incidência de pragas e doenças (CBPA, 2014).

No Brasil, as principais espécies de aveia cultivadas são a aveia branca (*Avena sativa* L.) e a aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch), caracterizadas como espécies de duplo propósito com produção de forragem e grãos, e a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) empregada como pastagem, adubo verde (FLOSS, 1988) e indicada para o cultivo como cobertura do solo por sua alta produção de matéria seca (CBPA, 2014).

Em função de cruzamentos entre aveias branca e amarela pelos programas de melhoramento genético e pela dificuldade de separação das espécies, adota-se o nome de aveia branca para todas as cultivares indicadas para produção de grãos. Assim, há comercialmente duas principais espécies, *Avena sativa* e *Avena strigosa* (CBPA, 2014).

A aveia branca é um cereal que apresenta múltiplos propósitos, sendo utilizada na alimentação humana devido à qualidade de seus compostos nutricionais, e na alimentação animal, como forragem verde, feno, silagem e na composição de rações. No sul do Brasil e em parte do Sudeste e Centro Oeste é cultivada para produção de grãos e formação de palhada para a cobertura do solo, favorecendo a implantação das culturas de verão em sucessão, especialmente em sistema de plantio direto. Seus grãos possuem alta qualidade industrial e são caracterizados pelo maior tamanho da cariopse, alto peso do hectolitro e alta porcentagem de grãos descascados em relação aos grãos inteiros (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004).

O cultivo da aveia é uma alternativa de inverno para inclusão nos sistemas de produção de grãos nos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina (IBGE, 2014). O clima característico e o tipo de solo dessas regiões são adequados para o cultivo de cereais de estação fria, constituindo-se um ambiente favorável à obtenção de alto rendimento de grãos destas espécies. Na região Sul do Brasil, a aveia branca se mostra como uma lavoura alternativa à cultura do trigo, fato este que tem estimulado a produção do cereal nesta região do país (CONAB, 2016).

A importância da aveia branca é evidenciada pela ocupação de grande parte da área mundial cultivada com aveia para grãos, resultado do aumento da demanda de seus derivados para consumo humano, além do advento da semeadura direta e da rotação de culturas, que também impulsionaram seu cultivo (FAOSTAT, 2015).

Em virtude da composição química e estrutural do grão de aveia branca ser única dentre todos os cereais, tem recebido atenção quanto aos seus benefícios ao consumo humano, sendo considerado um alimento funcional por apresentar em sua composição a fibra alimentar β -glucana, com efeito na redução do colesterol LDL (HARTWIG et al., 2007). Na alimentação humana, o cereal tem sido empregado para a produção de alimentos infantis, cereais matinais (quentes ou frios), granolas, barras de cereais, produtos forneados ou assados (pães, biscoito, bolos, etc.), componentes adicionais para engrossar sopas, molhos e para aumentar o volume de produtos cárneos (DE MORI; FONTANELI; SANTOS, 2012).

Dentre os cereais, a aveia ocupa o sétimo lugar em área de cultivo e produção no mundo. A área mundial colhida com o cereal decresceu entre as safras de 1961 e 2014, passando de 39,5 para 9,8 milhões de hectares (FAOSTAT, 2015). Este fato pode ser explicado pelo crescimento das áreas cultivadas com outras culturas de elevada expressão econômica em substituição às lavouras de aveia para grãos, devido as estratégias do mercado comercial agrícola.

Na safra 2014 foram cultivados no mundo, aproximadamente, 9,8 milhões de hectares com a cultura da aveia, apresentando produção de 23,6 milhões de toneladas e produtividade média de 2.408 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2015).

Os maiores produtores mundiais de aveia são União Europeia, Rússia, Canadá, Austrália, Bielorrússia e Estados Unidos. Esse conjunto de países responde por aproximadamente 85% da produção mundial. Na América do Sul, os principais produtores são Chile, Argentina e Brasil, responsáveis por 39,2, 32,8 e 25,2% da produção de aveia no continente, respectivamente (USDA, 2014).

Entre as safras de 1976 e 2015 foi registrado no Brasil um aumento de 197% na produtividade média de grãos de aveia, que passou de 940 kg ha⁻¹ para 1.853 kg ha⁻¹, fator também observado na área cultivada e na produção nacional da cultura que passaram de 39,8 mil ha e 37,4 mil toneladas em 1976 para 189,5 mil ha e 351,2 mil toneladas na safra 2015. Isso corresponde a um aumento de 476% em área cultivada e 939% em produção, nesse período. Em 2015, o Brasil registrou acréscimo de 18,4% em área colhida e 12,5% na produção, com redução de 7,4% no rendimento de grãos de aveia em relação ao ano anterior (CONAB, 2016).

Nos últimos 10 anos o rendimento de grãos aumentou, aproximadamente, 500 kg ha⁻¹ e, na média geral deste período, a produtividade tem ficado em torno de 2.000 kg ha⁻¹, o que está bem abaixo dos rendimentos obtidos com as principais *commodities* (CONAB, 2016). Segundo a CBPA (2014), o aumento do rendimento de grãos nos últimos dez anos vem crescendo e esse fato decorre, entre outros fatores, da utilização de cultivares com alto potencial produtivo, do uso apropriado de insumos e da adoção de tecnologias modernas.

Segundo dados da CONAB (2016), na safra de 2015 o maior produtor nacional de aveia foi o estado do Rio Grande do Sul, responsável por 118,4 mil hectares de área cultivada, produção de 217,9 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.840 kg ha⁻¹, seguido do Paraná (58,1 mil hectares de área cultivada, produção de 113,8 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.959 kg ha⁻¹) e Mato Grosso do Sul (13 mil hectares de área cultivada, produção de 19,5 mil toneladas de grãos e produtividade média de 1.500 kg ha⁻¹).

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

2.2 IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA A CULTURA DA AVEIA

O nitrogênio (N) é o nutriente quantitativamente mais importante para a cultura da aveia (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003), caracterizando-se como elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento da cultura (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001). Na planta, é constituinte estrutural de moléculas como ATP, NADPH, FAD, clorofila,

aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e inúmeras enzimas, participando de rotas metabólicas-chave e processos vitais na planta como a fotossíntese, a respiração, a multiplicação e a diferenciação celular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

De acordo com Arnon (1975), plantas bem supridas com N possuem maior capacidade de assimilação de CO₂ e síntese de carboidratos durante a fotossíntese, influenciando positivamente a divisão celular nos pontos de crescimento da planta, o que resulta no aumento da área foliar com consequente incremento na produção de grãos. Este fato é justificado pela ação do N no crescimento dos tecidos e também pela sua ação na diferenciação de gemas vegetativas e reprodutivas, culminando no aumento da produção de grãos em cereais de inverno (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Aspectos fisiológicos e morfológicos da planta, como o desenvolvimento de folhas, emissão de perfilhos e a capacidade fotossintética, podem ser afetados negativamente pela deficiência de N em Poaceas (NEUMANN et al., 2009). A falta de N pode resultar em morte prematura das folhas, retardando o crescimento das plantas e tornando-se, então, um fator limitante ao rendimento de grãos (MUNDSTOCK, 1983). Dessa maneira, a carência deste nutriente é considerada como fator limitante ao crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas no sistema de produção (MENEHIN et al., 2008). Em trigo, o rendimento de grãos e seus componentes são afetados negativamente pela deficiência de N na cultura devido seu efeito sobre a produção de biomassa e eficiência no uso da radiação solar (VIEIRA et al., 1995; YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005).

Estudos de Kelling e Fixen (1992) revelam que o teor proteico do grão de aveia branca é influenciado pela quantidade de N absorvido durante o ciclo da planta. Assim, em cereais, as vias anabólicas de proteína e amido competem pelos produtos da fotossíntese durante o período de enchimento de grãos e quando a exigência de N é satisfeita para a produção de amido, o nutriente é utilizado para aumentar a concentração de proteína nos grãos. Desta forma, os mesmos autores relatam que a falta de N na planta faz com que os fotossintetizados que seriam convertidos em proteínas sejam usados na síntese de carboidratos. De acordo com Kolchinski e Schuch, (2003), a síntese de amido e proteína em decorrência da disponibilidade de N pode afetar o peso hectolítrico dos grãos de aveia branca, podendo comprometer tanto a qualidade fisiológica das sementes quanto a qualidade tecnológica dos grãos.

Por ser constituinte de biomoléculas na planta, o N pode ainda afetar a qualidade fisiológica das sementes (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003) influenciando os processos de germinação e vigor de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

2.2.1 Adubação Nitrogenada

Muitos estudos sobre a adoção de adequadas práticas agrícolas para o manejo do N no solo têm sido realizadas no sentido de melhorar a eficiência deste nutriente no sistema de cultivo, visando a redução dos custos de produção, a proteção ambiental e o aumento no rendimento das culturas. As inúmeras reações e perdas que ocorrem durante o ciclo do N no solo devido à sua grande mobilidade e instabilidade (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002), principalmente em regiões tropicais e subtropicais, fazem com que a entrada de N no sistema deva ser realizada de forma criteriosa (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Solos brasileiros não suprem totalmente a demanda de N das espécies cultivadas (ERNANI, 2003), sendo essencial, portanto, sua complementação com fertilizantes nitrogenados. A adubação nitrogenada é uma técnica de manejo indispensável para a cultura da aveia expressar seu potencial produtivo, objetivando elevados rendimentos (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004), com respostas positivas à produtividade, qualidade dos grãos e teor de proteína nas sementes (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2004). Neste contexto, a CBPA (2014) recomenda que para os solos do estado do Paraná a adubação nitrogenada seja parcelada, parte na semeadura e parte em cobertura.

Benett et al. (2011), estudando a fertilização nitrogenada de trigo em cobertura no Cerrado em dois anos de cultivo, verificaram que o número de espiguetas por espiga, o número de grãos por espiga e a massa hectolétrica respondem significativamente ao parcelamento do nutriente. Também no cerrado, trabalhando com trigo irrigado em Latossolo Vermelho distrófico, Frizzone et al. (1996) encontraram resposta positiva à adubação nitrogenada em cobertura, mas ressaltaram que essa resposta depende da quantidade de água que é fornecida pela irrigação, além de outros fatores como as condições climáticas, tipo de solo, bem como da capacidade de extração de nutrientes pelas plantas. Sangoi et al. (2007) relatam que a adubação nitrogenada de cobertura influencia positivamente o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, melhorando a sua produtividade e caracterizando-se como uma das mais importantes práticas de manejo.

Trabalhando com a relação entre a disponibilidade de N em solos do Rio Grande do Sul e o afilhamento em aveia branca, Mundstock e Bredemeier (2001) observaram aumento da mortalidade dos afilhos quando não foi aplicado N em cobertura, durante os períodos de perfilhamento e emborrachamento da cultura, o que refletiu em menores rendimentos de grãos, em comparação àqueles tratamentos em que foi aplicado o N.

Para os solos do estado do Paraná, a indicação de adubação nitrogenada leva em consideração a cultura anterior e a quantidade de matéria orgânica do solo. Outros aspectos devem ser levados em consideração para a maior eficiência da adubação nitrogenada, como: histórico da lavoura, disponibilidade de água no solo, temperatura do ar e do solo, época de semeadura, estatura das plantas e sensibilidade ao acamamento, além da incidência de moléstias (CBPA, 2014).

De acordo com Sangoi et al. (2007) a eficiência na utilização do N pela planta é influenciada pela cultivar, que pode diferir na capacidade de emissão de perfilhos, no ciclo e no potencial produtivo de grãos. Os mesmos autores relatam que estas diferenças podem resultar em respostas distintas à época de aplicação e à dose de N utilizada. Neste contexto, os programas de melhoramento genético em aveia no Sul do Brasil têm desenvolvido cultivares mais adaptadas às diferentes condições de ambiente, com reduzida altura de plantas, resistência ao acamamento e melhor tolerância a doenças. O incremento desses caracteres normalmente têm permitido o uso mais eficiente do N pelas culturas (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003).

As fontes de N mais utilizadas na cultura da aveia são a ureia (45% de N), o nitrato de amônio (32% de N) e o sulfato de amônio (20% de N). Em geral, indica-se usar a fonte que apresentar o menor custo por unidade de N, sendo que a ureia é a mais utilizada na agricultura brasileira e de menor custo (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005).

De acordo com Malavolta (2006) o maior aproveitamento da adubação nitrogenada pode ser alcançado utilizando-se de modo, doses e épocas adequadas de aplicação, fonte mais apropriada às condições do solo e água, rotação de culturas, entre outros.

2.2.2 Época de Aplicação do Nitrogênio

No Paraná, a fertilização nitrogenada da cultura da aveia deve ser realizada em dois momentos distintos: por ocasião da semeadura e em cobertura durante o estágio de perfilhamento da cultura (CBPA, 2014), período este que vai desde a emissão da terceira folha até a sétima folha totalmente expandida (LONGNECKER; KIRBY; ROBSON, 1993).

Kolchinski e Schuch (2002) relatam que a aplicação de N em cobertura demonstra sua máxima eficiência quando aplicado no estágio de desenvolvimento em que os nutrientes são absorvidos mais rapidamente pela planta. Neste sentido, Peruzzo (2000) expõe

que o afilhamento é o período que pode aumentar a eficiência do uso do nutriente pela cultura por meio do incremento no rendimento de grãos.

De acordo com Longnecker, Kirby e Robson (1993) e Almeida e Mundstock (1998), a recomendação para a fertilização nitrogenada em cobertura tem relação com o processo de afilhamento, pois esta prática afeta a emissão e a sobrevivência de perfilhos, aumentando o número destas estruturas com elevadas doses de N no início deste período. Já a aplicação de N antes da expansão dos entrenós incrementa a sobrevivência dos perfilhos já emitidos (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001).

Segundo Silva et al. (2005), a aplicação de N no momento adequado é fundamental para incrementar a produtividade de grãos, pois aplicações muito precoces ou muito tardias podem ser pouco aproveitadas pelas plantas. A aplicação de doses de N em distintas épocas (semeadura, perfilhamento e na emergência da panícula) em aveia preta, revelaram a importância do fornecimento deste nutriente no perfilhamento, para a produção e qualidade fisiológica das sementes, quando utilizados 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 20 kg ha⁻¹ no perfilhamento (NAKAGAWA; CAVARIANI; MACHADO, 1995).

De acordo com Sangoi et al. (1999), a antecipação da aplicação do fertilizante nitrogenado pode favorecer as perdas por lixiviação do nutriente. Peruzzo (2000) explica que isso ocorre devido ao pequeno aporte radicular e aéreo da planta nas fases iniciais da cultura e, mesmo por que a própria semente fornece este nutriente em quantidades necessárias para o desenvolvimento inicial das plantas. Fancelli e Dourado Neto (1996) comprovam que para trigo, a exigência inicial de N é relativamente pequena, porém importantes para promover rápido desenvolvimento inicial e definir o potencial produtivo, justificando o fornecimento de parte do N na semeadura.

Em trigo, o fornecimento de N à planta é de grande importância nos períodos em que o potencial de rendimento está sendo estabelecido. Os componentes de rendimento, como número de espigas por área, número de espiguetas por espigas e grãos por espiga sofrem forte influência pela variação do momento em que o N é fornecido. No período compreendido entre a fase inicial até o início da diferenciação do primórdio floral, a falta de N reduz a formação de espiguetas e a formação de grãos (BRAZ et al., 2006)

De acordo com Bredemeier e Mundstock (2001), em trigo, o N deve ser disponibilizado às plantas preferencialmente entre a emergência e a emissão da sétima folha do colmo principal. No início deste período, há forte exigência de N para estabelecer o número de espiguetas diferenciadas e, em consequência, o número de grãos por espiga. Na época da emissão da sétima folha, o suprimento de N é crítico para determinar o número de

colmos que sobrevivem e produzem espigas (BRAZ et al., 2006). Didonet et al. (2000), estudando a resposta de cultivares de trigo à adubação nitrogenada de cobertura, observaram que o aumento da massa de grãos está normalmente associado a uma disponibilidade maior de N durante as fases de floração e início do enchimento de grãos.

Segundo Kelling e Fixen (1992), aplicações de N no início do estágio vegetativo aumentam o rendimento de grãos, enquanto que em estágios mais avançados aumentam a taxa de proteína no grão. Em alguns casos, a aplicação tardia de N pode aumentar a massa de grãos, em função da manutenção da área foliar ativa por um período mais longo e resultar em pequenos incrementos de rendimento (MCMASTER, 1997). Machado e Silveira (1993), relatam que a contínua absorção e assimilação de N, após a floração, assegura maior teor de N nas folhas, maior permanência dos tecidos fotossinteticamente ativos e, dessa forma, maior período de enchimento de grãos.

2.2.3 Doses de Nitrogênio

As doses de N a serem utilizadas no sistema de cultivo estão relacionadas com a altura das plantas e a fertilidade do solo, recomendando-se menores doses para as cultivares de porte alto e/ou para solos férteis, bem como solos que possuem alta quantidade de matéria orgânica (MUNDSTOCK, 1983).

No estado do Paraná, a quantidade de N recomendada para a cultura da aveia varia de 10 a 50 kg ha⁻¹ na semeadura e de 30 a 90 kg ha⁻¹ em cobertura, conforme a cultura anterior e a quantidade de matéria orgânica presente no solo (CBPA, 2014). No entanto, ensaios no Sul do Brasil têm apresentado respostas variáveis à adubação nitrogenada de acordo com as cultivares, local de cultivo e manejo (FLOSS; ECOSTEGUY; TISOT, 1996). Assim, a quantidade de N a ser aplicada no sistema de cultivo da aveia deve levar em consideração além da cultivar, a finalidade de sua produção, ou seja, quando o cultivo da aveia é destinado à formação de pastagem ou grãos (CBPA, 2014).

Deve-se aplicar maior quantidade de N na semeadura quando a cultura anterior à aveia for o milho, pois a palhada deste cereal apresenta elevada relação carbono/nitrogênio, ocasionando menor oferta de N mineral para absorção e assimilação pelas plantas. Neste sentido, em sistema plantio direto, é indicado, preferencialmente, o cultivo da aveia para produção de grãos após o cultivo de soja, em virtude da maior eficiência de N aplicado, resultando em rendimentos superiores quando comparado ao cultivo com áreas precedentes por milho (CBPA, 2014).

Conforme Zagonel, Venancio e Kunz. (2002), a utilização de elevadas doses de N é fator positivo para o aumento da produtividade do trigo, porém, pode resultar no acamamento da cultura, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos.

2.3 REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL

Uma alternativa que vem ganhando importância para melhoria da eficiência produtiva das espécies cultivadas é a utilização de reguladores de crescimento (PAGLIOSA et al., 2013), sendo geralmente utilizados como alternativa de controle para o acamamento de plantas (TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003), sem diminuição do rendimento de grãos (RADEMACHER, 2000).

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas que podem ser aplicadas diretamente nos vegetais, modificando o balanço hormonal e assim alterando processos vitais ou estruturais das plantas (FERRARI et al., 2008). Normalmente, esses compostos podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos, regulando o crescimento e desenvolvimento de plantas (ESPINDULA et al., 2010).

As aplicações de reguladores são realizadas com intuito de aumentar a produção e a qualidade de grãos ou facilitar a colheita. Dentre esses compostos tem-se os redutores ou retardantes de crescimento, também conhecidos como reguladores de estatura das plantas, que são compostos químicos aplicados exogenamente, geralmente comportando-se como antagonistas às giberelinas e agindo sobre o metabolismo destas (ESPINDULA et al., 2010).

2.3.1 Modo de Ação

As substâncias que atuam sobre o metabolismo das giberelinas são divididas em três classes, agindo na inibição das três etapas de síntese deste composto. A primeira classe é formada por compostos como o amônio quartenário (cloreto de clorquetat ou CCC, cloreto de mepiquat e AMO-1618) e o fosfônio (cloreto de clorfênio), seguida pela classe constituída por compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, como ancimidol (uma pirimidina), tetciclas (um norbornanodiazetina) e compostos tipo triazol (paclobutrazol e uniconazol). Por fim, o terceiro grupo inclui acilciclohexanoedionas como prohexadiona-Ca e trinexapac-etil, participando da terceira e última etapa da biossíntese de giberelina (RADEMACHER, 2000).

Comercialmente, produtos inibidores de giberelina são utilizados com o intuito de evitar o alongamento das plantas. Resultados positivos na redução da estatura das plantas vem sendo alcançados com a utilização de cloreto de clormequat (OLUMEKUN, 1996) e trinexapac-etil (ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2009) para a cultura do trigo.

Espindula et al. (2010), avaliando o efeito de doses e épocas de aplicação de três reguladores de crescimento na alongação do colmo de trigo, observaram que, independentemente da época de aplicação do produto, o trinexapac-etil promoveu menor comprimento do colmo, sendo seguido pelo clormequat e este pelo paclobutrazol. Essas diferenças entre os produtos sugerem que o trinexapac-etil possui maior efetividade em reduzir a estatura de plantas de trigo. É possível que existam rotas alternativas àquelas bloqueadas pelos reguladores e/ou efeitos ainda desconhecidos sobre outras rotas metabólicas da planta (HECKMAN et al., 2002). Fatores como a mobilidade da molécula na planta, persistência, entre outras, podem estar relacionados a essa diferença de efeitos entre os reguladores (ESPINDULA et al., 2010).

O trinexapac-ethyl age nas plantas diminuindo a alongação dos entrenós no estágio vegetativo; atua no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001) através da inibição da enzima 3 β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁), resultando no aumentando de seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). O redutor de crescimento também possui a capacidade de bloquear parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, reduzindo a respiração celular, sugerindo outro local potencial de ação para o trinexapac-ethyl (HECKMAN et al., 2002). A absorção de trinexapac-ethyl ocorre pelas folhas, sendo translocado até os entrenós do colmo, agindo então no balanço hormonal das giberelinas (KERBER; LEYPOLD; SEILER, 1989).

Lozano e Leaden (2001), avaliando o trinexapac-ethyl em cultivares de trigo e cevada em diferentes locais, concluíram que este redutor diminui de forma significativa o comprimento dos entrenós. Estes dados corroboram com os estudos Zagonel e Fernandes (2007) e Espindula et al. (2010), onde o produto trinexapac-ethyl apresentou bons resultados na redução da estatura das plantas de trigo.

O foco principal do uso de redutores de crescimento é a redução do acamamento, porém, vários autores trabalhando com a cultura do trigo observaram que, independentemente da ocorrência do acamamento, o trinexapac-ethyl promove aumento da produtividade por meio da modificação da arquitetura foliar das plantas proporcionando maior

aproveitamento da radiação solar (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002; ZAGONEL et al., 2002).

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

A resposta ou não dos componentes de produção ao redutor de crescimento podem estar relacionadas com fatores compensatórios, em que os componentes podem se relacionar de forma negativa, propiciando o acréscimo de uns e redução de outros (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003), sendo o rendimento de grãos obtido pela melhor combinação dos componentes de rendimento (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). As alterações na morfologia e na partição de fotoassimilados causadas pelo regulador de crescimento podem modificar não só o rendimento de grãos, como também afetar a qualidade fisiológica das sementes e a qualidade tecnológica de grãos, devido a alterações nas características químicas e físicas da planta.

2.3.2 Doses e Época de Aplicação

A aplicação de redutor de crescimento em trigo é recomendada às cultivares com tendência ao acamamento, em solos de alta fertilidade e em cultivos irrigados. Caso ocorra deficiência hídrica na fase inicial do desenvolvimento da cultura, sua utilização não é indicada. Segundo a pesquisa com trigo, o momento adequado para a aplicação de Moddus[®] (trinexapac-ethyl) é na fase de alongação da cultura (com o 1º nó visível), na dose de 0,4 L ha⁻¹ (CBPTT, 2014).

Segundo Zagonel e Fernandes (2007), a aplicação deste produto é indicada por ocasião do aparecimento do primeiro e o segundo nó detectáveis. Os mesmos autores relatam que essa recomendação é muito ampla e não leva em consideração as características peculiares de cada cultivar, que respondem de maneira diferencial em relação à dose do produto. A aplicação de trinexapac-ethyl é uma prática ainda não recomendada para aveia branca em cultivo no Brasil (CBPA, 2014).

Um fator de muita importância e que merece atenção com relação aos redutores de crescimento é a época de aplicação, visto que a redução da altura de plantas está associada ao estágio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação do trinexapac-ethyl. As aplicações realizadas em estádios de crescimento anteriores ao recomendado (o primeiro e o segundo nó perceptíveis) produzem pouco efeito sobre a altura das plantas, pois a atuação do redutor vai ocorrer principalmente nos primeiros entrenós, que já são curtos. Já as aplicações tardias têm efeito sobre os entrenós superiores e mais longos (como o pedúnculo), diminuindo sensivelmente o tamanho das plantas, podendo retardar o espigamento e diminuir a produtividade de grãos (RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

2.4 COMPONENTES DO RENDIMENTO DE GRÃOS

O aumento no potencial de rendimento de grãos da aveia branca, alcançado pelo melhoramento genético, modificou consideravelmente o cenário produtivo desta cultura no país. Atualmente é possível verificar elevadas produtividades resultantes do lançamento de novas cultivares adaptadas aos diferentes ambientes de cultivo brasileiros e ao manejo tecnificado incorporado ao sistema de produção (CBPA, 2014).

Para Zaffaroni et al. (1998) existem vários fatores que afetam o rendimento das culturas, porém, acréscimos na produtividade somente serão possíveis por meio de programas de melhoramento que se orientem pelo estudo da importância dos componentes de rendimento e uso de práticas culturais adequadas.

Segundo Grafius (1978), muitos atributos da planta são decisivos para a definição do seu potencial produtivo e, conseqüentemente, do rendimento de grãos, indo desde a estatura média de planta, ciclo de desenvolvimento, componentes diretos e indiretos do rendimento de grãos, até seu comportamento frente a estresses bióticos e abióticos. O mesmo autor cita que caracteres como número de afilhos férteis por área, número de grãos por panícula e massa média de grãos caracterizam os componentes diretos do rendimento de grãos na cultura da aveia branca.

Castro, Costa e Neto (2012) relatam que os componentes de produção são determinados sequencialmente durante o desenvolvimento da cultura, sendo o número de espiguetas formado bem antes da antese, o número de grãos por volta da antese e o tamanho e massa do grão entre a antese e a maturidade.

Neste contexto, Silva et al. (2015) citam que as características genéticas, as condições edafoclimáticas e as técnicas de cultivo podem diferenciar o crescimento e o

desenvolvimento da planta além de afetar a expressão dos componentes de produção, o rendimento e a qualidade de grãos.

A produtividade de grãos é uma característica controlada por grande número de genes, tendo, portanto, herança quantitativa. Isso ocorre porque a produtividade de grãos depende da interação de vários componentes de rendimento, os quais são controlados por fatores genéticos da cultivar e pelo ambiente. Os componentes de rendimento de grãos são importantes características que podem ser afetadas pela nutrição, entre outros fatores (FREITAS et al., 2007). Neste sentido, Fageria e Barbosa Filho (1982) citam que o desenvolvimento desses componentes pode ser influenciado positiva ou negativamente pelo N, devido às múltiplas funções desse nutriente na planta.

Megda et al. (2009), estudando a resposta de cultivares de trigo à adubação nitrogenada sob sistema de plantio direto, relatam que a nutrição mineral tem efeito na produtividade de grãos. A aplicação de N no momento adequado pode aumentar sua eficiência de uso pela cultura do trigo e alterar o rendimento de grãos por meio de estímulos aos componentes do rendimento (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2001). Neste sentido, as pesquisas com trigo indicam que o fator preponderante para a formação e desenvolvimento dos perfilhos é a adequada nutrição com N. Assim, a aplicação de adubo nitrogenado representa uma prática cultural indispensável nessa cultura, objetivando alcançar elevadas produtividades.

Zagonel et al. (2002) estudando doses de N, densidade de plantas e aplicação de regulador de crescimento na cultivar OR-1, relatam que todos os componentes de rendimento do trigo podem beneficiar-se em maior ou menor grau com o N, exceto a população de plantas. Assim, as quantidades e fonte adequadas de N são essenciais para incrementar os componentes de produção, promovendo o máximo potencial de produtividade (MEGDA et al., 2009).

Embora possa se incrementar cada um dos componentes individualmente, fenômenos compensatórios fazem com que frequentemente os componentes se relacionem de forma negativa, propiciando o incremento de uns e o decréscimo de outros. Deste modo, o mesmo rendimento de grãos pode ser obtido por diferentes caminhos, sendo difícil estabelecer uma combinação ótima dos diversos componentes. Entretanto, é essencial considerar sempre as diversas variáveis envolvidas no processo e inserir a matriz ambiental em todo processo decisório. A melhor resposta biológica não é alcançada pela máxima utilização dos diversos fatores de produção e sim pelo equilíbrio entre eles (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003).

De acordo com Felicio et al. (2001), a expressão do potencial de rendimento de um genótipo em uma determinada região depende, além de fatores genéticos, das características do ambiente de cultivo, especialmente o fotoperíodo, a temperatura e a radiação solar. Os mesmos autores citam que eventos climáticos como geadas, granizos, excesso ou deficiência de precipitações pluviais, têm também efeitos importantes sobre o potencial de rendimento.

Condé et al. (2011), avaliando diferentes genótipos de trigo, verificaram que o fator ambiente influenciou a produtividade dos materiais, pois as condições climáticas diferiram de um ano para outro e de um local para outro e a disponibilidade de água representa fator limitante, nestes casos.

Apesar da aveia branca ser cultivada em várias regiões do mundo, devido à sua alta adaptabilidade, quando se visa rentabilidade é importante cultivá-la em regiões edafoclimaticamente aptas, pois é uma cultura bastante influenciada pelas condições ambientais. Quando estas são satisfatórias, a cultura é produtiva, caso contrário podem ocorrer frustrações de safras, que serão proporcionais à duração e intensidade das condições adversas (CASTRO; COSTA; NETO, 2012).

Para Street e Opik (1974) a temperatura ótima para o crescimento vegetal altera-se conforme seu estágio fenológico e entre os órgãos da planta. Este elemento meteorológico influencia o desenvolvimento e o crescimento das gemas laterais, encontradas nas axilas das folhas mais baixas da haste principal, que darão origem aos perfilhos. O perfilhamento da aveia é favorecido por temperaturas mais baixas e é estimulado pela geada (FLOSS et al., 2009), já o desenvolvimento da parte aérea é mais estimulado com temperaturas maiores, até 25°C (KEGLER; MOURÃO, 2011).

O afilhamento é fundamental na determinação da produtividade de grãos em aveia, pois afeta o componente de produção número de panículas por área. Durante o período de formação de grãos, as baixas temperaturas são prejudiciais; geadas podem paralisar o crescimento resultando, na colheita, em grãos enrugados e de baixo peso (LEONARD; MARTINELLI, 2005).

Assim como temperaturas excessivamente baixas, as demasiadamente altas também podem prejudicar a cultura, acelerando o ciclo, afetando a formação do grão de pólen e causando menores produções (CASTRO; COSTA; NETO, 2012). Se submetidas a temperaturas iguais ou maiores a 32°C durante um ou mais dias ocorre a paralisação da formação dos grãos e, quando aliadas à baixa umidade do ar, estes amadurecem rapidamente,

reduzindo o rendimento (MUNDSTOCK, 1983). Temperaturas superiores a 31°C podem afetar o estande inicial da cultura da aveia no campo (CASTRO; COSTA; NETO, 2012).

A diferenciação floral e o início do florescimento ocorrem sob o aumento do comprimento do dia, da radiação incidente e da temperatura (CASTRO; KLUGE, 1999). Nesta mesma condição de tempo, as plantas apresentam aumento na velocidade de desenvolvimento das inflorescências, resultando em grande número de espiguetas (WELCH, 1995). Já a fixação dos grãos é particularmente influenciada pela intensidade luminosa e pelo suprimento de água, logo antes da antese e nas semanas subsequentes (CASTRO; KLUGE, 1999).

A interceptação da radiação solar em determinados estádios de desenvolvimento depende do tamanho, forma, ângulo e orientação azimutal das folhas. A produtividade individual dos grãos depende da capacidade de produção, que é composta pelo número de espiguetas por hectare e do número de flores por espiguetas, enquanto que a produtividade final depende do número de flores que produzem grãos e da massa unitária destes. O potencial de produção depende do desenvolvimento da inflorescência até a emissão da panícula, enquanto que a produtividade final depende muito da fotossíntese da folha bandeira e das espiguetas (CASTRO; COSTA; NETO, 2012).

De acordo com Langer (1972), as plantas de aveia branca requerem mais água em determinados períodos críticos vitais para seu completo desenvolvimento, sendo eles: germinação, emborrachamento (período de maior demanda hídrica), floração e formação dos grãos. A quantidade de água disponível para a cultura, dentre outros fatores, influencia diretamente processos como a fotossíntese, translocação e armazenamento de reservas nos órgãos vegetais e, em especial, o desenvolvimento das inflorescências e sua posterior granação (CASTRO; COSTA; NETO, 2012).

Estudos revelam que em condições de déficit hídrico a planta de aveia pode orientar a translocação de suas reservas para a manutenção do afilho principal em detrimento dos afilhos secundários, além de afetar negativamente o desenvolvimento de estruturas reprodutivas masculinas e a formação de grãos (CASTRO; COSTA; NETO, 2012). O suprimento de água em períodos que antecedem e ultrapassam a antese são de extrema importância para a fixação dos grãos formados na panícula (CASTRO; KLUGE, 1999).

Para o florescimento, a aveia branca requer mais de 12 horas de luz por dia, porém algumas variedades são insensíveis a este fator. Normalmente, o fotoperíodo é capaz de influir sobre o número de nós do colmo, número de folhas e o tamanho da estrutura

reprodutiva das plantas. O tempo entre a sementeira e a emergência da panícula é diminuído progressivamente com o aumento do comprimento do dia (CASTRO; COSTA; NETO, 2012).

Neste contexto, Caierão et al. (2001), estudando linhagens de aveia branca, observaram que o número de dias da emergência à maturidade fisiológica surte efeito positivo sobre o rendimento de grãos, sugerindo que genótipos com ciclos de desenvolvimento mais longos expressam rendimentos de grãos mais elevados. No mesmo trabalho foram verificadas correlações negativas entre o período vegetativo e o período reprodutivo. Os resultados revelam que os genótipos de aveia branca apresentam efeito compensatório entre as fases vegetativa e a reprodutiva, sendo que, quando o genótipo tem seu período vegetativo prolongado ou é caracteristicamente mais longo, o período reprodutivo tende a ser mais curto.

Em trabalhos com populações segregantes de aveia branca, Hartwig et al. (2006) verificaram relações predominantemente negativas entre o rendimento de grãos e a duração do período vegetativo, e relações positivas do rendimento de grãos com o período reprodutivo. Desta forma, a seleção de plantas que evidenciem menor período vegetativo e maior reprodutivo poderá promover a obtenção de genótipos mais ajustados e produtivos (HARTWIG et al., 2006). Neste sentido, estudos com cultivares modernas realizados por Barbosa Neto et al. (2000) revelaram que o período vegetativo mais curto (em dias) está associado ao maior rendimento de grãos. Neste trabalho os autores expõem que ao longo de 40 anos a duração do ciclo vegetativo das plantas foi reduzido em 21%, enquanto o rendimento de grãos obteve um incremento de 22%.

2.5 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade fisiológica de sementes pode ser interpretada como a capacidade destas em realizar funções essenciais à sua sobrevivência, caracterizada pela germinação e vigor, afetando a implantação e o desempenho da cultura em condições de campo (SCHUCH; KOLCHINSKI; CANTARELLI, 2008). A germinação compreende uma sequência de reações bioquímicas que reativam o crescimento do embrião, resultando no rompimento do tegumento da semente e na emergência da plântula (MALAVASI, 1988). Já o vigor refere-se ao conjunto de propriedades que atribuem à semente o potencial para germinar, emergir e resultar em plântulas normais em distintas condições ambientais (MARCOS FILHO, 1999). Assim, o estabelecimento rápido e uniforme das plantas, por meio da utilização de sementes de boa qualidade, pode favorecer a obtenção de rendimentos mais elevados (LUDWIG et al., 2009).

Fatores como o clima, condições do solo, época de semeadura, cultivar e o manejo adotado influenciam na produção de sementes de qualidade, bem como na relação entre a qualidade fisiológica das sementes e o estabelecimento da cultura no campo (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003).

Segundo Sá (1994), outra questão que pode interferir nesta relação é a disponibilidade de nutrientes para a planta, pois este fator está diretamente relacionado com a composição química da semente, formação do embrião e de estruturas de reserva e, conseqüentemente, com o desempenho fisiológico da semente. O mesmo autor cita que plantas bem nutridas apresentam melhores condições de produzir maior quantidade de sementes, e de melhor qualidade.

De acordo com Kolchinski e Schuch (2004), a qualidade das sementes pode ser afetada pela disponibilidade de N no vegetal, pois este nutriente é constituinte de biomoléculas e participa de funções metabólicas essenciais para a planta. Os mesmos autores relatam que a quantidade de N absorvido durante o ciclo da planta exerce influência importante na determinação do teor proteico do grão e, neste sentido, trabalhos realizados com trigo por Carvalho e Nakagawa (2012) têm mostrado a existência de correlação positiva entre o teor de proteína e a qualidade fisiológica das sementes. Essas informações corroboram as relatadas por Prado (2004), quando o autor afirma que a adubação nitrogenada interfere no conteúdo de proteína das sementes, podendo afetar sua qualidade, uma vez que as proteínas de reserva são hidrolisadas durante a germinação, para suprir o nitrogênio, enxofre e esqueletos de carbono, necessários ao eixo embrionário e à plântula durante as fases iniciais de desenvolvimento. O mesmo autor cita que a redução da quantidade de proteína na semente pode ocasionar-lhe deterioração mais rápida.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a adubação nitrogenada pode influenciar o desempenho fisiológico da semente, contudo os seus efeitos variam de acordo com a espécie, condições ambientais, bem como com o estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre a aplicação do fertilizante. Além desses fatores, Zucareli et al. (2012) relatam que a qualidade fisiológica das sementes de distintos materiais genéticos responde diferentemente a diferentes doses de N. Neste sentido, Gondim et al. (2006), avaliando o efeito de diferentes níveis de N no cultivo de variedades de milho sobre a qualidade fisiológica das sementes, observaram que as sementes de todas as variedades apresentaram alta qualidade fisiológica quando cultivadas em altos níveis de N. Contudo, quando em nível baixo de N, observaram qualidade diferenciada das sementes das variedades. Na cultura do

milho, para alguns materiais, o aumento da adubação nitrogenada propicia redução no vigor das sementes e aumento do número de plântulas anormais (IMOLESI et al., 2001).

Estudos que objetivam relacionar a fertilização e nutrição de plantas produtoras de sementes com a qualidade fisiológica das sementes são em número reduzido e os resultados nem sempre são concordantes. Portanto, há necessidade da realização de mais estudos sobre a adubação/nutrição e a qualidade fisiológica das sementes para melhor elucidar as necessidades em nutrientes de cada espécie, para que se possa fazer recomendação de adubação para produção de sementes, visando também à qualidade fisiológica.

De acordo com Marcos Filho (2005), o comportamento das sementes tem sua base assentada no genótipo, sendo que existem cultivares que produzem sementes com melhor desempenho fisiológico, dentro de uma mesma espécie. Tais diferenças podem existir em virtude de características genéticas e/ou morfofisiológicas inerentes ao genótipo, tornando-o mais ou menos susceptível a danos durante o período de formação ou após a maturidade fisiológica das sementes por adversidades climáticas que irão influenciar em seu desempenho fisiológico (VIEIRA et al., 1998).

Alves e Kist (2011) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de aveia branca e não observaram diferença significativa para este parâmetro entre as cultivares. No entanto, verificaram diferença significativa para a qualidade fisiológica entre a semente primária e as sementes secundárias e terciárias, nas panículas, sendo as sementes primárias as que apresentaram maior qualidade fisiológica.

Além do genótipo, o ambiente de cultivo pode influenciar o crescimento e desenvolvimento da semente e, conseqüentemente, determinar seu potencial fisiológico, conforme proporciona melhores ou piores condições climáticas durante a maturação das plantas (COSTA et al., 2005). Para Motta et al. (2002), a qualidade das sementes é influenciada pelos locais e pelas épocas de cultivo, uma vez que fatores como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo variam com a estação do ano e com a latitude das regiões. Entender a relação entre as condições ambientais dos locais de cultivo e o desempenho produtivo das cultivares é essencial para a produção de sementes de qualidade superior e com níveis de produtividade satisfatórios (SILVA et al., 2014).

Além disso, essas variações ambientais promovem interações entre genótipos e ambientes de cultivo específicos para cada material e local (MARQUES et al., 2011). A análise entre cultivares de aveia branca de diferentes procedências mostrou que há interação entre o genótipo e o ambiente sobre a germinação e o vigor das sementes (LUIZ; LIN, 1999).

Os efeitos oriundos dos estresses ambientais, principalmente os causados pela temperatura, ainda não são completamente conhecidos. As pesquisas sobre o assunto, geralmente conduzidas sob condições controladas, sugerem que a elevação da temperatura, até atingir valores superiores a 30 °C, durante o período de enchimento de grãos, pode causar prejuízos severos à produção e à qualidade das sementes. Esses prejuízos se relacionam à redução da taxa fotossintética, geralmente significativa após o florescimento (MARCOS FILHO, 2005).

A ocorrência de temperaturas elevadas durante a maturação também provoca a redução da translocação de fotossintatos para as sementes, especialmente em períodos com baixos índices pluviométricos. Nessas condições, a maturação é “forçada”, sendo produzidas sementes de baixo vigor, porque não se verifica a deposição natural de carboidratos, lipídios e proteínas (FRANÇA NETO et al., 1993). Além disso, as baixas temperaturas são igualmente prejudiciais durante o período de formação das sementes, sendo que a geada pode paralisar o crescimento, resultando em sementes enrugadas e de baixo peso (LEONARD; MARTINELLI, 2005).

Os efeitos da radiação solar são principalmente quantitativos, traduzindo-se no número de flores formadas ou retidas. A redução da luminosidade disponível às plantas também contribui para a formação de sementes menores (MCDONALD; COPELAND, 1996).

A deficiência hídrica afeta o metabolismo e prejudica o desenvolvimento da planta. Há redução da área foliar e da taxa fotossintética, acarretando menor suprimento de assimilados e abortamento ou diminuição do desenvolvimento das sementes, causados pela limitação do suprimento de carboidratos (BRADFORD, 1994). No entanto, se a deficiência hídrica ocorre durante o florescimento ou no início da formação das sementes, verifica-se redução do número de sementes produzidas, sem afetar significativamente o potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Marcos Filho (2005) a disponibilidade de água durante o período de transferência de matéria seca para as sementes é importante, pois reduz a probabilidade da formação de sementes defeituosas, cujo desempenho é severamente prejudicado. Por outro lado, o déficit hídrico moderado pode não ser prejudicial, dependendo da época em que ocorra. A diminuição na taxa fotossintética, causada pela restrição hídrica, pode ser compensada pela diminuição do número de sementes, mantendo-se um suprimento constante de assimilados para as sementes (MARCOS FILHO, 2005).

No período compreendido entre a fertilização e maturação, a ocorrência de estresse hídrico afeta a viabilidade das sementes. Heatherly (1993) estudando cultivares de soja pertencentes a diferentes grupos de maturidade, durante dois anos em condição de campo, verificou que a restrição hídrica no início do florescimento (R1) até a semente estar completamente desenvolvida (R6) afetou o seu potencial germinativo.

Por outro lado, o excesso hídrico na pré-colheita, além de acelerar o metabolismo, favorece a incidência de microorganismos, comprometendo o potencial fisiológico das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo a CBPA (2014) para que a semente de aveia garanta boa qualidade, esta deve ser produzida dentro dos padrões fixados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e/ou pela Comissão de Sementes e Mudas (CSM) em cada Estado. O conhecimento da qualidade das sementes antes da realização da semeadura é muito importante para se estabelecer um adequado estande de plantas na lavoura e evitar prejuízos decorrentes de germinação baixa ou desuniforme (CBPA, 2014).

A melhor qualidade fisiológica das sementes propicia maior velocidade dos processos metabólicos, ocasionando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária na germinação, maiores taxas de crescimento e plântulas com maior tamanho inicial (SCHUCH et al., 1999), permitindo um rápido estabelecimento da cultura (HOSF, 2003). Já a utilização de sementes de baixa qualidade fisiológica causa redução, retardamento e desuniformidade da emergência no campo (HOSF et al., 2004). Este fato pode estar associado a desuniformidade da maturação e redução do rendimento de grãos em cereais, devido ao maior grau de competição entre as plantas na lavoura em resposta à emergência tardia de alguns indivíduos, refletindo em redução nos componentes do rendimento.

2.6 QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS

A crescente demanda por grãos e derivados de aveia de qualidade na alimentação humana tem feito com que os programas de melhoramento genético no Sul do Brasil selecionem genótipos com características superiores de grãos (BOTHONA; MILACH; THOMÉ, 2002), conferindo a um mesmo material atributos físicos, nutricionais e funcionais que atendam às exigências do mercado consumidor e possibilitem a obtenção de grãos com elevada qualidade industrial aliado a atributos como alto potencial de rendimento, menor ciclo da cultura e melhor adaptação agrônômica aos distintos ambientes de cultivo (CRESTANI et al., 2010). Sendo assim, o bom desempenho de uma lavoura de cereais de inverno é atingido

pela elevada produtividade e qualidade de grãos que, para atender às exigências da indústria, devem ser bem formados, grandes, pesados e uniformes para atingirem um alto rendimento industrial, o que é de fundamental importância para a comercialização da aveia (ALVES; KIST, 2010)

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

Para ser aceito pela indústria, os grãos de aveia necessitam atender padrões mínimos de qualidade, estabelecidos pelo grau de umidade dos grãos, porcentagem de grãos manchados, escuros e avariados, porcentagem de impurezas e materiais estranhos, peso do hectolitro igual ou superior a 41 kg hL^{-1} , alta porcentagem de grãos com espessura maior que 2 mm, baixos níveis de acidez e ter alto rendimento industrial (BRASIL, 1975).

Antonow (2010) relata que incrementos no peso hectolítrico dos grãos aumentam a porcentagem de cariopse, fato que segundo Krüger et al. (2010) afeta positivamente a produtividade e o rendimento industrial de grãos devido a esses caracteres apresentarem associação direta e positiva entre si. Estes últimos autores afirmam que alterações no ambiente de cultivo resultam em aumento ou redução no desempenho final, tanto nos aspectos de produção de campo como industrial dos grãos.

Segundo Crestani et al. (2010), estudos em relação à detecção e quantificação dos efeitos do ambiente e da interação genótipo e ambiente revelam grande contribuição na expressão dos caracteres relacionados ao rendimento industrial de grãos de aveia. Kolchinski (2001) comenta que, entre outras variáveis, o fator cultivar exerce influência sobre a qualidade industrial de grãos de aveia branca. Neste contexto, o potencial genético da cultivar, condições edafoclimáticas, as técnicas de cultivo e a interação entre esses fatores podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento da planta além de afetar a expressão dos componentes de produção e a qualidade de grãos (SILVA et al., 2015). Todos esses fatores determinam as características físicas, químicas e biológicas que conferem qualidade aos grãos e aos produtos que deles se derivam (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003).

Na cultura do trigo, as variações de qualidade devido ao ambiente superam, com frequência, as vinculadas ao genótipo. Dentre os fatores ambientais que podem produzir modificações na qualidade tecnológica e no teor proteico do grão, citam-se o tipo de solo e os níveis de adubação. Dentre os fatores meteorológicos, a temperatura, a precipitação pluvial e a radiação solar são os de maior impacto, tanto no crescimento, quanto no desenvolvimento, na adaptação e na qualidade tecnológica dos grãos. Nesse sentido, a forma mais eficiente para reduzir riscos é o emprego de práticas de manejo nas culturas, tais como escolha de cultivar, época e densidade de semeadura, manejos de água, resíduos na superfície e fertilização, as quais buscam minimizar o impacto das flutuações climáticas (FRANCESHI et al., 2009).

Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), trabalhando com trigo, relatam que a adubação nitrogenada é um fator que pode influenciar a qualidade industrial dos grãos. Garrido-Lestache et al. (2004), estudando a oferta de N no trigo, relatam que as repostas da cultura ao nutriente variam intensamente em razão do ambiente e da cultivar, ou seja, são comuns resultados contraditórios devido à variação climática. Além disso, é primordial distinguir cultivares, pois a qualidade industrial dos grãos guarda forte relação com o genótipo, e considera-se imprescindível que a adubação nitrogenada, com vista à qualidade, seja calibrada especificamente para cada cultivar em interação com o ambiente (DUPONT; ALTENBACH, 2003).

2.7 REFERÊNCIAS

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

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

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O aphilamento em comunidades de cereais de estação fria é afetado pela qualidade da luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 511-519, 1998.

ALVES, A. C.; KIST, V. Qualidade fisiológica de sementes primárias, secundárias e terciárias da espiguetta de aveia branca (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 153-157, 2011.

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

ANTONOW, D. **Sistemas de sucessão e época de adubação na expressão de caracteres de produção e qualidade de aveia branca**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí, 2010.

ARNON, I. Physiological principles of dryland crop production. In: **Physiological aspects of dryland farming**. Gupta, U.S. (Ed.). Oxford publ. Oxford, 1975. p. 3-146.

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

BELLIDO, L. L. Morfologia, fisiologia y ecologia de los cereals. In: **Cultivos herbáceos – cereales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. p.69-125.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 829-838, 2011.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; HATWIG, I.; SCHMIDT, D.; VIEIRA, E. A.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, J. A. G. Estimativas de correlações genótípicas e de ambiente em gerações com elevada frequência de heterozigotos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 523-529, 2005.

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

BRADFORD, K. Water stress and the water relations of seed development: A critical review. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 1-11, 1994.

BRASIL. **Ministério da Agricultura. Legislação aplicada à agricultura classificação de produtos vegetais**. Portaria Ministerial n. 191 de 14 de abril de 1975.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 317-323, 2001.

BRINHOLI, O. **Cultura da aveia (*Avena spp*)**. UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1995.

CAIERÃO, E.; CARVALHO, F. I. F.; PACHECO, M. T.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V. S.; SILVA, J. A. G. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 231-236, 2001.

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

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A. L. **Milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: ESALQ/ USP/LPV, 2008. p. 6-55.

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

CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C. Evolução da cultura da aveia no sul do Brasil. In: Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. **Dialogo, Avena, cebada y triticale em el Cono Sul**, 37, 1993, Montevideo: IICA – PROCISSUR, 1993. p. 9-21.

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

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999.

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

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

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

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

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

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: Grãos, quarto levantamento janeiro/2016. Brasília: CONAB, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em 25, jan. 2016.

CONDÉ, A. B. T.; MARTINS, F. A. D.; ANDRADE, A. T.; COELHO, M. A. O. Avaliação de genótipos de trigo em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 14, p. 280-285, 2011.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of seed Science and technology**. 2. ed. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1985.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; NETO, J. B. F.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING A. A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 1-6, 2005.

CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; GUTKOSKI, L. C.; SARTORI, J. F.; BARETTA, D.; LUCHE, H. S.; TESSMANN, E. W.; PAIVA, R. P. Desempenho de cultivares de aveia branca quanto ao conteúdo de β -glucana nos grãos conduzidas em diferentes ambientes. In: XXX Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de

Aveia, 2010, São Carlos. **Resultados Experimentais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, v. 1, p. 127-131. 2010.

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

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

DE MORI, C.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 26 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 136). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136.htm>. Acesso em: 20 mar. 2014.

DIDONET, A. D.; LIMA, O. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n. 2, p. 401- 411, 2000.

DUPONT, F. M.; ALTENBACH, S. B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. **Journal of Cereal Science**, v. 38, p. 133-146, 2003.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003.

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

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

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para a maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 12, p. 1709-1712, 1982.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Cultura do milho: aspectos fisiológicos e manejo da água. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 1-4, 1996.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS DATA. **Production/Crops**. Disponível em:<<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>> Acesso em: 20 de dez 2015.

FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; BARBOSA NETO, J. F.; PACHECO, M. T. Melhoramento genético de trigo e aveia no Brasil. In: Simpósio sobre Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas, 1997, Lavras. **Anais**. Lavras: UFL, 1997. p.127-146.

FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; PACHECO, M. T.; BARBOSA NETO, J. F.; SERENO, M. J. C. M. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 141-169.

FELICIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; GERMANI, R.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; JUNIOR, A. P. Influência do ambiente no rendimento e na qualidade de grãos de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 111-120, 2001.

FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

FLOSS, E. L. Aveia. In: BAIER, A. C.; FLOSS, L. E.; AUDE, M. I. **As lavouras de inverno**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 17-74,

FLOSS, E. L.; CAIERÃO, E.; CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. Aveia. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 83-90.

FLOSS, E. L.; HAUBERT, S. A.; ZANATTA, F. S. Rendimento corrigido pela qualidade industrial do grão de aveia - Avenacor. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 22, 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 553-558.

FLOSS, E. L.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; TISOT, D. Doses de nitrogênio em cobertura em aveia, sobre resteva de soja, 1995. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 16, Florianópolis, 1996. **Resultados experimentais**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. p. 302-305.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling. **Seed Science and technology**, Zurich, v. 21, n. 1, p. 107-116. 1993.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; GUARIENTI, E.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1624-1631, 2009.

FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

FRIZZONE, J. A.; MELLO JÚNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 425-434, 1996.

GARRIDO-LESTACHE, E.; L'ÓPEZ-BELLIDO, R. J.; L'ÓPEZ-BELLIDO, L. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v. 85, p. 213–236, 2004.

GONDIM, T. C. O.; ROCHA, V. S.; SANTOS, M. M.; MIRANDA, G. V. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, p. 413-417, 2006.

GRAFIUS, J. E. Multiple characters and correlated response. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 931-934, 1978.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; BERTAN, I.; SILVA, G. O.; VALÉRIO, I. P.; SCHMIDT, D. A. M. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamento dialélicos de aveia branca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 273-278, 2006.

HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; SILVA, G. O.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; SILVEIRA, G. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 337-345, 2007.

HEATHERLY, L. G. Drought stress and irrigation effects on germination of harvestes soybean seed. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 777-781, 1993.

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

HOSF, A. **Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta a qualidade fisiológica**. 2003. 44 fls. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2003.

HOSF, A.; SCHUCH, L. A. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântula de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=10&i=P&c=1612>>. Acesso em: 28 mar. 2014.

IMOLESI, A. S.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; VIEIRA, M. G. G. C.; CORRÊA, R. S. B. Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1119-1126, 2001.

KEGLER, W. F.; MOURÃO, A. P. M. Adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do trigo na região sudoeste do Paraná. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v. 4, n. 1, p. 62-72, 2011.

KELLING, K. A.; FIXEN, P. E. Soil and nutrient requirements for oat production. In: MARSHALL, H.G.; SORRELIS, M.E. **Oat science and technology**. Madison: ASA/CSSA, 1992. p. 165-190.

KERBER, E., LEYPOLD, G., SEILER, A. CGA 163'935 a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf. In: Brighton Crop Protection Conference - Weeds. **Proceedings...**1989. p. 83-88.

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

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

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

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 379-383, 2004.

KRUGER, C. A. M. B.; WAGNER, J. F.; VALENTINI, A. P. F.; OLIVEIRA, J. M.; MATTER, E.; SCHIAVO, J.; MATTIONI, T. C.; SILVA, A. J.; ANTONOW, D.; FONTANIVA, C.; BATTISTI, G. K.; BANDEIRA, T. P.; SILVA, J. A. G. Associações entre componentes de produção e os de qualidade em aveia branca. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 30, 2010, São Carlos. **Anais da Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**. São Carlos, 2010. p. 20-23.

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. Londres: Edward Arnold, 1972. 60p.

LEGETT, J. M.; THOMAS, H. Oat evolution and cytogenetics. In: WELCH, R.W. **The oat crop**. New York: Champman and Hall, 1995. p. 120-149.

LEONARD K, J.; MARTINELLI, J.A. Virulence of oat crown rust in Brazil and Uruguay. **Plant Disease**, n. 89, n. 8, p. 802-808, 2005.

LONGNECKER, N.; KIRBY, E. J. M.; ROBSON, A. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 1, p. 154-160, 1993.

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

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

LUIZ, V.; LIN, S.S. **Qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.) produzidas na região Sul do Brasil**. Informativo ABRATES, Curitiba, v. 9, n. 112, p. 143, 1999.

MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G. da. Absorção de N e crescimento vegetal. In: Simpósio Brasileiro sobre Nitrogênio em Plantas, 1, 1990, Itaguaí. **Anais...** Itaguaí: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993. p. 345-61.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional da planta - princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para o Estudo da Potassa e do Fosfato, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

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

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

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

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987.

MARQUES, M. C.; HAMAWAK, O. T.; BUENO. M. R.; REIS, M. S. CRUZ, C. D.;

NOGUEIRA, A. P. O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 59-69, 2011.

MCMASTER, G. S. Phenology, development and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 59, p. 63-118, 1997.

MCDONALD, M. B.; COPELAND, L. O. **Seed production – principles and practices**. New York, Chapman and Hall. 1996.

MEGDA, M. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; VIEIRA, M. X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1055-1060, 2009.

MENEGHIN, M. F. S.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, S. A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; AMABILE, R. F. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1941-1948, 2008.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. II. Efeito na qualidade fisiológica das sementes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1281-1286, 2002.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivos de cereais de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste e triticale**. Porto Alegre: Editora NBS, 1983.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

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

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R. Efeito da dose e da época de aplicação de N na produção e qualidade de sementes de aveia-preta. **Científica**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 31-43, 1995.

NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R.; SPADA, C. A.; FIGUEIRA, D. N.; POCZYNEK, M. Componentes de rendimento e produção da planta de cevada em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, n. 3. 2009.

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

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

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

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

PERUZZO G. “Nitrogênio no Seu Trigo”. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo v.2, n.16, p.1 2000.

PRADO, R. M. Estado nutricional da semente repercute na sua qualidade. **Seed News**. Pelotas, v. 8, n. 4, p. 18-21, 2004.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; OLIVEIRA, F. A. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

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

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

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 14).

SÁ, M. E. de. Importância da adubação nitrogenada na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Icone, 1994. p. 65-98.

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L.; ZANIM, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007.

SANGOI, L.; ENDER, M.; ALMEIDA, M. L.; et al. Manejo da adubação nitrogenada para milho em diferentes sistemas de preparo de solo. In: Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão, 2, 1999, Lages. **Resumos...** Lages: UDESC/EPAGRI, 1999. p. 208-12.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 229- 234, 1999.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; CANTARELLI, L. D. Relação entre a qualidade de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 1-6. 2008.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; ARÊDE, L. O.; SILVA, P. B. Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, BA. **Revista Agro@ambiente**, Monte Cristo, v. 8, n. 3, p. 327-335, 2014.

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

SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; COSER, R. P. S.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L.; SILVA, A. A. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dressing. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 487-492, 2005.

STREET, H. E.; OPIK, H. **Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento**. São Paulo: Edusp, 1974.

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

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

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. FAS Databases. 2014. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/data.asp>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

VIEIRA, R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; MINOHARA, L.; BERGAMASCHI, M. C. M. Efeito de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na

qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 257-264, 1995.

VIEIRA, R. D.; MINOHARA, L.; PANOBIANCO, M.; BERGAMASCHI, M. C. M.; MAURO, A. O.; Comportamento de cultivares de soja quanto a qualidade fisiológica de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-130, 1998.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.

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

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, 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**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

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

ZUCARELI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 480-487, 2012.

3 ARTIGO A

DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A TRINEXAPAC-ETHYL NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE AVEIA BRANCA EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO

3.1 RESUMO: A aplicação de nitrogênio (N) no momento correto e em doses adequadas pode aumentar sua eficiência na cultura da aveia (*Avena sativa* L.), incrementando o rendimento de grãos por meio de alterações nos componentes de produção. No entanto, altas doses deste nutriente podem resultar no acamamento das plantas, o que pode ser contornado com uso de redutores de crescimento. As respostas dos cereais às doses de N e ao redutor são variáveis de acordo com o genótipo e o ambiente de cultivo. Neste sentido objetivou-se avaliar os componentes de rendimento, o acamamento e a produtividade de grãos de genótipos de aveia branca granífera cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl em dois ambientes de cultivo. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Londrina e Mauá da Serra, Paraná, no ano agrícola de 2014. Em cada local foram conduzidos dois experimentos, com e sem aplicação do redutor de crescimento, sob o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro genótipos de aveia branca (IPR Afrodite, URS Corona, URS Guria e AL1024) e as subparcelas de quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) na forma de ureia. Em ambos experimentos, na fase de perfilhamento da cultura, a aplicação de N foi realizada a lanço e, no experimento em que as plantas foram submetidas à utilização do redutor de crescimento, o trinexapac-ethyl foi aplicado via pulverização foliar na dose de 125 g i.a ha⁻¹ durante o período de alongação do colmo, entre o 1° e 2° nó perceptível. Foram avaliados: altura de plantas (AP), comprimento da panícula (CP), número de panículas m⁻² (P/M²), número de espiguetas por panícula (E/P), número de grãos por espiguetas (G/E), número de grãos por panícula (G/P), massa de mil grãos (MMG), acamamento de plantas (AC) e produtividade de grãos (PROD). Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta para os experimentos com e sem aplicação do redutor de crescimento, separadamente para os locais de cultivo. As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e o efeito de doses foi analisado por regressão até 2° grau. A aplicação do redutor de crescimento diminuiu a altura e o acamamento de plantas e, quando associado à adubação nitrogenada de cobertura, eleva o número de panículas m⁻². O aumento da produtividade de grãos, com a utilização de redutor de crescimento, depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado somente em Mauá da Serra, para os genótipos analisados. A resposta dos genótipos à fertilização nitrogenada de cobertura também depende das características edafoclimáticas dos locais de cultivo.

Palavras-chave: Redutor de crescimento. *Avena sativa* L. Acamamento. Adubação nitrogenada. Cultivares.

ABSTRACT: The application of nitrogen (N) at the time and dose appropriate can improve its efficiency in oat crop (*Avena sativa* L.), increasing grain yield through changes in production components. High doses of nitrogen (N), depending on the genotype and the environment can result in plant lodging, which can be overcome by the use of growth regulator. The aim of

this study was to evaluate the yield components, lodging and productivity of the white oat genotypes cultivated under different nitrogen levels with trinexapac-ethyl growth retardant at two planting location. Two assays (with and without application of growth retardant agent) located in the region of Londrina and Mauá da Serra, Parana State, Brazil were conducted in the 2014 crop year, totalizing 4 assays. In all experiments we used the experimental randomized block design with split plots, and four replications. The plots consisted of four white oat genotypes (IPR Afrodite, URS Corona, URS Guria and AL1024) and the subplots of four doses of N (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹) as urea form. In the tillering, the application of N in the form of urea, was conducted, and in the stem elongation, period between the 1st and 2nd noticeable node, trinexapac-ethyl was applied at the rate of 125 g i.a ha⁻¹. The plant height (PH), panicle length (PL), number of panicles m⁻² (NP/M²), spikelet number per panicle (SMP), number of grains per spikelet (NGS), number of grains per panicle (NGP), 1000 grain weight (GW), lodging of plants (LP) and grain yield (GY) were evaluated. The data was submitted to normality and homogeneity analysis of the errors and to analysis of variance. The averages were compared by Tukey test at 5% probability and regression analysis to 2nd degree. The growth regulator decrease the plant height and lodging and, when combined with nitrogen topdressing, increase the number of panicles m⁻². The increase in grain yield with growth retardant depends on the characteristics of the growing environment. This was observed in Mauá da Serra, for the analyzed genotypes. The response of genotypes to nitrogen fertilization also depends on the soil and climatic characteristics of the growing environment.

Keywords: Growth regulator. *Avena sativa* L. Lodging. Nitrogen fertilizer. Cultivars.

3.2 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que apresenta múltiplos propósitos, com utilização na alimentação humana devido a qualidade de seus compostos nutricionais, e, na alimentação animal, como forragem verde, feno, silagem e na composição de rações. No Sul do Brasil e em parte do Sudeste e Centro Oeste é cultivada para produção de grãos e formação de palhada para a cobertura do solo, favorecendo a implantação das culturas de verão em sucessão, especialmente em sistema de plantio direto (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004). O cereal tem assumido grande importância como cultura alternativa na estação fria do país, apresentando a segunda maior área cultivada entre as culturas de inverno, ficando atrás apenas do trigo (IBGE, 2015).

A expressão do potencial de produção da aveia branca, além de estar relacionada às condições climáticas do ambiente de cultivo, está associada a características intrínsecas dos genótipos e sua interação com as técnicas de manejo (SILVA et al., 2012). Os programas de melhoramento genético de aveia no Sul do Brasil têm desenvolvido cultivares mais produtivas e melhor adaptadas às diferentes condições de ambiente, e, essas características, tornaram os genótipos também mais responsivos à utilização de nitrogênio (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002). Neste sentido, altos níveis de produtividade podem ser alcançados com a utilização da adubação nitrogenada (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004) em razão do N ser, quantitativamente, um dos elementos mais importantes para a cultura, responsável por uma série de funções metabólicas, com efeitos sobre o crescimento da planta, os componentes de produção e a qualidade dos grãos (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2004; YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005).

Solos brasileiros não suprem inteiramente a demanda das plantas por N (ERNANI, 2003), sendo essencial, portanto, sua complementação com fertilizantes nitrogenados. Neste contexto, a pesquisa recomenda o parcelamento da adubação com N, disponibilizando parte do nutriente na semeadura e o restante em cobertura, levando em consideração a cultura anterior (CBPA, 2014).

No estado do Paraná recomenda-se a adubação nitrogenada de cobertura no estágio de perfilhamento da cultura, disponibilizando-se até 90 kg ha⁻¹ de N, conforme a cultura anterior e a quantidade de matéria orgânica presente do solo (CBPA, 2014). Peruzzo (2000), estudando a cultura do trigo, relata que o fornecimento de N neste período aumenta a eficiência do uso do nutriente com incremento no rendimento de grãos, que, segundo

Bredemeier e Mundstock (2001), ocorre por meio dos estímulos aos componentes de produção.

De acordo com Martini Junior, Ferreira e Moreira (2011), a eficiência na utilização do N pela planta é influenciada pelo genótipo, que pode diferir na capacidade de emissão de perfilhos, ciclo e potencial produtivo de grãos. Os mesmos autores relatam que estas diferenças podem proporcionar respostas distintas à época de aplicação e à dose de N utilizada. Neste sentido, Teixeira Filho et al. (2007) trabalhando com trigo, verificaram que doses de N aumentaram o número de espigas por área, a produtividade e a massa de 1000 grãos de todas as cultivares avaliadas.

A produtividade de grãos de aveia branca é influenciada positivamente pela utilização de elevadas doses de N (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002; CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004), no entanto, esta prática pode influenciar o maior desenvolvimento vegetativo e resultar no aumento da estatura, com consequente acamamento das plantas, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Quando o acamamento ocorre durante o período de enchimento de grãos, o rendimento da cultura é comprometido pela limitação da fotossíntese e da translocação de fotoassimilados na planta. Quando este fenômeno afeta a cultura na fase de maturação, a redução da produtividade e qualidade dos grãos é ocasionada pela exposição das plantas a condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, germinação ou apodrecimento dos grãos, além de dificuldade na realização da colheita mecanizada (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

Entre as estratégias para o uso de altas doses de N visando a obtenção de elevados rendimentos agrônômicos, sem a ocorrência de acamamento, estão a adoção de cultivares de menor estatura ou o manejo do porte da planta com a aplicação de redutores de crescimento (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

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

biossintético imediato GA_{20} (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA_1), que atua na alongação dos internódios, é a causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

Diversos estudos têm evidenciado a viabilidade do uso de reguladores vegetais na redução da altura das plantas e do consequente acamamento em trigo (BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2010), arroz (ALVAREZ et al., 2007) e soja (SOUZA et al., 2013).

No Brasil, o princípio ativo trinexapac-ethyl vem sendo aplicado em lavouras de cereais de inverno e sua utilização tem sido realizada com objetivo de reduzir a estatura das plantas, aumentar o diâmetro do colmo e alterar a arquitetura foliar (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Embora haja escassez de informações científicas sobre os efeitos do uso de reguladores de crescimento na cultura da aveia branca, essa prática pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos negativos do acamamento de plantas e favorecer os componentes do rendimento e a produtividade, assim como ocorre na cultura do trigo.

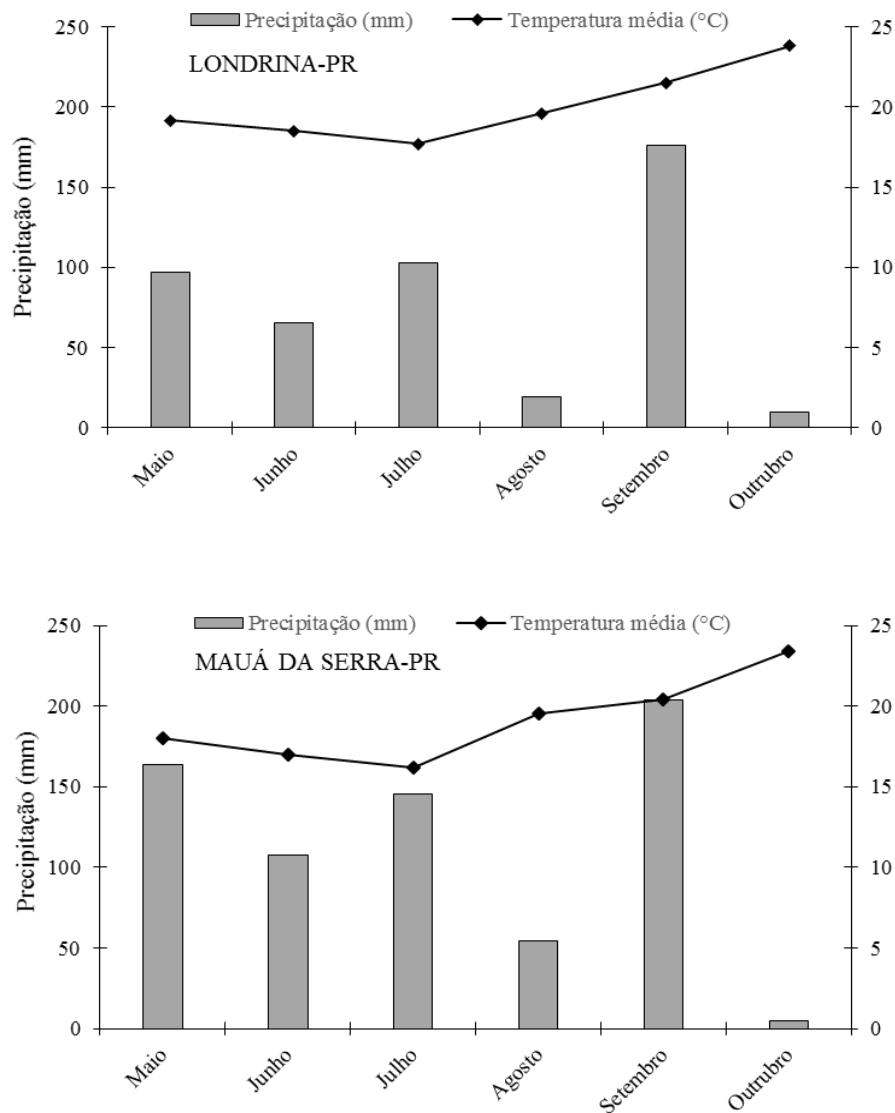
Neste sentido, objetivou-se avaliar os componentes de rendimento, o acamamento e a produtividade de grãos de genótipos de aveia branca granífera cultivados sob diferentes doses de nitrogênio, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em dois ambientes de cultivo com características edafoclimáticas contrastantes.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos independentes (com e sem aplicação de redutor de crescimento) no ano agrícola de 2014 em dois ambientes de cultivo no estado do Paraná, contrastantes quanto às características edafoclimáticas: Londrina e Mauá da Serra, totalizando quatro experimentos. No município de Londrina-PR, os ensaios foram conduzidos na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006) localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 23° 23' S e 51° 11' O e altitude de 610 m. O clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. No município de Mauá da Serra-PR, os ensaios foram conduzidos na Fazenda Estância 3M, em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 23° 58' S e 51° 19' W e altitude de 847 m. O clima da região é do tipo Cfb, descrito como temperado mesotérmico com verões frescos, segundo classificação de Köpen. Os dados de

precipitação pluvial e de temperaturas do período de condução dos experimentos foram obtidos por meio dos registros das estações meteorológicas do IAPAR (Figura 1).

Figura 3.1 - Dados médios mensais de temperatura e precipitação pluvial para o período de condução dos experimentos em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.



As características químicas do solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, foram determinadas antes da instalação dos experimentos. Londrina-PR: 0 a 10 cm - pH (CaCl₂) 5,40; 5,34 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,22 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 3,08 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,95 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 32,0 mg dm⁻³ de P e 16,98 g dm⁻³ de matéria orgânica; e 10 a 20 cm - pH (CaCl₂) 5,00; 5,76 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 4,57 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 2,38 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,65 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 17,6 mg dm⁻³ de P e 16,12 g dm⁻³ de matéria orgânica. Mauá da

Serra-PR: 0 a 10 cm - pH (CaCl₂) 4,90; 7,20 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 6,80 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,64 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,50 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 23,5 mg dm⁻³ de P e 29,92 g dm⁻³ de matéria orgânica; e 10 a 20 cm - pH (CaCl₂) 4,80; 7,75 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,97 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,43 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,20 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 11,5 mg dm⁻³ de P e 27,73 g dm⁻³ de matéria orgânica.

Foram avaliados quatro genótipos de aveia branca, com diferentes características agronômicas e suscetibilidade ao acamamento, em dois experimentos (com e sem aplicação de redutor de crescimento), sendo eles: IPR Afrodite (ciclo médio; moderada resistência ao acamamento; média estatura; lançada em 2012 pelo IAPAR); URS Corona (ciclo médio; moderada suscetibilidade ao acamamento; alta estatura; lançada em 2010 pela UFRGS); URS Guria (ciclo precoce; suscetível ao acamamento; alta estatura; lançada em 2010 pela UFRGS) e AL1024 (ainda não caracterizada) (CBPA, 2014).

Os períodos de dias da emergência ao florescimento, do florescimento à maturação, e da emergência à maturação plena dos genótipos de aveia branca em Londrina e Mauá da Serra, no ano agrícola de 2014, estão apresentados nas Tabelas 1.

Tabela 3.1 - Períodos de dias para o florescimento, do florescimento à maturação e da emergência à maturação plena dos genótipos de aveia branca cultivadas com e sem aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.

Cultivares	Londrina						Mauá da Serra					
	Sem			Com			Sem			Com		
	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M
IPR Afrodite	69	42	111	72	41	113	82	55	137	86	53	139
URS Corona	68	40	108	70	40	110	81	52	133	84	51	135
URS Guria	62	45	107	65	43	108	79	50	129	83	48	131
AL1024	60	51	111	67	46	113	77	60	137	83	56	139
Média	65	45	109	69	43	111	80	54	134	84	52	136

E-F = dias da emergência ao florescimento; F-M = dias do florescimento à maturação; E-M = dias da emergência à maturação.

Em ambos experimentos, nos dois locais, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro genótipos de aveia branca (IPR Afrodite, URS Corona, URS Guria e AL1024) e as subparcelas de quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N).

Os genótipos de aveia branca foram semeados mecanicamente nos municípios de Londrina e Mauá da Serra nos dias 08/05/2014 e 12/05/2014 respectivamente, com densidade de 300 sementes viáveis m⁻². As subparcelas foram compostas por seis linhas

de cinco metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,17 m, com área útil de 4,25 m².

Os experimentos foram conduzidos sob sistema de semeadura direta, ambos em área anteriormente ocupada com a cultura da soja. Com base nas características químicas do solo das áreas experimentais, calculou-se a adubação mineral básica no sulco de semeadura, constante para todos os tratamentos, que foi de 30 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O no município de Londrina-PR e 20 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O no município de Mauá da Serra-PR, utilizando-se a fórmula 10-30-10 para ambos ambientes de cultivo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada a lanço na fase do perfilhamento, na forma de ureia (45% de N).

Nos experimentos com uso do regulador de crescimento, o trinexapac-ethyl foi aplicado na fase de alongação do colmo, entre o 1° e 2° nó perceptível. A dose utilizada de trinexapac-ethyl foi de 125 g i.a ha⁻¹, correspondente a 400 ml ha⁻¹ do produto comercial Moddus[®], aplicado por meio de pulverizador costal à pressão constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂ comprimido, munido de duas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-020, com volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

Os tratamentos fitossanitários para o controle de doenças e os demais tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e recomendações para a cultura.

A colheita foi realizada após os grãos atingirem a maturação de colheita, estágio caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e grãos com umidade abaixo de 20%. Foram realizadas as seguintes avaliações: a) altura de plantas (AP): mediu-se o comprimento de cinco plantas tomadas ao acaso na área útil de cada parcela experimental, no período de enchimento de grãos, desde o nível do solo até a extremidade da panícula, com resultados médios expressos em cm; b) comprimento da panícula (CP): mediu-se o comprimento em cinco plantas tomadas ao acaso na área útil de cada parcela experimental, no período de enchimento de grãos, do ponto de inserção da panícula até a extremidade da panícula, com resultados médios expressos em cm; c) número de panículas m⁻² (P/M²): na ocasião da colheita, foi determinado por meio de contagem o número de panículas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas, em seguida, foi calculado o número de panículas por m², mediante a multiplicação do número de panículas por metro pelo espaçamento entre-linhas de plantas (0,17 m); d) número de espiguetas por panícula (E/P): realizada por meio da contagem manual de 10 panículas colhidas aleatoriamente na parcela; e) número de grãos por espiguetas (G/E): realizada por meio da contagem manual dos grãos das espiguetas de 10 panículas colhidas aleatoriamente na parcela; f) número de grãos por

panícula (G/P): procedeu-se inicialmente a retirada dos grãos de dez panículas colhidas aleatoriamente na parcela e, após sua total separação, os mesmos foram contados manualmente; g) massa de mil grãos (MMG): obtida mediante a contagem e pesagem de duas repetições de 100 grãos por parcela. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de mil grãos; h) acamamento (AC): obtido por meio de observações visuais, na fase de maturação da planta, utilizando-se a escala de notas de 0 a 10, sendo que a nota 10 representa 100% das plantas e 0 refere-se a nenhuma planta da parcela acamada e; i) produtividade de grãos (PROD): determinada pela colheita dos grãos das plantas contidas na área útil da parcela. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} a 13% de umidade.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade e, posteriormente, à análise de variância conjunta para os experimentos com e sem aplicação do redutor de crescimento, separadamente para os locais de cultivo. As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e o efeito de doses foi analisado por regressão até 2º grau.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Londrina constatou-se efeito isolado do redutor de crescimento para AP e de genótipo para as variáveis G/P e AC. Já para as variáveis P/M² e AC houve efeito de interação entre redutor de crescimento e doses de N em cobertura. Não foi observado efeito significativo do redutor de crescimento, genótipo, doses de N em cobertura e interação entre os fatores para as características CP, E/P, G/E, MMG e PROD (Tabela 2).

Durante todo o ciclo da cultura, em Londrina, a precipitação pluvial foi de 450,3 mm e, em Mauá da Serra, foi de 677 mm (Figura 1). Em ambos locais de cultivo o volume de chuva pode ser considerado adequado ao desenvolvimento da aveia e à atuação do redutor de crescimento, que tem seu efeito minimizado em condições de deficiência hídrica (RODRIGUES et al., 2003). Contudo, a distribuição pluviométrica foi desuniforme, principalmente durante a fase de maturação da cultura.

Tabela 3.2 - Valores de quadrado médio da análise de variância conjunta para os experimentos com e sem aplicação do redutor de crescimento, para quatro genótipos de aveia branca em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, avaliados no município de Londrina-PR, 2014.

FONTE DE VARIACÃO	CARACTERÍSTICAS								
	AP (cm)	CP (cm)	P/M ²	E/P	G/E	G/P	MMG (g)	AC (%)	PROD (kg ha ⁻¹)
Londrina									
Redutor (R)	7431,48*	56,68	20725,46	291,34	0,01	134940,12	0,157	5062,69*	7512,31
Genótipo (G)	489,52	35,43	35124,25	321,12	0,07	108539,30*	0,706	5796,02*	318053,90
R*G	81,28	4,27	6773,25	34,56	0,13	969,02	0,145	351,75	71729,34
Bloco (R)	199,84	2,68	7059,93	15,41	0,17	29907,45	0,014	349,41	62266,63
Erro 1	196,09	15,68	14131,83	157,02	0,28	36253,10	0,470	499,24	219050,88
Nitrogênio(N)	17,39	1,45	1829,11	1,03	0,05	9658,38	0,044	6889,25*	21118,50
G*N	23,81	3,02	2579,66	16,78	0,05	1871,73	0,034	482,48	17347,67
R*N	21,54	0,30	12454,97*	32,40	0,02	19915,14	0,044	851,24*	19015,69
R*G*N	21,67	4,68	5305,28	23,05	0,07	14130,15	0,023	210,44	10188,36
Erro 2	28,35	4,26	3284,48	19,04	0,07	10557,24	0,024	296,15	14903,55
CV1 (%)	14,43	25,18	27,54	34,60	25,46	25,60	23,03	88,68	27,67
CV2 (%)	5,49	13,12	13,28	12,05	13,25	13,81	5,23	68,30	7,22

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV: coeficiente de variação. ALT: altura da planta; CP: comprimento da panícula; P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/E: número de grãos por espiguetas; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos; AC: acamamento de plantas; PROD: produtividade de grãos

A altura da planta foi influenciada significativamente pela aplicação do redutor de crescimento, com redução média de 14,6% (15,24 cm) na estatura das plantas em relação aos tratamentos que não receberam o produto (Tabela 3). O trinexapac-ethyl quando absorvido pela planta, atua seletivamente na redução do nível de ácido giberélico ativo, responsável pela promoção do alongamento celular, e induz a planta a uma inibição temporária ou à redução do ritmo de crescimento. Dessa forma, existe um crescimento mais lento, pela ação de giberelinas menos eficientes no processo de alongamento celular (ARF et al., 2012). Assim, a diminuição do número e comprimento das células vegetais afeta a alongação dos entrenós no período vegetativo, reduzindo a estatura da planta, sem causar deformação morfológica no caule (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O resultado obtido é também decorrente da adequada época de aplicação do redutor, durante a diferenciação do primórdio da panícula, atuando diretamente no estágio de alongamento do colmo. Resultados de redução da altura de plantas foram também relatados em estudos com a cultura do arroz (ALVAREZ et al., 2007; ARF et al., 2012), trigo (ZAGONEL et al., 2002; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; ESPINDULA et al., 2010) e aveia branca (HAWERROTH et al., 2015), demonstrando a efetividade do produto em reduzir a estatura das plantas em cereais.

Tabela 3.3 - Valores médios da altura da planta (AP) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR, 2014.

Redutor de crescimento	Altura da planta (cm)
Com	89,45 B
Sem	104,69 A
CV1 (%)	14,43
CV2 (%)	5,49

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

Os fatores redutor de crescimento, genótipo e doses de N não influenciaram a variável comprimento da panícula (Tabela 2). Schwerz et al. (2015), estudando as mesmas causas de variação sobre as características agronômicas da cultura do trigo em trabalho conduzido em Frederico Westphalen-RS, verificaram influência positiva das doses de N sobre o tamanho da espiga, com este caractere ajustando-se a uma função quadrática com ponto de máxima alcançado com a dose estimada de 140 kg ha⁻¹ de N, sem efeito significativo do redutor de crescimento e das cultivares neste componente de produção.

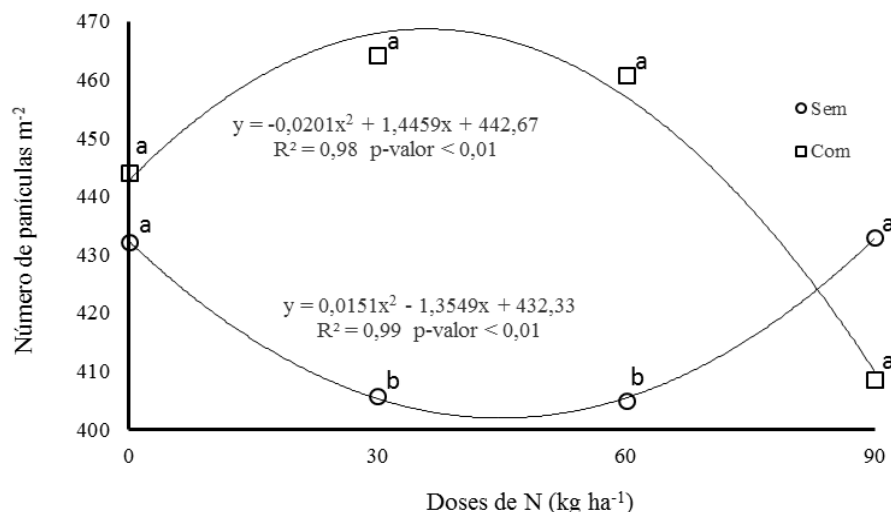
A característica número de panículas m⁻² ajustou-se a funções quadráticas em resposta à adubação nitrogenada de cobertura (Figura 2). Com a aplicação do redutor de crescimento, o ponto de máxima (468,67) foi obtido na dose estimada de 35,96 kg ha⁻¹ de N e, na ausência da aplicação do produto, o ponto de mínima (401,93) foi obtido com a dose estimada de 44,86 kg ha⁻¹ de N. Nas doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ de N, os tratamentos que não receberam a aplicação do trinexapac-ethyl apresentaram menor número de panículas m⁻², já nas demais doses não foi observado diferença significativa entre os tratamentos com e sem aplicação do redutor para este componente produtivo.

O comportamento diferenciado entre os tratamentos com e sem aplicação do redutor de crescimento pode ser explicado pelo fato de que a aplicação do produto resulta na redução da estatura das plantas (Tabela 3) o que, provavelmente, proporcionou condições favoráveis ao desenvolvimento de perfilhos férteis, devido a maior capacidade de absorção de radiação solar e, conseqüentemente, um maior número de panículas m⁻². Castro e Kluge (1999) afirmam que o perfilhamento em gramíneas anuais é favorecido pela alta intensidade luminosa, justificando o resultado encontrado neste estudo para os tratamentos com utilização do redutor de crescimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Arf et al. (2012), trabalhando com a aplicação de trinexapac-ethyl na cultivar de arroz de terras altas IAC 202, onde os autores também encontraram efeito positivo do redutor de crescimento sobre o número de panículas m⁻².

Os menores valores de panículas m^{-2} encontrados nos tratamentos sem aplicação do redutor, podem ser explicados pelo maior desenvolvimento de área foliar devido ao incremento das doses de N, ocasionando o sombreamento das folhas inferiores, o que segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), causa o aumento da dominância apical, reduzindo o desenvolvimento das gemas laterais ou perfilhos, diminuindo também o número de panículas m^{-2} . Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), avaliando os cultivares de trigo Avante e BRS177, não verificaram efeito significativo da aplicação do trinexapac-ethyl e doses de N em cobertura no número de espigas m^{-2} , independente da cultivar.

Deste modo, nota-se que o resultado da alteração na densidade de panículas por área em função do redutor de crescimento foi o aparecimento de plantas mais compactas, devido à redução na altura das plantas, fazendo com que os fotoassimilados que seriam destinados à elongação da planta, na ausência do redutor crescimento, fossem redirecionados à produção de perfilhos férteis e, como consequência, geração de maior número de panículas m^{-2} .

Figura 3.2 - Número de panículas por área de quatro genótipos de aveia branca em resposta às doses de nitrogênio em cobertura e à aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR, 2014.



Não foi observado efeito significativo dos fatores analisados neste estudo para as características número de espiguetas $panícula^{-1}$ e número de grãos $espiguetas^{-1}$ (Tabela 2). Degraf, Zagonel e Fernandes (2008), trabalhando com a cultivar de trigo Ônix, também não observaram efeito do trinexapac-ethyl e de doses de N sobre o número de espiguetas $espiga^{-1}$, porém verificaram que o produto influenciou negativamente o número de grãos

espigueta⁻¹. Já Schwerz et al. (2015), trabalhando com três cultivares de trigo (TBIO Mestre, TBIO Iguazú e TBIO Itaipú), cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) e aplicação ou não do trinexapac-ethyl, constataram que o redutor de crescimento e a adubação nitrogenada de cobertura afetaram positivamente o número de espiguetas espiga⁻¹ das três cultivares. Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) não observaram efeito significativo do trinexapac-ethyl e da fertilização nitrogenada sobre o número de grãos espigueta⁻¹ da cultivar de trigo Avante. Tais divergências de respostas com relação a este estudo podem estar relacionadas às diferentes espécies utilizadas, às condições do solo, bem como ao ambiente de cultivo.

Foi observado efeito de genótipo para a variável número de grãos panícula⁻¹. A linhagem AL1024 apresentou maiores valores que a cultivar URS Corona (Tabela 4). Arf et al. (2012) avaliando a utilização de doses de trinexapac-ethyl (0, 50, 100, 150 e 200 g do i.a. ha⁻¹) em quatro cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, BRS Primavera, BRS Soberana e IAC 202) também obtiveram diferenças significativas para cultivares.

Tabela 3.4 - Valores médios do número de grãos por panícula (G/P) e acamamento de plantas (AC) de quatro genótipos de aveia branca. Londrina-PR, 2014.

Cultivares	Número de grãos panícula ⁻¹	Acamamento (%)
IPR Afrodite	750,22 AB	5,78 B
URS Corona	686,68 B	33,28 A
URS Guria	716,28 AB	35,15 A
AL1024	822,00 A	26,56 A
CV1 (%)	25,60	88,68
CV2 (%)	13,81	68,30

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

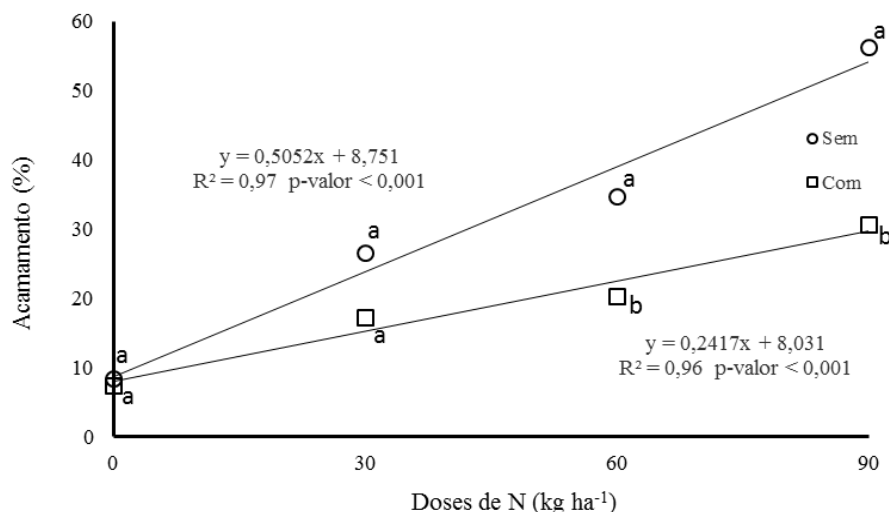
A massa de mil grãos não foi influenciada pelo redutor de crescimento, genótipo e doses de N (Tabela 2). Na literatura, as respostas desta característica à adubação nitrogenada e à aplicação de redutor de crescimento são muito variáveis. Resultados semelhantes aos verificados nos experimentos conduzidos em Londrina foram encontrados por Alvarez et al. (2007), trabalhando com a cultura do arroz e Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009 e 2010) com a cultura do trigo. Já Zagonel, Fernandes e Kunz (2002) e Zagonel et al. (2002), trabalhando com diferentes cultivares de trigo e doses de N, verificaram influência negativa do redutor sobre a massa de mil grãos, independente da cultivar.

Para acamamento de plantas observou-se efeito isolado de genótipo, com o menor valor na cultivar IPR Afrodite (5,78%), que diferiu significativamente das demais. As cultivares URS Corona, URS Guria e a linhagem AL1024 não diferiram entre si, apresentando

33,28%, 35,15% e 26,56% de plantas acamadas, respectivamente (Tabela 4). Este resultado corrobora com os de diferentes autores que observaram variação do acamamento de plantas entre diferentes genótipos em experimentos que estudaram doses (ESPINDULA et al., 2010) e formas de parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura (COSTA; ZUCARELI; RIEDE, 2013).

Em todos os genótipos, o incremento da dose de N aumentou linearmente a porcentagem de plantas acamadas, com taxa de acréscimo mais intensa para os tratamentos que não receberam a aplicação do redutor (Figura 3). Nas doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de N a aplicação do redutor resultou em menor acamamento de plantas em relação a não aplicação do produto. Este resultado demonstra que a utilização do redutor foi eficiente para diminuir o acamamento nas maiores doses de N. Em estudos desenvolvidos com as culturas de arroz (ARF et al., 2012), aveia branca granífera (HAWERROTH et al., 2015), cevada (TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003) e trigo (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010) também foi observado a redução do acamamento proporcionada pelo trinexapac-ethyl.

Figura 3.3 - Acamamento de plantas de quatro genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura e a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR, 2014.



O grau de suscetibilidade ao acamamento é variável entre genótipos e, em Londrina, isso pode ser confirmado por meio das diferentes respostas dos genótipos para este fenômeno, onde a cultivar classificada como “moderada resistência ao acamamento” (IPR Afrodite) revelou os menores índices de plantas acamadas, seguida das cultivares classificadas como “moderada suscetibilidade” (URS Corona) e “suscetível ao acamamento”

(URS Guria). A linhagem AL1024, ainda sem classificação para o grau de suscetibilidade ao acamamento, apresentou comportamento intermediário, com os valores de porcentagem de acamamento entre os encontrados para o material mais resistente e os materiais mais suscetíveis ao acamamento de plantas. Diferenças entre genótipos de trigo quanto o grau de acamamento também foram encontrados para quatro cultivares cultivadas em São Paulo (TEIXEIRA FILHO et al., 2007) e para oito cultivares no Paraná (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

A redução no desenvolvimento da planta em altura, devido à aplicação do redutor de crescimento (Tabela 3), diminuiu a porcentagem de acamamento das plantas, principalmente nas maiores doses de N aplicados em cobertura (Figura 3), com redução de 1%, 9,4%, 17,5% e 25,6% no acamamento de plantas nas doses de 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Os fatores avaliados não proporcionaram efeito significativo sobre a produtividade de grãos de aveia branca. Degraf, Zagonel e Fernandes (2008) e Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), trabalhando com trinexapac-ethyl e doses de N em diferentes cultivares de trigo, também não encontraram influência desses fatores sobre o rendimento de grãos. Já Hawerth et al. (2015), analisando o efeito de doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl na cultivar de aveia branca Barbarasul em diferentes doses de N e ambientes de cultivo, verificaram que a produtividade de grãos apresentou resposta positiva ou não significativa a aplicação do redutor de crescimento dependendo do local de cultivo.

A produtividade de grãos é uma característica controlada por grande número de genes, sendo, portanto, herança quantitativa. Isso ocorre porque a produtividade de grãos depende da interação de vários componentes de rendimento (números de espiguetas e grãos por panícula, massa de mil grãos e índice de fertilidade da espiga) e do comprimento da panícula, os quais são controlados por fatores genéticos e pelo ambiente. Os componentes de rendimento de grãos são importantes características que podem ser afetadas pela nutrição, entre outros fatores (FREITAS et al., 2007).

Evans e Bhatt (1977) citam que o comprimento da panícula, o número de espiguetas por panícula, a fertilidade das espiguetas e a massa de mil grãos afetam diretamente a produtividade de grãos. Assim, a ausência de efeito dos fatores redutor de crescimento, genótipo e doses de N sobre estes componentes de produção é, possivelmente, a razão de não ter sido observado nenhum efeito significativo na produtividade de grãos de aveia branca no experimento conduzido em Londrina. As características número de panículas m⁻² e número de grãos panícula⁻¹ que apresentaram efeito significativo da adubação

nitrogenada e de genótipo, respectivamente, não influenciaram o rendimento de grãos devido a ocorrência de acamamento, fenômeno responsável pela quebra dos colmos durante o período de maturação da cultura e pela degrana, causada pelo contato dos grãos com o solo, acontecimentos que diminuíram os efeitos das doses de N e de genótipos sobre essas variáveis, reduzindo a contribuição destas para a produtividade de grãos.

Analisando os resultados, pode-se deduzir que o uso do redutor diminuiu o acamamento na aveia branca, sem prejuízos à produtividade de grãos. Assim, verifica-se que o aumento no acamamento de plantas não prejudicou a produtividade de grãos dos genótipos analisados. Vale ressaltar que a colheita mecanizada foi realizada cuidadosamente, o que reduziu de forma substancial as perdas que poderiam ser ocasionadas pelo acamamento.

Além disso, verificou-se que o incremento das doses de N influenciou o número de panículas m^{-2} e promoveu maior acamamento de plantas, porém sem efeito no restante dos componentes de produção e na produtividade de grãos, indicando que a dose de N na adubação de base (30 kg ha^{-1}) atendeu as exigências da planta e permitiu que estas expressassem seu potencial produtivo. A ausência de efeito dos genótipos sobre o rendimento de grãos pode ser explicado pelas condições de ambiente, que interferiram diretamente no crescimento, desenvolvimento e desempenho produtivo da planta e na interação destes com o manejo aplicado na cultura. O rendimento médio de grãos dos genótipos avaliados foi de $1.691,48 \text{ kg ha}^{-1}$, valor abaixo da média do estado do Paraná, que foi de 1.959 kg ha^{-1} (CONAB, 2016).

Para Mauá da Serra foi verificado efeito de interação significativa entre os fatores redutor de crescimento e genótipo para as características AP, MMG e PROD. Observou-se efeito isolado do redutor de crescimento para CP, P/M^2 , E/P e G/P, de genótipo para P/M^2 , E/P, G/E e G/P e de N em cobertura para as variáveis AP e P/M^2 . Para MMG, verificou-se efeito de interação entre genótipo e doses de N em cobertura. Já para a característica AC, constatou-se efeito significativo da interação tripla entre os fatores redutor de crescimento, genótipo e doses de N em cobertura (Tabela 5).

Tabela 3.5 - Valores de quadrado médio da análise de variância conjunta para os experimentos com e sem aplicação do redutor de crescimento, para quatro genótipos de aveia branca em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, avaliados no município de Mauá da Serra-PR, 2014.

FONTE DE VARIÇÃO	CARACTERÍSTICAS								
	AP (cm)	CP (cm)	P/M ²	E/P	G/E	G/P	MMG (g)	AC (%)	PROD (kg ha ⁻¹)
Mauá da Serra									
Redutor (R)	30041,60*	263,03*	49711,77*	418,62*	0,05	176938,13*	0,09*	109161,28*	5024450,00*
Genótipo (G)	1159,00*	41,70	21605,67*	771,30*	0,77*	136933,98*	1,96*	16255,96*	165595,70*
R*G	1349,28*	6,36	10304,88	79,43	0,12	43624,30	0,09*	7353,46*	31223,75*
Bloco (R)	146,48	7,52	3919,06	72,41	0,07	35127,12	0,01	414,82	67841,73
Erro 1	134,88	12,31	6441,07	41,70	0,08	15069,85	0,01	399,02	46472,06
Nitrogênio(N)	100,22*	7,96	21956,45*	8,27	0,07	8100,96	0,02	1512,84*	48628,50
G*N	21,84	4,18	5694,72	8,81	0,05	7427,17	0,09*	482,67*	23637,28
R*N	75,61	7,35	7921,40	27,53	0,03	14679,94	0,03	90,97	15143,86
R*G*N	21,18	5,88	2249,52	8,77	0,03	11177,69	0,03	490,93*	32766,02
Erro 2	32,08	5,12	3379,39	11,88	0,04	7234,34	0,02	95,64	20465,90
CV1 (%)	11,67	22,29	21,22	19,90	15,06	19,26	3,64	36,75	16,12
CV2 (%)	5,69	14,38	15,37	10,62	10,26	13,35	3,98	17,99	10,70

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV: coeficiente de variação. ALT: altura da planta; CP: comprimento da panícula; P/M²: número de panículas m⁻²; E/P: número de espiguetas por panícula; G/E: número de grãos por espiguetas; G/P: número de grãos por panícula; MMG: massa de mil grãos; AC: acamamento de plantas; PROD: produtividade de grãos

A aplicação do redutor de crescimento reduziu a altura da planta de todos os genótipos analisados (Tabela 6), revelando a eficiência do produto em diminuir a alongação do colmo das plantas, independente do porte da cultivar. Analisando a média da estatura de todos os genótipos, verifica-se que a utilização do redutor de crescimento proporcionou decréscimo de 26,68% na altura das plantas em relação aos tratamentos sem a utilização do produto. Na ausência de aplicação do redutor de crescimento não foi observada, entre os genótipos, diferença significativa na altura das plantas. Já com a aplicação do trinexapac-ethyl, a cultivar URS Guria apresentou maior altura (101,54 cm), diferenciando-se das demais. Dentre os genótipos, a cultivar URS Corona foi a que apresentou redução mais expressiva na altura das plantas, com diminuição de 39,52 cm na estatura das plantas submetidas à aplicação do trinexapac-ethyl. Pagliosa et al. (2013), trabalhando com três cultivares de trigo (BRS 208, BRS 220 e BRS Guamirim), duas doses de N (60 e 120 kg ha⁻¹), quatro doses de trinexapac-ethyl (0, 70, 140 e 210 g i.a. ha⁻¹) e dois anos agrícolas (2008 e 2009), também observaram diferença significativa na altura da planta entre as cultivares em função da aplicação do redutor de crescimento. Resultados semelhantes foram observados por Schwerz et al. (2015), trabalhando com três cultivares de trigo (TBIO Mestre, TBIO Iguacú e

TBIO Itaipú), cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) e aplicação ou não do redutor de crescimento.

A divergência de resposta dos genótipos para esta característica, em função da aplicação do redutor de crescimento, está relacionada a dose recomendada do trinexapac-ethyl (100 a 125 g i.a. ha⁻¹) que não distingue as cultivares, as quais podem responder de maneira diferente em relação à dose do produto (RODRIGUES et al., 2003; BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Tabela 3.6 - Valores médios da altura da planta (AP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Mauá da Serra-PR, 2014.

Altura da planta (cm)		
Cultivares	Redutor de crescimento	
	Sem	Com
IPR Afrodite	118,98 aA	83,02 bB
URS Corona	116,54 aA	77,02 bB
URS Guria	112,87 aA	101,54 bA
AL1024	111,08 aA	75,33 bB
CV1 (%)	11,67	
CV2 (%)	5,69	
Massa de mil grãos (g)		
Cultivares	Redutor de crescimento	
	Sem	Com
IPR Afrodite	3,06 aC	2,98 aC
URS Corona	3,62 aA	3,60 aA
URS Guria	3,13 aC	3,20 aB
AL1024	3,37 aB	3,19 bB
CV1 (%)	3,64	
CV2 (%)	3,98	
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
Cultivares	Redutor de crescimento	
	Sem	Com
IPR Afrodite	1203,76 bA	1809,41 aA
URS Corona	1335,55 bA	1524,46 aB
URS Guria	810,28 bB	1327,70 aB
AL1024	1206,67 bA	1479,67 aB
CV1 (%)	16,12	
CV2 (%)	10,70	

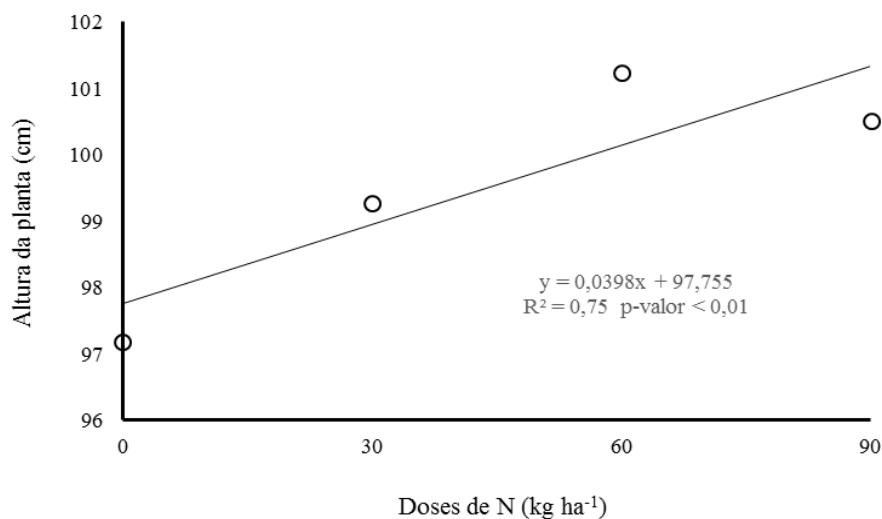
*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F e de Tukey (P<0,05), respectivamente.

A altura da planta ajustou-se a uma equação linear crescente com o incremento da adubação nitrogenada de cobertura, independente do genótipo analisado (Figura 4). Este resultado corrobora com outros trabalhos realizados com a cultura do trigo, onde o aumento das doses do fertilizante nitrogenado influenciou positivamente a altura das

plantas (ZAGONEL et al., 2002; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2010). Theago et al. (2014) obtiveram resposta quadrática das doses de N sobre este componente, com ponto de máxima obtido na dose estimada de 148 kg ha⁻¹ de N. Já Prando et al. (2013) e Teixeira Filho et al. (2012) verificaram que o fornecimento de N em cobertura não interferiu na estatura das plantas.

Segundo MARSCHNER (1995), em cereais, a aplicação de doses elevadas de N aumenta a produção de fitormônios promotores do crescimento e de desenvolvimento responsáveis pelos processos de divisão e expansão celular, aumentando o alongamento do caule e, conseqüentemente, a altura das plantas, justificando os resultados obtidos.

Figura 3.4 - Altura da planta de genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.



Constatou-se que o comprimento da panícula das plantas que receberam aplicação do redutor de crescimento apresentou-se, em média, 2,86 cm menores em relação às plantas que não foram submetidas à aplicação (Tabela 7). Alvarez et al. (2007), investigando a influência de doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl sobre os componentes de rendimento em arroz de terras altas, citam que a diminuição do tamanho da panícula pode estar relacionada com o período de aplicação do produto, que ocorre durante a diferenciação do primórdio floral, podendo interferir nos processos iniciais de formação desta estrutura, os quais envolvem constantes multiplicações celulares, sendo este motivo a provável causa da redução do comprimento da panícula.

Tabela 3.7 - Valores médios do comprimento da panícula (CP), número de panículas m^{-2} (P/M^2), número de espiguetas panícula $^{-1}$ (E/P) e número de grãos panícula $^{-1}$ (G/P) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Mauá da Serra-PR, 2014.

Redutor de crescimento	CP (cm)	P/M^2	E/P	G/P
Com	14,31 B	397,91 A	30,64 B	60,01 B
Sem	17,17 A	358,50 B	34,26 A	67,45 A
CV1 (%)	22,29	21,22	19,90	19,26
CV2 (%)	14,38	15,37	10,62	13,35

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

O número de panículas m^{-2} foi influenciado positivamente pela aplicação do redutor de crescimento, com este componente de produção apresentando valores 10% maiores em relação a não aplicação do produto (Tabela 7). Zagonel e Fernandes (2007) não observaram efeito do trinexapac-ethyl sobre o número de espigas m^{-2} em três cultivares de trigo. Porém, Zagonel et al. (2002) verificaram que a aplicação do trinexapac-ethyl proporcionou efeito positivo sobre este caractere. Essa variabilidade dos resultados dos componentes de produção, em relação ao trinexapac-ethyl, provavelmente se deve ao conjunto das variações edafoclimáticas de cada local e à interação com a cultivar utilizada (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

A linhagem AL1024 apresentou maior número de panículas m^{-2} que a URS Corona (Tabela 8). Kolchinski e Schuch (2002), avaliando os componentes de rendimento e a produtividade de grãos de quatro cultivares de aveia branca granífera (CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18), também encontraram diferença entre os genótipos para essa característica, a qual, provavelmente, ocorre devido aos distintos potenciais de perfilhamento dos materiais genéticos e à interação destes com o ambiente de cultivo.

Tabela 3.8 - Valores médios do número de panículas m^{-2} (P/M^2), número de espiguetas panícula $^{-1}$ (E/P), número de grãos espiguetas $^{-1}$ (G/E) e número de grãos panícula $^{-1}$ (G/P) de quatro genótipos de aveia branca. Mauá da Serra-PR, 2014.

Cultivares	P/M^2	E/P	G/E	G/P
IPR Afrodite	387,16 AB	37,67 A	1,78 B	66,47 A
URS Corona	343,80 B	34,03 AB	2,06 A	70,78 A
URS Guria	376,14 AB	32,15 B	1,93 AB	62,22 AB
AL1024	405,72 A	25,94 C	2,13 A	55,44 B
CV1 (%)	21,22	19,90	15,06	19,26
CV2 (%)	15,37	10,62	10,26	13,35

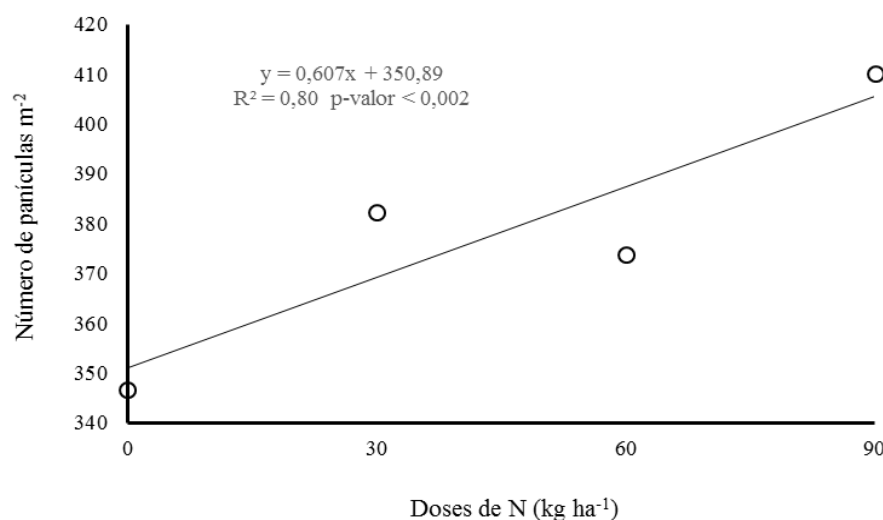
*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O número de panículas m^{-2} ajustou-se a uma equação linear crescente em resposta ao incremento das doses de N em cobertura (Figura 5). Resultados semelhantes

foram encontrados por Ceccon, Grassi Filho e Bicudo (2004), trabalhando com a cultivar de aveia branca granífera UPF 17, em que o número de panículas m^{-2} aumentou de forma linear com o incremento das concentrações de N até a dose máxima utilizada de 80 kg ha^{-1} do nutriente. Prando et al. (2012), trabalhando com três genótipos de trigo (cultivares BRS 208, BRS Pardela e linhagem IWT 04008) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de N), também encontraram resposta linear crescente para o número de espigas m^{-2} em resposta a adubação nitrogenada de cobertura. Já em estudo realizado por Cazetta, Fornasieri Filho e Arf (2007), avaliando cinco cultivares de trigo e um de triticale, combinados com cinco doses de N em cobertura, em dois anos agrícolas, observaram resposta quadrática das doses de N sobre este componente com ponto de máxima estimado com aplicação de $75,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

Segundo Kolchinski e Schuch (2002), a quantidade de unidades reprodutivas na cultura da aveia é definida no início do período vegetativo. Dessa forma, o incremento das doses de N na planta durante o perfilhamento contribuiu para o aumento do número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas por área. Este fato é justificado pela ação do N na emissão de perfilhos, no crescimento dos tecidos e também pela sua ação na diferenciação de gemas vegetativas e reprodutivas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997)

Figura 3.5 - Número de panículas por área de genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.



Para o número de espiguetas panícula⁻¹ e o número de grãos panícula⁻¹, verificou-se influência negativa da aplicação do redutor de crescimento, com redução de 3,62 espiguetas panícula⁻¹ e 7,44 grãos panícula⁻¹ em relação às plantas que não foram submetidas a este tratamento (Tabela 7). Alvarez et al. (2007) explicam que este fato pode estar relacionado com a época de aplicação do trinexapac-ethyl na planta, que ocorre no período de diferenciação do primórdio da panícula, podendo interferir nos processos iniciais de formação desta, que envolvem constantes multiplicações celulares, como formação das ramificações das panículas (ramificação da ráquis), do número de espiguetas por ramificações e de órgãos florais, reduzindo o número de espiguetas e grãos panícula⁻¹. Os mesmos autores ainda citam que a diminuição do comprimento da panícula, devido a aplicação do trinexapac-ethyl, é a provável causa da redução do número de espiguetas e que este fato resulta em um saldo maior de fotoassimilados na planta inteira, podendo ativar as gemas basais, fazer com que a planta perfilhe tardiamente e aumente, assim, o número de perfilhos e a formação de novas panículas. Esta afirmação vai ao encontro dos resultados observados nos experimentos conduzidos em Mauá da Serra, onde pode-se verificar a diminuição do comprimento da panícula e o aumento do número de panículas m⁻² com a aplicação do redutor de crescimento (Tabela 7).

Na Tabela 8 são apresentados os resultados do número de espiguetas panícula⁻¹, número de grãos espigueta⁻¹ e número de grãos panícula⁻¹ para os genótipos avaliados. Para número de espiguetas panícula⁻¹, constata-se que a cultivar IPR Afrodite e a linhagem AL1024 apresentaram o maior e o menor valor para esta variável, respectivamente. Para o número de grãos espigueta⁻¹ a linhagem AL1024 e a cultivar URS Corona possuem maiores valores que a IPR Afrodite para esta característica. Já para o número de grãos panícula⁻¹ as cultivares IPR Afrodite e URS Corona apresentaram maiores valores que a linhagem AL1024. Vários estudos desenvolvidos com as culturas do trigo e arroz avaliando a utilização de redutor de crescimento e doses de N em diferentes cultivares, também obtiveram efeito significativo dos genótipos sobre o número de espiguetas panícula⁻¹, número de grãos espigueta⁻¹ e o número de grãos panícula⁻¹ (TEIXEIRA FILHO et al., 2007; ARF et al., 2012; PRANDO et al., 2012; TEIXEIRA FILHO et al., 2012; SCHWERZ et al., 2015).

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

A massa de mil grãos apresentou efeito de interação entre os fatores redutor de crescimento e genótipo e entre doses de N e genótipo (Tabela 6). Para a primeira interação, constata-se que a maioria dos genótipos não foram influenciados pela aplicação do redutor de crescimento, exceto a linhagem AL1024, que teve a massa de mil grãos reduzida com utilização do trinexapac-ethyl. Na ausência da aplicação do redutor de crescimento, a cultivar URS Corona apresenta o maior valor para este caractere e as cultivares IPR Afrodite e URS Guria os menores valores. Já com a aplicação do redutor de crescimento, a cultivar URS Corona apresentou o maior valor, seguida da cultivar URS Guria e da linhagem AL1024, que não diferiram entre si, e da cultivar IPR Afrodite com menor valor (Tabela 6).

Para a interação de doses de N e genótipo, as cultivares IPR Afrodite e URS Guria apresentaram redução linear da massa de mil grãos com o incremento das doses de N em cobertura (Figura 6). No entanto, para a linhagem AL1024, não observou-se resposta da adubação nitrogenada para este caractere. A cultivar URS Corona apresentou ajuste linear crescente das doses de N sobre este componente de produção. Observa-se na Tabela 9 que para todas as doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N) os maiores e menores valores para massa de mil grãos foram verificados para as cultivares URS Corona e IPR Afrodite, respectivamente.

Figura 3.6 - Massa de mil grãos de quatro genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.

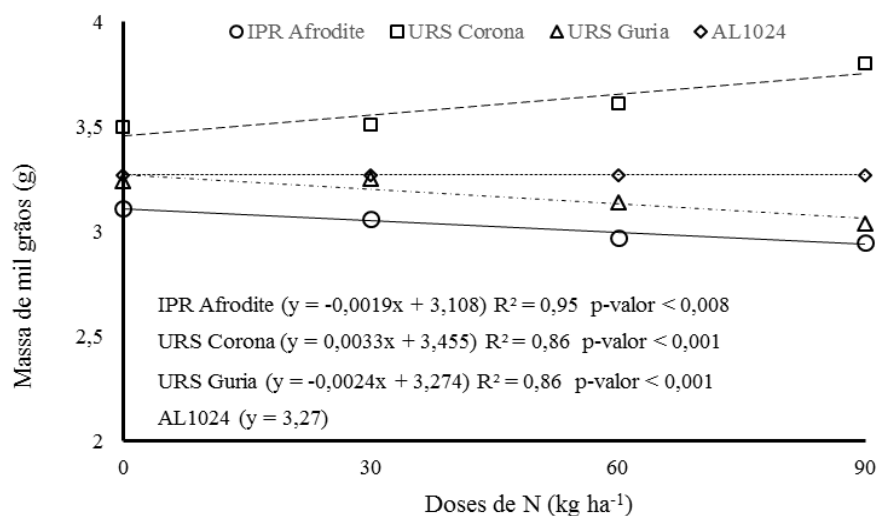


Tabela 3.9 - Valores médios da massa de mil grãos de quatro genótipos de aveia branca em reposta a doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.

Cultivares	Doses de N (kg ha ⁻¹)			
	0	30	60	90
IPR Afrodite	3,12 C	3,06 C	2,97 C	2,96 C
URS Corona	3,51 A	3,52 A	3,61 A	3,79 A
URS Guria	3,24 BC	3,25 B	3,15 B	3,04 C
AL1024	3,34 AB	3,21 BC	3,30 B	3,26 B
CV1 (%)		3,64		
CV2 (%)		3,98		

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

Analisando a utilização do trinexapac-ethyl e doses de N em diferentes genótipos de trigo, Schwerz et al. (2015), também observaram interação significativa entre os fatores cultivar e redutor de crescimento sobre a massa de mil grãos. Porém, diferentemente dos resultados observados neste estudo, estes autores verificaram que a aplicação do redutor de crescimento influenciou positivamente todas as cultivares. Arf et al. (2012) investigando a influência de doses de trinexapac-ethyl em diferentes cultivares de arroz de terras altas, também observaram efeito de interação destes fatores para a massa de mil grãos, onde somente um dos genótipos estudados respondeu à aplicação do redutor de crescimento, com a massa de mil grãos ajustando-se a uma equação linear crescente com o aumento das doses de trinexapac-ethyl. Já Cazetta, Fornasieri Filho e Arf (2007), trabalhando com cultivares de trigo e triticale em dois anos agrícolas, verificaram efeito de interação entre os fatores cultivar e doses de N, com os genótipos apresentando comportamentos distintos para massa de mil grãos com o incremento de N.

Para todos os genótipos e em todas as doses de N utilizadas, ocorreu redução do acamamento de plantas pelo uso do redutor de crescimento, com exceção da cultivar URS Guria, que na dose de 90 kg ha⁻¹ de N não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com e sem aplicação do redutor (Tabela 10).

Nos tratamentos sem aplicação do redutor de crescimento, a porcentagem de acamamento, na cultivar IPR Afrodite, ajustou-se a uma equação quadrática com ponto de máxima (84,74%) alcançado na dose estimada de 79,77 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura. Para as demais cultivares, não houve resposta às doses de N (Figura 7a), com as cultivares URS Corona, URS Guria e a linhagem AL1024 apresentando, em média, 91,25%, 93,9% e 85,62% de acamamento das plantas, respectivamente. Para os tratamentos com aplicação do redutor de crescimento, houve aumento linear do acamamento de plantas com o incremento da fertilização nitrogenada para as cultivares URS Guria e a linhagem AL1024, com maior

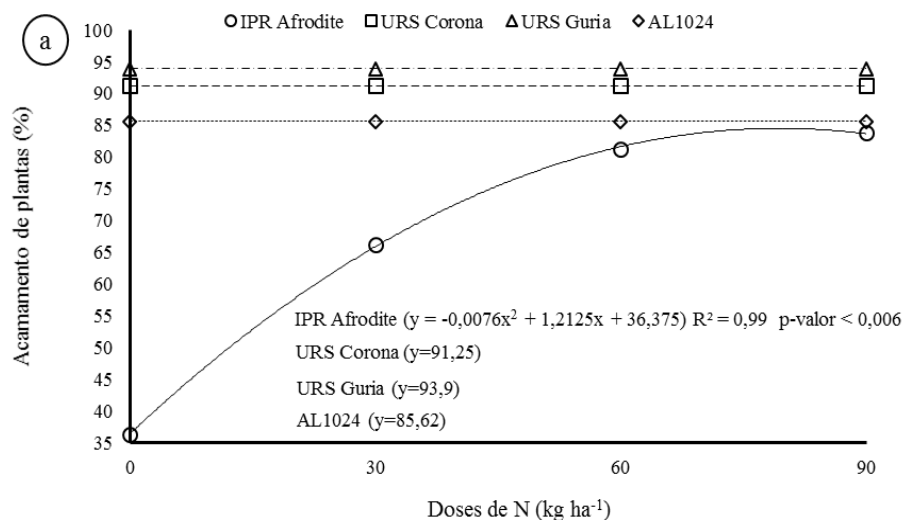
taxa de acréscimo para a cultivar URS Guria. Já para as cultivares IPR Afrodite e URS Corona, não foi observado efeito significativo das doses de N em cobertura para este caractere, com ausência de acamamento de plantas para estas cultivares (Figura 7b). Trabalhos semelhantes, analisando a influência do trinexapac-ethyl e da adubação nitrogenada em diferentes genótipos sobre o acamamento de plantas, também verificaram aumento do acamamento com o aumento das doses de N (TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). Degraf, Zagonel e Fernandes (2008) e Pagliosa et al. (2013), não observaram efeito de nenhum destes fatores sobre o acamamento de plantas de trigo.

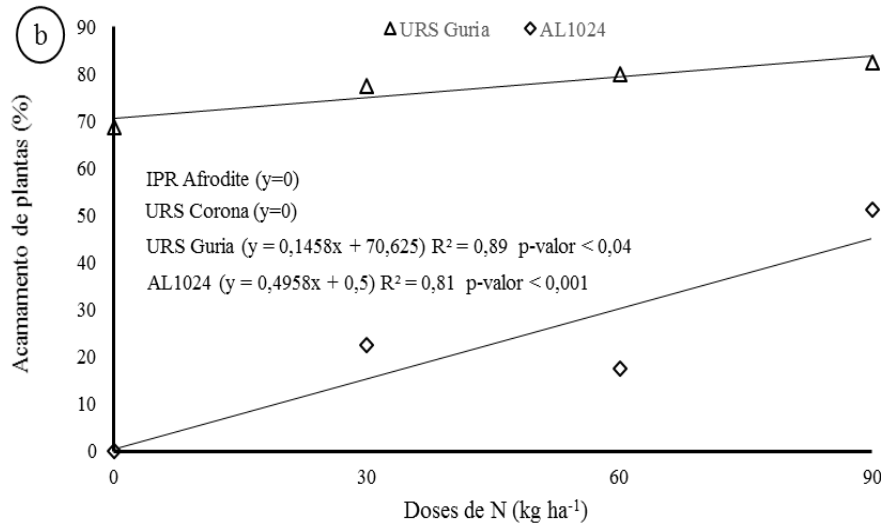
Tabela 3.10 - Valores médios de acamamento de plantas (AC) de quatro genótipos de aveia branca em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.

Cultivares	Doses de N (kg ha ⁻¹)							
	0		30		60		90	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
IPR Afrodite	36,25 aC	0,00 bB	66,25 aB	0,00 bC	81,25 aAB	0,00 bB	83,75 aA	1,25 bC
URS Corona	86,25 aAB	0,00 bB	95,00 aA	0,00 bC	95,00 aA	1,25 bB	88,75 aA	0,00 bC
URS Guria	96,25 aA	68,75 bA	95,00 aA	77,50 bA	95,00 aA	80,00 bA	94,50 aA	82,50 aA
AL1024	72,50 aB	0,00 bB	92,50 aA	22,50 bB	68,75 aB	17,50 bB	90,00 aA	51,25 bB
CV1 (%)					36,75			
CV2 (%)					17,99			

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

Figura 3.7 - Acamamento de plantas de quatro genótipos de aveia branca em resposta a doses de nitrogênio em cobertura, sem (a) e com (b) aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Mauá da Serra-PR, 2014.





O incremento da adubação nitrogenada de cobertura promoveu o aumento da estatura das plantas (Figura 4) e este fenômeno favoreceu a ocorrência de altas porcentagens de plantas acamadas (Figuras 7a e 7b). Este fato é explicado por Marschner (1995), que afirma que, em cereais, a aplicação de doses elevadas de N aumenta a produção de fitormônios promotores do crescimento e desenvolvimento responsáveis pelos processos de divisão e expansão celular, aumentando o alongamento do caule e, conseqüentemente, a altura das plantas, tornando-as mais susceptíveis ao acamamento.

Na Tabela 6, verifica-se que a aplicação do redutor de crescimento foi eficiente na redução da altura das plantas, fato que refletiu na diminuição do acamamento, mesmo nas maiores doses de N (Figura 7b). Com a utilização do redutor de crescimento, não foi observado acamamento de plantas em todas as doses de N testadas para as cultivares IPR Afrodite e URS Corona. Porém, com a aplicação do redutor, a cultivar URS Guria e a linhagem AL1024 tiveram as porcentagens de acamamento reduzidas de 93,9% e 85,62% para 77,18% e 22,81%, na média de todas as doses de N, respectivamente.

Outro fator que pode ter contribuído para as altas porcentagens de acamamento de plantas neste experimento foi a ocorrência do elevado número de panículas m⁻² em resposta à adubação nitrogenada de cobertura, que ocorreu, provavelmente, pelo estímulo do N à emissão, desenvolvimento e sobrevivência de perfilhos, os quais, possivelmente, aumentaram a massa da planta, reduzindo a resistência do colmo e propiciando o acamamento das plantas.

Na Tabela 6 é apresentado o desdobramento da interação entre os fatores genótipo e redutor de crescimento para a produtividade de grãos, mostrando que os genótipos de aveia não respondem da mesma forma à aplicação do redutor. O redutor de crescimento

aumentou o rendimento de grãos em todas as cultivares, com a cultivar IPR Afrodite apresentando o maior valor para esta variável, diferenciando-se das demais. Neste caso, o maior número de grãos panícula⁻¹ da cultivar IPR Afrodite foi, provavelmente, a característica que mais influenciou as diferenças de produtividade entre as cultivares. Sangoi et al. (2007) citam que, para a cultura do trigo, o número de grãos por espiga constitui um dos componentes de produção que mais se associa com a produção de grãos.

Na ausência de aplicação do trinexapac-ethyl, o melhor desempenho para rendimento de grãos foi observado para as cultivares IPR Afrodite, URS Corona e a linhagem AL1024, sem diferença significativa entre si, já a cultivar URS Guria apresentou o menor valor para esta característica. Zagonel et al. (2002), Berti, Zagonel e Fernandes (2007) e Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009), trabalhando com a cultura do trigo e o redutor de crescimento trinexapac-ethyl, também verificaram aumento da produtividade de grãos com a aplicação do redutor de crescimento.

O efeito positivo da aplicação do trinexapac-ethyl na produtividade de grãos é, provavelmente, resultado do controle do acamamento devido à redução do porte das plantas, com conseqüente alteração da arquitetura destas, e pelo aumento do número de panículas m⁻². Neste estudo, verifica-se que os genótipos que apresentaram maior porcentagem de acamamento, tanto nos tratamentos com quanto sem aplicação do redutor de crescimento (Tabela 10), foram os que resultaram em menores rendimentos de grãos (Tabela 6).

A adubação nitrogenada de cobertura não promoveu aumento no rendimento de grãos dos genótipos de aveia branca, revelando que a menor dose utilizada (30 kg ha⁻¹ de N na base e 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura) foi suficiente para a expressão do potencial produtivo dos genótipos (Tabela 5). Este resultado está ligado ao teor de matéria orgânica do solo, que foi de 29,92 g dm⁻³ e 27,73 g dm⁻³ a 0-10 cm e a 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Neste caso, a matéria orgânica presente no solo e o N mineralizado na palhada da cultura anterior (soja) disponibilizaram a quantidade necessária de N para que a cultura atingisse o rendimento máximo. Zagonel e Fernandes (2007) também não obtiveram resposta em produtividade do cultivar de trigo Ônix para as diferentes doses de N (50 e 240 kg ha⁻¹), atribuindo esse resultado ao suprimento adequado fornecido pela menor dose de N, aliado ao alto teor de matéria orgânica do solo.

Ao contrário de Mauá da Serra, em Londrina, não foi observada interação significativa entre os fatores redutor de crescimento e genótipo para a característica altura da planta, fato que pode ser explicado pelas condições climáticas contrastantes entre os

municípios (Figura 1), resultando em crescimento e desenvolvimento diferenciados das plantas nestes locais devido a interação genótipo x ambiente, evidenciando a diferença comportamental dos genótipos nos distintos ambientes de cultivo em função da aplicação do redutor de crescimento.

Diferentemente de Mauá da Serra, em Londrina não foi observado efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a altura da planta. Isso ocorreu, provavelmente, devido à baixa disponibilidade hídrica e à baixa umidade do solo no período de aplicação do N em cobertura, realizada durante o perfilhamento da cultura (estádio fenológico 2, escala de Feekes), conforme indicado pela CBPA (2014).

Como observado, não houve efeito do fator redutor de crescimento sobre a característica comprimento da panícula no município de Londrina, fato este, constatado em Mauá da Serra. A provável explicação para esta situação está relacionada às diferentes condições de tempo (precipitação pluvial, temperatura, umidade, etc) dos locais de cultivo durante o período de condução dos experimentos (Figura 1). Em Mauá da Serra, a maior precipitação pluvial e a ocorrência de temperaturas mais baixas resultaram no prolongamento da fase vegetativa da cultura (Tabela 1), aumentando o período de ação do redutor de crescimento na planta, que, nesta fase, age no vegetal diminuindo a elongação dos entrenós e, conseqüentemente, o comprimento do colmo. Esta maior quantidade de tempo para a ação do trinexapac-ethyl na planta pode ter ocasionado influência do produto nos processos iniciais de diferenciação do primórdio da panícula, afetando seu desenvolvimento e reduzindo o tamanho desta estrutura.

Assim como em Londrina, em Mauá da Serra, nos tratamentos com e sem aplicação de redutor de crescimento, as diferentes porcentagens de acamamento dos genótipos confirmaram a indicação de resistência ao acamamento dos materiais, com a cultivar IPR Afrodite, de moderada resistência ao acamamento, apresentando os menores índices de plantas acamadas, seguida das cultivares URS Corona e URS Guria, que apresentam moderada suscetibilidade e maior suscetibilidade a este fenômeno, respectivamente. A linhagem AL1024, ainda sem classificação para o grau de suscetibilidade ao acamamento, apresentou comportamento intermediário, com os valores para esta variável ficando entre os encontrados para o material mais resistente e os materiais mais suscetíveis ao acamamento de plantas.

Em Mauá da Serra, foi observada maior precipitação (677 mm) do que em Londrina (450,3 mm), o que pode ter contribuído para maior eficiência de aproveitamento do N mineral disponibilizado às plantas e para maior ação potencial das chuvas na ocorrência do

acamamento. A ocorrência de outros fatores como ventos fortes e chuvas frequentes de alta intensidade durante o período de cultivo, também favoreceram as maiores porcentagens de acamamento em Mauá da Serra em relação a Londrina.

Diante do exposto, foi possível verificar que a interação redutor de crescimento x genótipo x doses de N e o efeito isolado desses fatores sobre o acamamento de plantas, os componentes de produção e o rendimento de grãos da cultura da aveia branca são influenciados pelo ambiente. Dessa maneira, fica claro que as características edafoclimáticas dos locais de cultivo afetam de forma direta o crescimento, o desenvolvimento e o desempenho produtivo dos genótipos avaliados, bem como as repostas destes ao manejo adotado e a interação entre eles. Essas informações são de extrema importância para a formulação de recomendações para o cultivo de aveia, devendo-se tomar a cautela necessária para a escolha adequada dos materiais genéticos melhor adaptados às distintas regiões de cultivo e a adoção do manejo correto, afim de se utilizar com eficiência os insumos aplicados na cultura, em busca da redução de perdas e maiores rendimentos.

3.5 CONCLUSÃO

A aplicação do redutor de crescimento diminui a altura e o acamamento de plantas e, quando associado à adubação nitrogenada de cobertura, eleva o número de panículas m⁻². O aumento da produtividade de grãos, com a utilização de redutor de crescimento, depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado somente em Mauá da Serra, para os genótipos analisados. A resposta dos genótipos à fertilização nitrogenada de cobertura também depende das características edafoclimáticas dos locais de cultivo.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 241-249, 2007.

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio

(¹⁵N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.

ARF, O.; NASCIMENTO, V.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. C. F.; GITTI, D. C.; SÁ, M. E. Uso de etil-trinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 150-158, 2012.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999.

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Respostas de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Científica**, Joboticabal, v. 35, n. 2, p. 155-165, 2007.

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

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

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: Grãos, quarto levantamento janeiro/2016. Brasília: CONAB, 2016. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em 11, jan. 2016.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 215-224, 2013.

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

DEGRAF, H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses de nitrogênio, regulador de crescimento e programas de controle de doenças afetando a cultivar de trigo Ônix. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 14, n. 2, p. 143-152, 2008.

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

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003.

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

EVANS, L.E.; BHATT, G.M. Influence of seed size, protein content and cultivar on early seedling vigor in rice. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 57, p. 929-935, 1977.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, 2006.

FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz

irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

HAWERROTH, M, C.; SILVA, J. A. G.; SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, A. C.; LUCHE, H. 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**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 01 out. 2015.

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

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 379-383, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional da planta - princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para o Estudo da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995.

MARTINI JUNIOR, P. C.; FERREIRA, D. T. L.; MOREIRA, G. C. Características agronômicas da cultivar de trigo cd 114 submetido à aplicação nitrogenada em cobertura. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 3, p. 158-172, 2011.

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

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

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

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

PERUZZO G. Nitrogênio no seu trigo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 2, n. 16, 2000.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; OLIVEIRA, F. A. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

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

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

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 14).

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L.; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007.

SCHWERZ, F.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; OLIVEIRA, D. M.; ELLI, E. F.; ELOY, E. ROCKENBACH, A, P. Growth retardant and nitrogen levels in wheat agronomic characteristics. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 2, p. 93-100, 2015.

SILVA, J. A. G.; FONTANIVA, C.; COSTA, J. S. P.; KRÜGER, C. A. M. B.; UBESSI, C.; PINTO, F. B.; ARENHARDT, E. G.; GEWEHR, E. Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 18, p. 253-263, 2012.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B.P.; COELHO, C.M.M.; CASA, R.C.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 634-643, 2013.

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

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; MAEDA, A. S.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio com e sem tratamento fúngico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 626-634, 2012.

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

THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 38, n. 6, p. 1826-1835, 2014.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, 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**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

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

4 ARTIGO B

TRINEXAPAC-ETHYL E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA GRANÍFERA

4.1 RESUMO: A adubação nitrogenada, além de aumentar a produtividade, pode favorecer o desempenho fisiológico de sementes. Contudo, altas doses de nitrogênio (N), dependendo do ambiente de cultivo, podem resultar no acamamento das plantas, o que pode ser contornado com o uso de redutores de crescimento. No entanto, há carência de informações sobre o efeito desses produtos na produção e na qualidade fisiológica de sementes. Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de aveia branca granífera cultivada sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl em dois ambientes de cultivo. Os experimentos, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, foram conduzidos no ano agrícola de 2014, utilizando a cultivar IPR Afrodite, sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) associadas ou não com a aplicação do redutor de crescimento. Na fase de perfilhamento da cultura, a aplicação de N, na forma de uréia, foi realizada a lanço e, no período de alongação do colmo, entre o 1º e 2º nó perceptível, o trinexapac-ethyl foi aplicado via pulverização foliar na dose de 125 g i.a ha⁻¹. Foram avaliados: produtividade de sementes (PROD), massa de mil sementes (MMS), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), comprimento de plântulas (CP), massa seca de plântulas (MSP), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência de plântulas em areia (EP). Os dados foram analisados por análise de variância e regressão até 2º grau, a 5% de probabilidade. O efeito do redutor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na produtividade de sementes depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado aumento de produtividade somente em Mauá da Serra. A adubação nitrogenada de cobertura reduz a qualidade das sementes (porcentagem de germinação, velocidade de germinação e vigor das sementes), contudo este efeito pode ser minimizado, não observado ou sobreposto pelo efeito positivo do redutor de crescimento. Este efeito da aplicação do trinexapac-ethyl também depende das características do ambiente de cultivo e não foi observado em Londrina.

Palavras-chave: Redutor de crescimento. *Avena sativa* L. Acamamento. Adubação nitrogenada. Vigor. Germinação.

ABSTRACT: Nitrogen fertilization increases productivity and promotes the physiological performance of seeds. However, high doses of nitrogen (N), depending on the growing environment can result in plant lodging, which can be overcome with the use of growth regulators. To date, we have not found information on the effect of these products in the production and physiological seed quality. Therefore, the aim of this study was to evaluate the physiological quality of seeds oat (*Avena sativa* L.) cultivated under different topdressing nitrogen levels associated with trinexapac-ethyl growth retardant agent in two growing environments. The experiments, in Londrina-PR and Mauá da Serra-PR, were conducted in the 2014 crop year using IPR Afrodite cultivar. The experimental randomized block design in

a factorial 4 x 2, with four replications was used. Treatments with four doses of N (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹), application or non-application of growth regulator were studied. At the tillering, the application of N in the form of urea, was conducted, and at the stem elongation, period between the 1st and 2nd node noticeable, trinexapac-ethyl was applied at the rate of 125 g i.a ha⁻¹. Seed yield (SY), 1000 grain weight (WG), Germination (G), first count (FC), length of seedlings (LS), dry mass of seedlings (DMS), accelerated aging (AA), electrical conductivity (EC), emergency speed index (ESI) and seedling emergency in sand (SES) were determined. The data was submitted to analysis of variance and regression analysis to 2nd degree, at 5% probability. The effect of growth retardant and nitrogen topdressing in grain yield depends on the characteristics of the growing environment, being observed increase of productivity only in Mauá da Serra. Nitrogen fertilization coverage reduces seed quality (percentage and speed of germination and vigor), but this effect can be minimized, not observed or overlapped by the positive effect of growth regulator. The effect of trinexapac-ethyl application also depends on the characteristics of the cultivation environment and was not observed in Londrina.

Keywords: Growth regulator. *Avena sativa* L. Lodging. Nitrogen fertilizer. Vigor. Germination.

4.2 INTRODUÇÃO

Altas produções podem ser alcançadas por meio da utilização de sementes de qualidade, insumo responsável pela emergência e estabelecimento uniforme de um adequado estande de plantas no campo, sendo estes, requisitos básicos de uma lavoura com elevado potencial de rendimento de grãos (OLIVEIRA et al., 2014). Para se obter sementes com elevado desempenho fisiológico é indispensável a realização da adequada adubação mineral, onde o N tem papel importante, com seu efeito variando conforme as condições ambientais e o estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre a aplicação do fertilizante (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Solos brasileiros não suprem totalmente a demanda de N das espécies cultivadas (ERNANI, 2003), sendo este elemento responsável por uma série de funções metabólicas que determinam o crescimento e desenvolvimento das plantas (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005), sendo essencial, portanto, sua complementação com fertilizantes nitrogenados. Esta prática de manejo destaca-se em razão do N ser o elemento mais absorvido pela cultura da aveia (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003), com efeitos positivos na produtividade e na qualidade. Neste contexto, a CBPA (2014) recomenda para os solos do estado do Paraná que a adubação nitrogenada seja parcelada em dois momentos distintos: por ocasião da semeadura e em cobertura, durante o estágio de perfilhamento da cultura.

Segundo Sá (1994), a disponibilidade de nutrientes para a planta pode interferir na qualidade das sementes, pois este fator está diretamente relacionado com a composição química da semente, formação do embrião e de estruturas de reserva e, conseqüentemente, com o desempenho fisiológico da semente. O mesmo autor cita que plantas bem nutridas apresentam melhores condições de produzir maior quantidade de sementes, e de melhor qualidade.

De acordo com Kolchinski e Schuch (2004), a qualidade das sementes pode ser afetada pela oferta de N ao vegetal, pois este nutriente é constituinte de biomoléculas que participam de rotas metabólicas-chave e processos vitais na planta. Os mesmos autores relatam que a quantidade de N absorvido durante o ciclo da planta exerce influência importante na determinação do teor proteico da semente e, neste sentido, trabalhos realizados com trigo por Carvalho e Nakagawa (2012) demonstraram a existência de correlação positiva entre o teor de proteína e a qualidade fisiológica das sementes. As proteínas de reserva são hidrolisadas durante a germinação para suprir o N, o enxofre e os esqueletos de carbono, necessários ao eixo embrionário e à plântula durante as fases iniciais de desenvolvimento

(PRADO, 2004). O autor cita ainda que a redução da quantidade de proteína na semente pode ocasionar-lhe deterioração mais rápida.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a adubação nitrogenada pode influenciar o desempenho fisiológico da semente, contudo os seus efeitos variam de acordo com a espécie, condições ambientais, bem como com o estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre a aplicação do fertilizante. Zucareli et al. (2012) relatam ainda que a qualidade fisiológica das sementes dos materiais genéticos responde diferentemente a diferentes doses de N. Neste sentido, Gondim et al. (2006), avaliando o efeito de diferentes níveis de N no cultivo de variedades de milho sobre a qualidade fisiológica das sementes, observaram que as sementes de todas as variedades apresentaram alta qualidade fisiológica quando cultivadas em altos níveis de N. Contudo, quando em baixo nível de N, observaram qualidade diferenciada das sementes dos materiais analisados.

Estudos que objetivam relacionar a fertilização e nutrição das plantas produtoras de sementes com a qualidade fisiológica das sementes ainda são em número reduzido e os resultados nem sempre são concordantes. Kolchinski e Schuch, (2004), trabalhando com quatro cultivares de aveia branca granífera (CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18) e quatro doses de N em cobertura (0, 24, 48 e 73 kg ha⁻¹ de N), não observaram efeito significativo do incremento da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes, independente da cultivar. Porém, efeitos positivos sobre a qualidade fisiológica das sementes foram relatados para outras gramíneas como milho (IMOLESI et al., 2001), painço (ABRANTES et al., 2010) e arroz (SMIDERLE et al., 2011).

Elevadas doses de nitrogênio influenciam de forma positiva a produtividade de grãos de aveia branca (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002; CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004), no entanto, esta prática pode influenciar o maior desenvolvimento vegetativo e resultar no aumento da estatura das plantas, com conseqüente acamamento, o que interfere negativamente na produção e na qualidade das sementes (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Quando o acamamento das plantas ocorre durante o período de enchimento das sementes, o rendimento da cultura é comprometido pela limitação da fotossíntese e da translocação de fotoassimilados na planta; já quando ocorre na fase de maturação, a redução da produtividade e qualidade é ocasionada pela exposição das plantas a condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, germinação ou apodrecimento das sementes, além de dificuldade na realização da colheita mecanizada (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

Neste contexto, a utilização de redutores de crescimento, visando diminuir a altura e evitar o possível acamamento das plantas ao longo do ciclo, pode se revelar como uma importante estratégia para contornar esse problema e favorecer a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica (KAPPES et al., 2012), principalmente quando associado a altas doses de N.

A redução no porte das plantas, proporcionada pela ação dos fitorreguladores, que atuam principalmente como inibidores da síntese de giberelinas, responsáveis pela alongação dos entrenós da planta (ESPINDULA et al., 2010), faz com que os metabólitos sejam direcionados para as estruturas reprodutivas nas quais estão os produtos de importância econômica (NÓBREGA et al., 1999), aumentando, possivelmente, o tamanho e a quantidade de reservas da semente e, conseqüentemente, o seu desempenho fisiológico.

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

Trabalhos que relacionam os efeitos da aplicação de redutores de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura sobre a qualidade fisiológica de sementes de aveia branca e de outros cereais são escassos, demonstrando a necessidade da realização de estudos sobre este assunto, visando a elaboração de recomendações adequadas dessas técnicas de manejo para produção de sementes, tendo em vista a qualidade fisiológica.

O ambiente de cultivo, bem como sua interação com o manejo e o genótipo, também pode influenciar o crescimento e desenvolvimento da semente e, conseqüentemente, determinar seu potencial fisiológico, conforme proporciona melhores ou piores condições climáticas durante a maturação das plantas (COSTA et al., 2005). Para Motta et al. (2002), a qualidade das sementes é influenciada pelos locais e pelas épocas de cultivo, uma vez que fatores como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo variam com a estação do ano e com a latitude das regiões. Entender a relação entre as condições ambientais dos locais de cultivo e o desempenho produtivo das cultivares é essencial para a produção de sementes de qualidade superior e com níveis de produtividade satisfatórios.

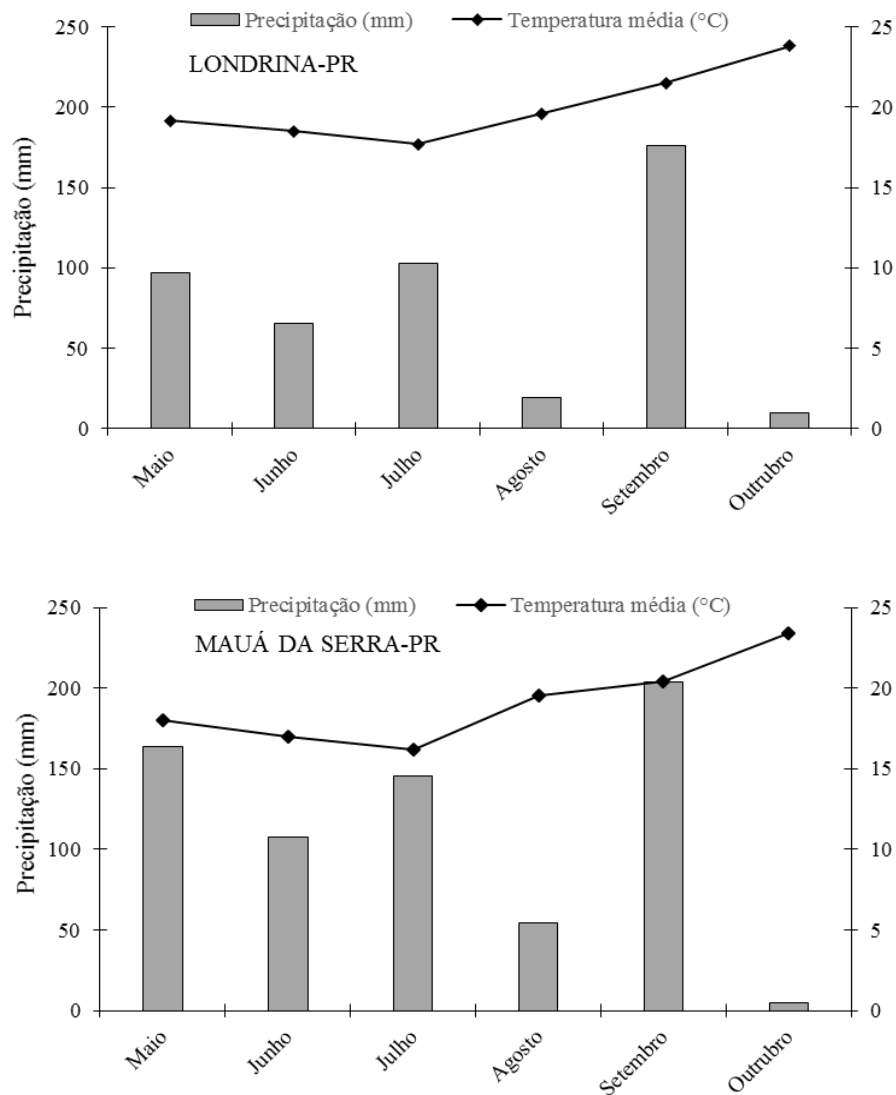
Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de aveia branca granífera cultivada sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl em dois ambientes de cultivo.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2014 em dois ambientes de cultivo no estado do Paraná, contrastantes quanto as características edafoclimáticas: Londrina e Mauá da Serra. No município de Londrina-PR, o ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006), localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 23° 23' S e 51° 11' O e altitude de 610 m. O clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. No município de Mauá da Serra-PR, o ensaio foi conduzido na Fazenda Estância 3M, em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 23° 58' S e 51° 19' W e altitude de 847 m. O clima da região é do tipo Cfb, descrito como temperado mesotérmico com verões frescos, segundo classificação de Köpen. Os dados de precipitação pluvial e de temperaturas foram obtidos por meio dos registros das estações meteorológicas do IAPAR (Figura 1).

As características químicas do solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, determinadas antes da instalação do experimento, em Londrina-PR, foram representadas por: 0 a 10 cm - pH (CaCl₂) 5,40; 5,34 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,22 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 3,08 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,95 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 32,0 mg dm⁻³ de P e 16,98 g dm⁻³ de matéria orgânica; e 10 a 20 cm - pH (CaCl₂) 5,00; 5,76 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 4,57 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 2,38 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,65 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 17,6 mg dm⁻³ de P e 16,12 g dm⁻³ de matéria orgânica. Para Mauá da Serra-PR: 0 a 10 cm - pH (CaCl₂) 4,90; 7,20 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 6,80 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,64 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,50 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 23,5 mg dm⁻³ de P e 29,92 g dm⁻³ de matéria orgânica; e 10 a 20 cm - pH (CaCl₂) 4,80; 7,75 cmol_c dm⁻³ de H + Al³⁺; 5,97 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,43 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,20 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 11,5 mg dm⁻³ de P e 27,73 g dm⁻³ de matéria orgânica.

Figura 4.1 - Dados médios mensais de temperatura e precipitação pluvial para o período de condução dos experimentos em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.



A cultivar de aveia branca granífera utilizada foi a IPR Afrodite, lançada em 2012 pelo IAPAR, apresentando ciclo médio, moderada resistência ao acamamento e média estatura. Os períodos de dias da emergência ao florescimento, do florescimento à maturação, e da emergência à maturação plena da cultivar de aveia branca IPR Afrodite em Londrina e Mauá da Serra, no ano agrícola de 2014, estão apresentados na Tabela 1.

Nos dois locais, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e da aplicação ou não aplicação do redutor de crescimento.

Tabela 4.1 - Períodos de dias para o florescimento, do florescimento à maturação e da emergência à maturação plena da cultivar de aveia branca IPR Afrodite cultivada com e sem aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.

Cultivares	Londrina						Mauá da Serra					
	Sem			Com			Sem			Com		
	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M
IPR Afrodite	69	42	111	72	41	113	82	55	137	86	53	139

E-F = dias da emergência ao florescimento; F-M = dias do florescimento à maturação; E-M = dias da emergência à maturação.

A cultivar de aveia branca foi semeada mecanicamente nos dias 08/05/2014 e 12/05/2014 em Londrina e Mauá da Serra, respectivamente, com densidade de 300 sementes viáveis m⁻². As parcelas foram compostas por seis linhas de cinco metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,17 m, com área útil de 4,25 m².

Os experimentos foram conduzidos sob sistema de semeadura direta, ambos em área anteriormente ocupada com a cultura da soja. Com base nas características químicas do solo das áreas experimentais, calculou-se a adubação mineral básica no sulco de semeadura, constante para todos os tratamentos, que foi de 30 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O no município de Londrina-PR e 20 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O no município de Mauá da Serra-PR, utilizando-se a fórmula 10-30-10 para ambos ambientes de cultivo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada a lanço na fase do perfilhamento, na forma de ureia, (45% de N).

O redutor de crescimento foi aplicado na fase de alongação do colmo, entre o 1° e 2° nó perceptível. A dose utilizada de trinexapac-ethyl foi de 125 g i.a ha⁻¹, correspondente a 400 ml ha⁻¹ do produto comercial Moddus[®], aplicado por meio de pulverizador costal à pressão constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂ comprimido, munido de duas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-020, com volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

O manejo e tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e recomendações para a cultura. A colheita foi realizada após as sementes atingirem a maturação de colheita, estágio caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e grãos com umidade abaixo de 20%. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada mediante as seguintes avaliações:

Produtividade de sementes (PROD): determinada pela colheita das sementes das plantas contidas na área útil da parcela. Após a trilhagem mecânica, as sementes foram pesadas e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% de umidade.

Massa de mil sementes (MMS): obtida mediante a contagem e pesagem de duas repetições de 100 sementes de aveia branca por parcela. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de mil sementes (BRASIL, 2009).

Germinação (G): realizada com oito repetições de 50 sementes, em papel toalha germitest[®] umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel foram mantidos em germinador sob temperatura de 20 °C. A avaliação constou de duas contagens, aos cinco (primeira contagem - PC) e aos dez dias (segunda contagem) após a instalação do teste, computando-se a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Comprimento de plântulas (CP): realizado a partir da semeadura de quatro repetições de 20 sementes, no terço superior da folha de papel germitest[®], umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel contendo as sementes permaneceram por cinco dias em germinador, à temperatura de 20 °C, quando se avaliou o comprimento das plântulas normais, com auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais, e os resultados foram expressos em centímetros.

Massa seca de plântulas (MSP): foi conduzido juntamente com o teste de comprimento de plântulas. Após ser realizada a medição das plântulas normais, no teste de comprimento de plântulas, estas foram cortadas e separadas do restante das sementes (tecido de reserva). As plântulas normais foram separadas e colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação de ar forçada, regulada à temperatura de 80 °C, durante 24 horas (NAKAGAWA, 1999). Ao final desse período, a massa seca foi avaliada em balança com precisão de 0,0001 g determinando-se assim a massa das plântulas normais. Os resultados foram expressos em mg por plântula.

Envelhecimento acelerado (EA): realizado com quatro repetições em caixas tipo gerbox, com compartimento individual, contendo 40 mL de água em seu interior, e uma tela de alumínio, sobre a qual foram distribuídas uniformemente 240 sementes por gerbox. As caixas foram mantidas em câmara de envelhecimento acelerado, a 42 °C, durante 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Decorrido esse período, foi instalado o teste de germinação sob temperatura de 20 °C. A contagem do número de plântulas normais foi realizada após cinco dias da semeadura (BRASIL, 2009).

Condutividade elétrica (CE): conduzido por meio do sistema de massa, com quatro repetições de 50 sementes. Foi determinada a massa das sementes e, em seguida, estas

foram colocadas em copos plásticos com 75 ml de água deionizada e mantidas a 25 °C. Após 24 horas de embebição foi determinada a condutividade elétrica da solução, com resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE): realizado juntamente com o teste de emergência de plântulas por meio de contagens diárias do número de plântulas normais emergidas até a estabilização da emergência, segundo a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{Gn}{Nn}$$

onde,

IVE = Índice de velocidade de emergência;

G1 = % de germinação na primeira contagem;

N1 = número de dias da semeadura a primeira contagem;

G2 = % de germinação na segunda contagem;

N2 = número de dias da semeadura a segunda contagem;

Gn = % de germinação na última contagem;

Nn = número de dias da semeadura à última contagem.

Emergência de plântulas em areia (EP): teste realizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. A areia utilizada foi previamente lavada e, em seguida, levadas a bandejas plásticas. Na semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de 3 cm de areia. O teste foi conduzido em casa de vegetação e a umidade mantida com irrigações de acordo com a necessidade da cultura. A avaliação do número de plântulas normais emergidas foi realizada no décimo quinto dia.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, a análise de variância e regressão até 2º grau, separadamente para cada local de cultivo, a 5% de probabilidade.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para Londrina, verificou-se interação significativa entre os fatores redutor de crescimento e doses de N em cobertura para as características CP e MSP. Já para as variáveis G, EA e CE observou-se efeito isolado do redutor de crescimento; para EA constatou-se efeito isolado de doses de N (Tabela 2).

Já em Mauá da Serra, houve interação significativa entre os fatores redutor de crescimento e doses de N em cobertura para as características CP, MSP, EA e EP. Constatou-se efeito isolado de redutor de crescimento para PROD, G, PC e CE e de doses de N para PROD, G e PC (Tabela 2).

Tabela 4.2 - Valores de quadrado médio da análise de variância para a cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura com e sem aplicação do redutor de crescimento, nos municípios de Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.

FONTE DE VARIAÇÃO	CARACTERÍSTICAS									
	PROD (kg ha ⁻¹)	MMS (g)	G (%)	PC (%)	CP (cm)	MSP (mg)	EA (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	IVE (%)	EP (%)
Londrina										
Bloco	43727,34	0,75*	4,36	39,28	27,68*	3,60*	83,37	3855,86*	0,86*	18,00*
Redutor (R)	4416,12	0,09	13,78*	132,03	250,82*	26,13*	2016,12*	12680,28*	0,23	0,01
Nitrogênio (N)	9662,28	0,04	0,19	55,28	51,33*	3,80*	186,71*	368,86	0,02	0,33
R*N	10198,25	0,01	2,19	86,61	57,46*	3,21*	77,87	58,45	0,09	3,67
CV (%)	6,68	6,73	1,64	9,94	5,55	8,54	8,25	11,53	3,37	1,82
Mauá da Serra										
Bloco	13531,10	0,02	1,71	13,36	0,12	0,19	67,87	111,25	0,20	12,83
Redutor (R)	293453,77*	0,04	55,12*	270,28*	34,19*	19,37*	595,12*	8256,12*	0,21	0,50
Nitrogênio (N)	70727,88*	0,04	19,87	121,19*	7,25*	1,13*	6048,87*	209,75	0,22	16,16
R*N	36373,58	0,01	5,70	16,11	14,03*	2,78*	1594,87*	123,70	0,33	35,50*
CV (%)	7,35	5,11	2,05	5,99	3,24	4,22	8,60	25,61	4,36	3,58

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV: coeficiente de variação. PROD: produtividade de sementes; MMS: massa de mil sementes; G: germinação; PC: primeira contagem da germinação; CP: comprimento de plântulas; MSP: massa seca de plântulas; EA: envelhecimento acelerado; CE: condutividade elétrica; IVE: índice de velocidade de emergência; EP: emergência de plântulas em areia.

Em Londrina, não foi verificado efeito significativo do redutor de crescimento, das doses de N e da interação entre os fatores para a produtividade de sementes de aveia branca (Tabela 2). Degraf, Zagonel e Fernandes (2008) e Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), trabalhando com trinexapac-ethyl e doses de N em diferentes cultivares de trigo, também não encontraram influência desses fatores sobre esta característica. Já Hawerroth et al. (2015), analisando o efeito de doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl na cultivar de aveia branca Barbarasul, em diferentes doses de N e ambientes de cultivo, verificaram que a produtividade apresentou resposta positiva ou não significativa à aplicação do redutor de crescimento dependendo do local de cultivo.

A produtividade de sementes é uma característica controlada por grande número de genes, sendo, portanto, herança quantitativa. Isso ocorre porque a produtividade de sementes depende da interação de vários componentes de rendimento, os quais são controlados por fatores genéticos e pelo ambiente. Esses componentes de rendimento são

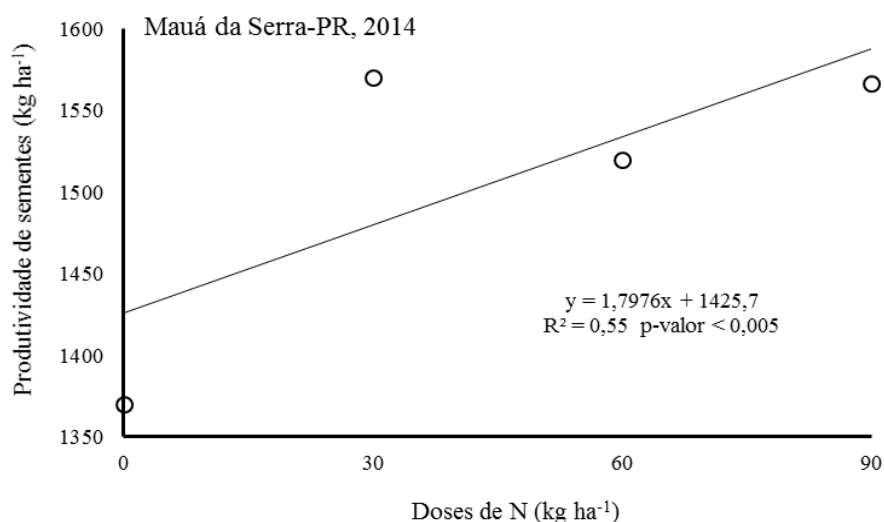
importantes características que podem ser afetadas pela nutrição, entre outros fatores (FREITAS et al., 2007). Evans e Bhatt (1977) citam que o comprimento da panícula, o número de espiguetas por panícula, a fertilidade das espiguetas e a massa de mil sementes afetam diretamente a produtividade. Assim, a possível ausência de efeito dos fatores redutor de crescimento e doses de N sobre estes componentes de produção é, provavelmente, a razão de não ter sido observado nenhum efeito significativo na produtividade de sementes de aveia branca no experimento conduzido em Londrina.

Em Mauá da Serra a aplicação do redutor de crescimento ocasionou o acréscimo de 33,47% na produtividade de sementes, quando comparados aos tratamentos com ausência da utilização do produto (Tabela 3). A maior produtividade, resultado da aplicação do trinexapac-ethyl, pode ser atribuída em parte à redução na altura e no acamamento das plantas e em parte pela provável alteração da arquitetura foliar, especialmente da folha bandeira, que fica mais ereta (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010), aumentando o aproveitamento dos recursos do meio, especialmente a radiação solar (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Estes efeitos podem alterar a partição de fotoassimilados e melhorar o redirecionamento destes para a produção de sementes (ZAGONEL et al., 2002). O aumento na produtividade de cereais de inverno pela utilização de redutor de crescimento vem sendo observado por vários autores (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

Com relação à adubação nitrogenada de cobertura, a produtividade de sementes em Mauá da Serra se ajustou a uma equação linear crescente em relação às doses de N, com rendimento de 1.566,29 kg ha⁻¹ na maior dose utilizada (90 kg ha⁻¹ de N) (Figura 2). Comportamento semelhante foi observado por Kolchinski e Schuch (2003), trabalhando com quatro cultivares de aveia branca granífera (CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18) combinadas com quatro doses de N (0, 24, 48 e 73 kg ha⁻¹) e Prando et al. (2012), trabalhando com três genótipos de trigo (cultivares BRS 208 e BRS Pardela e linhagem IWT 04008) e quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) em cobertura. Já, Teixeira Filho et al. (2010), avaliando a influência de doses e fontes de N, em dois anos agrícolas (2006 e 2007), sobre os componentes de produção e produtividade de trigo, observaram que as doses de N se ajustaram à funções quadráticas, com a máxima produtividade alcançada, respectivamente, com as estimativas de 121 e 122 kg ha⁻¹ de N. No presente trabalho não foi possível a determinação do máximo rendimento agrônomico da cultura em função do incremento das doses de N. De acordo com Soratto et al. (2007), o N, em razão de suas múltiplas funções na planta, é capaz de alterar os componentes de rendimento das culturas e influenciar

positivamente a produtividade de sementes, fato que pode ter ocorrido com a cultivar IPR Afrodite cultivada em Mauá da Serra.

Figura 4.2 - Produtividade de sementes da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, produzidas em Mauá da Serra-PR, em resposta as doses de nitrogênio em cobertura.



O redutor de crescimento e as doses de N em cobertura não afetaram a massa de mil sementes, característica que tem sido relacionada com a qualidade fisiológica de sementes (Tabela 2). Em outras espécies como o painço (ABRANTES et al., 2010), feijão (FARINELLI et al., 2006), arroz (SMIDERLE et al., 2011), aveia preta (NAKAGAWA et al., 1994) e milho doce (ZUCARELI et al., 2012), também não foram encontrados efeitos da adubação nitrogenada de cobertura sobre a massa de mil sementes. Entretanto, Prando et al. (2012), trabalhando com a cultura do trigo, verificou que a massa de mil sementes decresceu com o aumento das doses de N. Estes autores relatam que esse resultado pode ter ocorrido devido ao acamamento de plantas durante a fase de enchimento de grãos, o qual prejudicou este processo e, também, devido ao provável aumento no número de sementes e perfilhos por área, com o incremento das doses de N.

A aplicação do redutor de crescimento afetou a germinação de sementes, expressa pela porcentagem de plântulas normais, nos municípios de Londrina e Mauá da Serra (Tabela 3). Em Londrina, a aplicação do trinexapac-ethyl ocasionou o decréscimo de 1% na germinação de sementes, quando comparado aos tratamentos com ausência de utilização do redutor de crescimento. Embora o redutor de crescimento tenha proporcionado germinação significativamente inferior, essa diferença observada foi pequena, o que do ponto de vista

biológico não afeta o desempenho das sementes para o crescimento e desenvolvimento inicial das plântulas a campo.

Para Mauá da Serra a utilização do fitorregulador aumentou a germinação das sementes (Tabela 3), assim como observado por Kappes et al. (2012), estudando o efeito da aplicação de três reguladores de crescimento (cloreto de mepiquat, trinexapac-ethyl e paclobutrazol) em diferentes doses (0, 75, 150, 225 e 300 g ha⁻¹) sobre a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de crotalária, em que a aplicação do trinexapac-ethyl influenciou positivamente a germinação de sementes. Segundo Nóbrega et al. (1999), este resultado pode ser atribuído à diminuição da estatura das plantas, ocorrida pela aplicação do redutor de crescimento, fazendo com que os fotoassimilados fossem direcionados para as estruturas reprodutivas das plantas e, conseqüentemente, contribuindo para o maior potencial de germinação.

Tabela 4.3 - Valores médios de produtividade de sementes (PROD), germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.

Redutor de crescimento	Londrina			
	G (%)	EA (%)	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	
Sem	98 a	93,25 a	191,06 b	
Com	97 b	77,37 b	230,87 a	
CV (%)	2,05	8,60	25,61	
Redutor de crescimento	Mauá da Serra			
	PROD (kg ha ⁻¹)	G (%)	PC (%)	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)
Sem	1203,76 b	95 b	85 b	47,31 b
Com	1809,41 a	98 a	91 a	79,44 a
CV (%)	7,35	1,64	10,30	11,53

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

Tanto nos experimentos conduzidos em Londrina quanto em Mauá da Serra, não foi observado efeito da adubação nitrogenada de cobertura sobre a porcentagem de germinação de sementes (Tabela 2). Esse resultado deve-se, em parte, às condições de solo dos dois locais de cultivo, pois ambos possuem alta fertilidade e, também, pela rotação de cultura com a soja, que possivelmente tenha deixado no solo nutrientes, principalmente o N, para a cultura da aveia. Com isso, mesmo na testemunha com aplicação de somente 30 e 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura em Londrina e Mauá da Serra, respectivamente, e sem adubação de cobertura, foi possível produzir sementes com boa qualidade fisiológica. Smiderle et al.

(2011), trabalhando com diferentes doses e épocas de aplicação de N na cultivar de arroz BRS Jaçanã, observaram que o maior valor de germinação foi alcançado com o uso de 105 kg ha⁻¹ de N. Carvalho e Nakagawa (2012) explicam que o aumento na porcentagem de germinação em função de doses de N se deve provavelmente ao fato de este nutriente estar relacionado à formação do embrião e dos órgãos de reserva. Trabalhos conduzidos com as culturas da aveia preta (NAKAGAWA et al., 1994), aveia branca (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2004), trigo (PRANDO et al., 2012; BRZEZINSKI et al., 2014), milho doce (ZUCARELI et al., 2012) e painço (ABRANTES et al., 2010) também não obtiveram efeito da fertilização nitrogenada sobre a germinação de sementes.

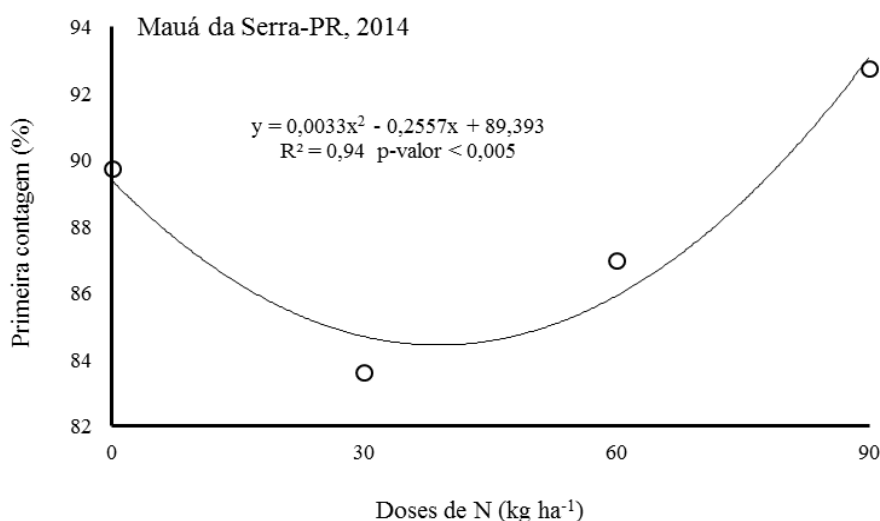
Os valores obtidos para a característica germinação de sementes, em todos os tratamentos nos dois locais de cultivo, apresentaram-se acima do padrão estabelecido para comercialização de sementes de aveia branca pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que exige germinação mínima de 80%.

Em Londrina, não foi verificado efeito significativo do redutor de crescimento, da adubação nitrogenada de cobertura e da interação entre os fatores para a característica primeira contagem de germinação (Tabela 2). Já em Mauá da Serra, a primeira contagem da germinação foi influenciada positivamente pelo uso do redutor de crescimento, com aumento de 6% no valor desta característica em relação aos tratamentos sem aplicação do produto (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado por Kappes et al., (2012) na cultura da crotalaria, onde a utilização de 225 g ha⁻¹ do ingrediente ativo trinexapac-ethyl também aumentou a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação. Já Souza et al. (2010), trabalhando com doses e épocas de aplicação de três reguladores de crescimento na cultura do trigo, não obtiveram efeito significativo dos produtos sobre este caractere.

Com relação ao incremento das doses de N em cobertura, em Mauá da Serra, a primeira contagem da germinação se ajustou a uma função quadrática em resposta a este fator, com ponto de mínima (84%) obtido na dose estimada de 38,74 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Neste estudo, os maiores valores para a primeira contagem da germinação são encontrados nas doses mais elevadas de N, pois, provavelmente, o aumento da oferta deste nutriente para a planta ocasionou um maior desenvolvimento da área foliar e, com isso, possibilitou um melhor acúmulo de reservas na semente, tornando sua germinação mais vigorosa. Abrantes et al. (2010), avaliando o efeito da combinação de quatro doses (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N) e duas épocas de aplicação (14 e 28 dias após a emergência - DAE) do fertilizante nitrogenado (ureia) em cobertura na cultura do painço, verificaram aumento na primeira contagem da

germinação com a elevação das doses de N até 62,82 kg ha⁻¹, aplicados aos 14 DAE. Diferentemente destes autores, Schuch et al. (1999), estudando a cultura da aveia preta, verificaram que qualidade fisiológica das sementes (primeira contagem) foi reduzida pela adição de adubo nitrogenado. Outros trabalhos, conduzidos com as culturas do trigo (FAVARATO et al., 2012; PRANDO et al., 2012) e aveia preta (NAKAGAWA et al., 1994; SILVA et al., 2001), entretanto, não observaram interferência da adubação nitrogenada sobre o vigor expresso pelo teste de primeira contagem da germinação.

Figura 4.3 - Primeira contagem da germinação de sementes de aveia branca da cultivar IPR Afrodite produzidas em Mauá da Serra-PR, em função de doses de nitrogênio em cobertura.



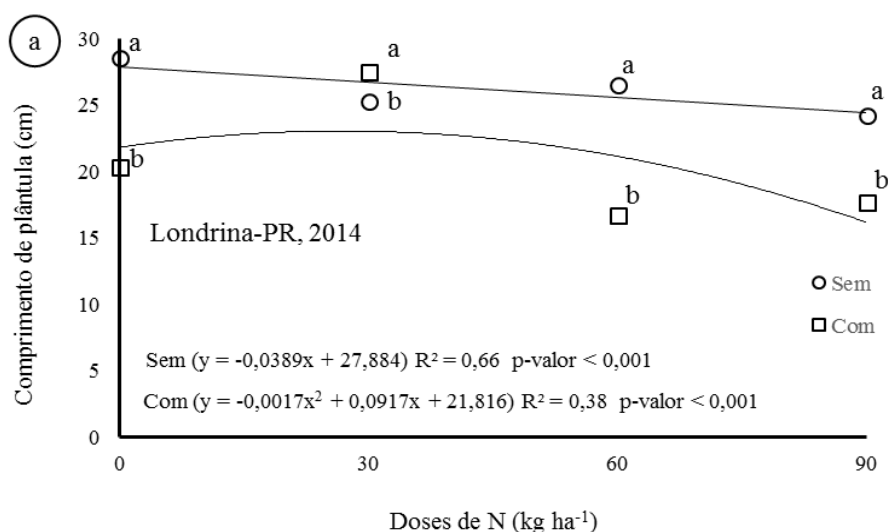
Em Londrina, o comprimento de plântulas de aveia branca foi influenciado significativamente pela interação dos fatores redutor de crescimento e doses de N em cobertura (Tabela 2). Para esta característica, os tratamentos sem aplicação do trinexapacetyl ajustaram-se a uma função linear decrescente em resposta ao incremento da fertilização nitrogenada (Figura 4a). Já os tratamentos com aplicação do redutor de crescimento ajustaram-se a uma equação quadrática, com ponto de máxima (23,05 cm) obtido na dose estimada de 26,97 kg ha⁻¹ de N. Com exceção da dose de 30 kg ha⁻¹ de N, para todas as doses de N avaliadas, verifica-se que os tratamentos sem aplicação do redutor de crescimento apresentaram os maiores valores para a característica em questão (Figura 4a).

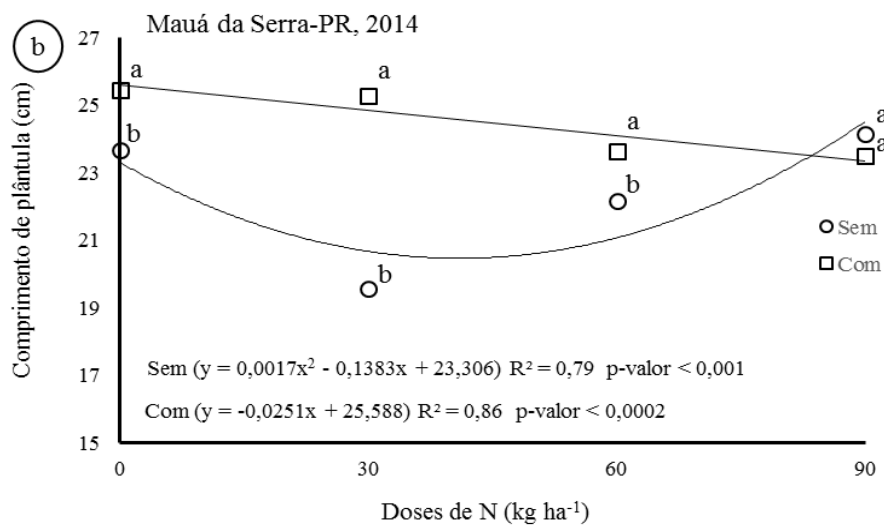
Assim como em Londrina, em Mauá da Serra, o comprimento de plântulas também foi influenciado pela interação entre redutor de crescimento e doses de N em cobertura (Tabela 2). Nas doses de 0, 30 e 60 kg ha⁻¹ de N, observa-se os maiores valores

deste caractere para os tratamentos com aplicação do trinexapac-ethyl, já na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, não houve diferença entre os tratamentos (Figura 4b). O comprimento de plântulas com a aplicação do redutor de crescimento ajustou-se a uma equação linear decrescente em resposta a adubação nitrogenada de cobertura. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos resultados de comprimento de plântulas quando o trinexapac-ethyl não foi aplicado. Esta equação revela que o menor valor deste caractere (20,49 cm) foi obtido na dose estimada de 40,68 kg ha⁻¹ de N. Kappes et al. (2012), estudando o efeito de três reguladores de crescimento aplicados em cinco doses sobre o crescimento de plântulas de crotalária, observaram que a utilização de 300 g ha⁻¹ do ingrediente ativo trinexapac-ethyl proporcionou o aumento do comprimento total de plântulas desta espécie.

Brzezinski et al. (2014), avaliando duas cultivares de trigo (BRS 220 e BRS Tangará), cultivadas com e sem inoculação de *Azospirillum* e cinco doses de N em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), verificaram que o incremento das doses de N, para cultivar BRS Tangará, resultou no aumento do comprimento de parte aérea e de raiz das plântulas. Resultado discordante foi encontrado por Zucareli et al. (2012) que, analisando a qualidade fisiológica de sementes de milho doce provenientes de plantas cultivadas sob diferentes doses e épocas de aplicação de N em cobertura, verificaram que o aumento das doses da adubação nitrogenada, no estágio vegetativo, reduziu o comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas.

Figura 4.4 - Comprimento de plântulas da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, produzidas em Londrina-PR (a) e Mauá da Serra-PR (b), em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura.

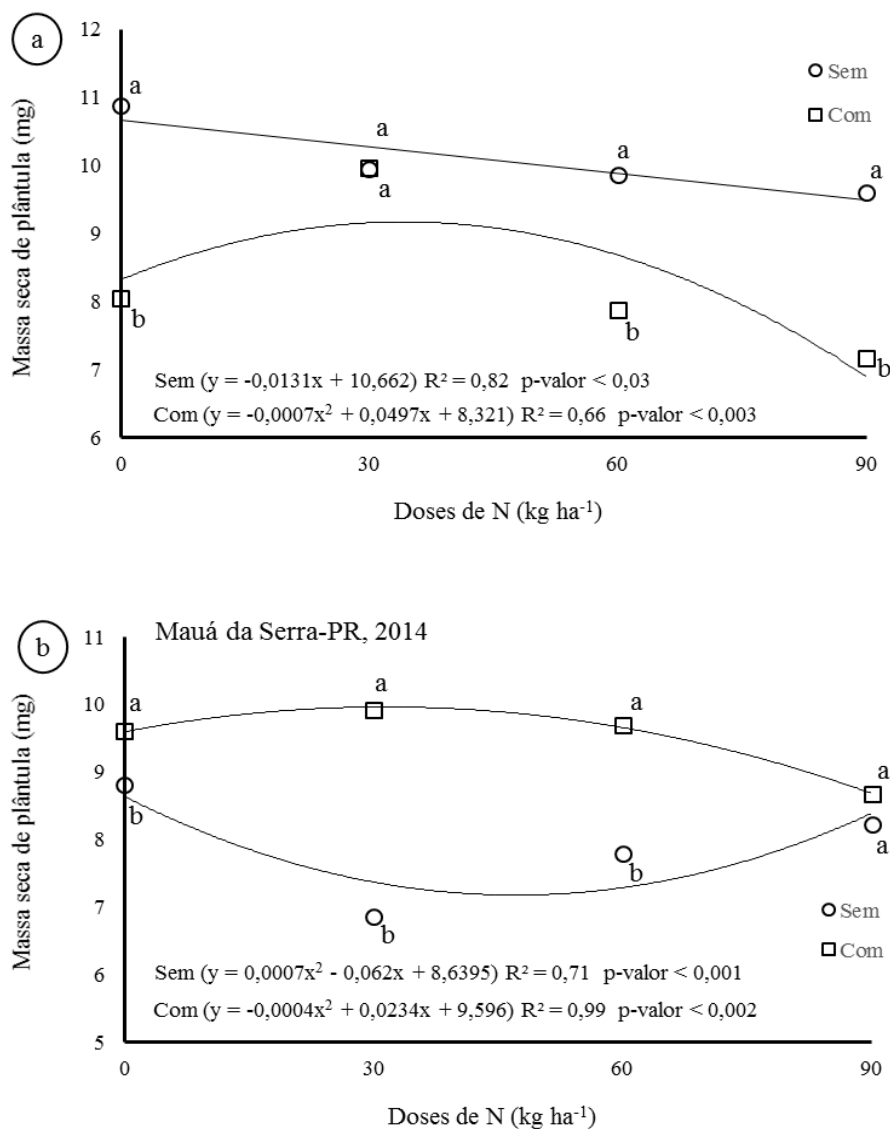




Como pode ser observado na Tabela 2, em Londrina, a massa seca de plântulas foi influenciada significativamente pela interação dos fatores redutor de crescimento e doses de N. Os tratamentos sem aplicação do trinexapac-ethyl ajustaram-se a uma equação linear decrescente em resposta ao incremento da fertilização nitrogenada (Figura 5a). Já os tratamentos com aplicação do redutor ajustaram-se a uma função quadrática com o maior valor da massa seca de plântulas de aveia (9,2 mg) obtido na dose estimada de 35,5 kg ha⁻¹ de N. Trabalhando com doses de diferentes reguladores de crescimento, Kappes et al. (2012) não encontraram resposta significativa desta prática de manejo sobre a massa seca de plântulas de crotalária. Entretanto, quando analisada a biomassa fresca de plântulas, os autores verificaram que, dependendo do fitorregulador utilizado, o aumento nas doses do produto reduzem de maneira linear os valores desta característica, indicando que o acúmulo de massa fresca de plântulas de crotalária pode ser prejudicado com a utilização desta técnica de manejo. Brzezinski et al. (2014), trabalhando com cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) em cobertura, não encontraram efeito da fertilização nitrogenada sobre a massa seca de parte aérea e de raiz de plântulas de duas cultivares de trigo (BRS 220 e BRS Tangará).

Em Mauá da Serra, a massa seca de plântulas de aveia branca foi influenciada significativamente pela interação dos fatores redutor de crescimento e doses de N em cobertura (Tabela 2). Os tratamentos com e sem aplicação do trinexapac-ethyl ajustaram-se à funções quadráticas em resposta ao incremento da fertilização nitrogenada, com ponto de máxima (9,94 mg) e mínima (7,26 mg) obtidos nas doses estimadas de 29,25 e 44,28 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Para todas as doses de N avaliadas, verifica-se que os tratamentos com aplicação do redutor de crescimento apresentaram os maiores valores para a característica em questão (Figura 5b).

Figura 4.5 - Massa seca de raiz de plântulas da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, produzidas em Londrina-PR (a) e Mauá da Serra-PR (b), em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura.

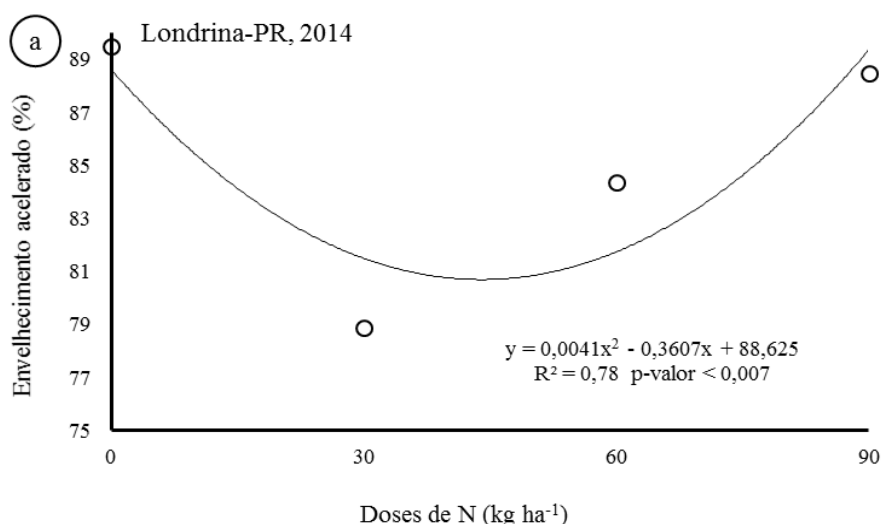


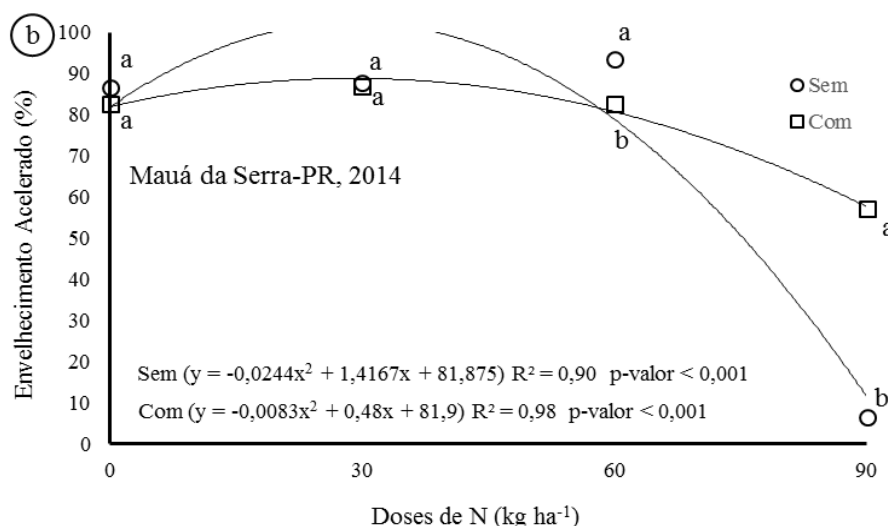
Analisando os resultados obtidos para o envelhecimento acelerado em Londrina, verifica-se que há redução na germinação das sementes submetidas a este teste quando aplicado o redutor de crescimento (Tabela 3). Kappes et al. (2012) e Souza et al. (2010), trabalhando com três reguladores de crescimento (cloreto de mepiquat, trinexapacethyl e paclobutrazol) nas culturas da crotalária e trigo, respectivamente, não encontraram efeito significativo dos fitoreguladores sobre a germinação após o envelhecimento acelerado. Em relação às doses de N em cobertura, o envelhecimento acelerado ajustou-se a uma função quadrática, com o menor valor (80,69 %), na dose estimada de 43,98 kg ha⁻¹ de N (Figura 6a). Diferentemente dos resultados obtidos, outros

trabalhos que avaliaram o efeito da adubação nitrogenada de cobertura sobre a germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado não obtiveram resposta desta técnica de manejo sobre esta variável, como Kolchinski e Schuch (2003, 2004) em aveia branca, Nakagawa et al. (1994) e Silva et al. (2001) em aveia preta, Egewarth et al. (2015) em canola e Zucareli et al. (2012) em milho doce.

Constatou-se efeito de interação entre os fatores redutor de crescimento e dose de N em cobertura para o envelhecimento acelerado, em Mauá da Serra (Tabela 2). Os tratamentos com e sem aplicação do trinexapac-ethyl ajustaram-se à funções quadráticas, em resposta ao incremento dos níveis de N (Figura 6b). Os maiores valores da germinação de sementes no envelhecimento acelerado foram de 89 % e 100%, nas doses estimadas de 28,90 e 29 kg ha⁻¹ de N nos tratamentos com e sem a utilização do fitorregulador, respectivamente. Na dose de 60 kg ha⁻¹ de N o maior valor para este caractere foi obtido pelo tratamento com ausência de aplicação do redutor, já na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, o maior valor foi encontrado para o tratamento com aplicação do produto. Nas demais doses, não foi observada diferença significativa do envelhecimento acelerado entre os tratamentos.

Figura 4.6 - Envelhecimento acelerado em sementes de aveia branca da cultivar IPR Afrodite, produzida em Londrina-PR (a), em resposta a doses de nitrogênio em cobertura e em Mauá da Serra-PR (b), em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura.





Brzezinski et al. (2014) e Favarato et al. (2012) verificaram efeito significativo de doses de N em cobertura na germinação de sementes de trigo após o teste de envelhecimento acelerado. Farinelli et al. (2006), avaliando a cultivar de feijão Pérola, também encontraram efeito direto do aumento das doses de N nos resultados de germinação de sementes submetidas ao mesmo teste.

De acordo a Tabela 3, os resultados de condutividade elétrica indicam que a aplicação do trinexapac-ethyl causou efeito negativo sobre o vigor das sementes produzidas em Londrina e Mauá da Serra. Os tratamentos submetidos ao redutor de crescimento obtiveram acréscimo de $39,81 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $32,13 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ na condutividade elétrica das sementes produzidas em Londrina e Mauá da Serra, respectivamente, em comparação aos tratamentos com ausência de aplicação do fitorregulador. Valores maiores de condutividade elétrica são ocasionados pela maior liberação de exsudatos no meio de embebição em virtude do comprometimento da integridade das membranas, e estão relacionados a sementes de qualidade inferior (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Resultados diferentes foram encontrados em um experimento conduzido por Kappes et al. (2012), com a cultura da crotalária, onde os autores verificaram que doses de até 300 g ha^{-1} do ingrediente ativo trinexapac-ethyl reduziram a condutividade elétrica das sementes, demonstrando ser vantajosa a utilização deste redutor de crescimento para se obter sementes com elevada qualidade fisiológica.

O teste de condutividade elétrica não apresentou resposta significativa à adubação nitrogenada de cobertura em nenhum dos ambientes de cultivo (Tabela 2), o que sugere não ter havido modificações significativas nas sementes capazes de proporcionar uma

lixiviação de eletrólitos diferenciada, em função das doses de N aplicados em cobertura (ABRANTES et al., 2010). Outros trabalhos, estudando as culturas do trigo (FAVARATO et al., 2012; BRZEZINSKI et al., 2014), feijão (CRUSCIOL et al., 2003; FARINELLI et al., 2006) e painço (ABRANTES et al., 2010), corroboram com os resultados obtidos neste estudo. Entretanto, Prando et al. (2012), trabalhando com três cultivares de trigo (BRS 208, BRS Pardela e IWT 04008), cultivadas sob quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), provenientes de três formas de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease e ureia protegida), em dois ambientes de cultivo (Londrina-PR e Ponta Grossa-PR), verificaram que a condutividade elétrica teve um comportamento crescente em resposta ao incremento da fertilização nitrogenada, em Londrina. Já em Ponta Grossa, não foi observado efeito significativo de nenhum dos fatores sobre a condutividade elétrica das sementes.

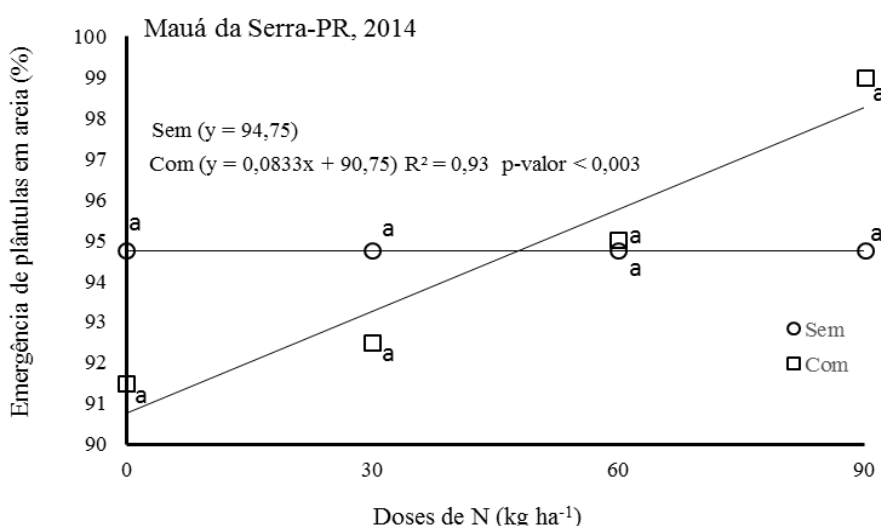
Não foi verificado efeito significativo do redutor de crescimento, doses de N em cobertura e da interação entre os fatores para o índice de velocidade de emergência de plântulas nos experimentos conduzidos em Londrina e Mauá da Serra. Trabalhos que avaliaram o efeito da disponibilização de N em cobertura nas culturas da canola (EGEWARTH et al., 2015), trigo (FAVARATO et al., 2012), milho (IMOLESI et al., 2001) e aveia preta (NAKAGAWA et al., 1994), corroboram com os resultados obtidos neste estudo.

Em Londrina, não foi verificado efeito significativo do redutor de crescimento, das doses de N em cobertura e da interação entre os fatores sobre a emergência de plântulas em areia (Tabela 2). Estudando a aplicação de fertilizantes nitrogenados sobre o vigor de sementes, Egewarth et al. (2015), trabalhando com canola, Favarato et al. (2012) e Prando et al. (2012) com trigo, Imolesi et al. (2001) com milho e Nakagawa et al. (1994) com aveia preta, também não encontraram resposta significativa da adubação nitrogenada de cobertura sobre o teste de emergência de plântulas. Outro trabalho, voltado para a pesquisa do efeito da utilização de redutores de crescimento sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo, realizado por Souza et al. (2010), não encontraram influência da aplicação dos fitorreguladores sobre a emergência de plântulas em campo.

Para os resultados de emergência de plântulas em areia das sementes provenientes de Mauá da Serra, foi observado efeito significativo de interação entre os fatores redutor de crescimento e doses de N em cobertura (Tabela 2). Na Figura 7, verifica-se que nos tratamentos sem aplicação do redutor de crescimento, não houve resposta da emergência de plântulas em areia ao incremento da adubação nitrogenada de cobertura. Entretanto, esta característica foi influenciada positivamente no experimento em que as plantas foram submetidas à aplicação do trinexapac-ethyl, com aumento linear do percentual de plântulas

emergidas com o incremento das doses de N. Os tratamentos com e sem aplicação do redutor de crescimento não apresentam diferença significativa entre as doses de N utilizadas em cobertura. Já Abrantes et al. (2010) e Smiderle et al. (2011) analisando o efeito da fertilização nitrogenada de cobertura sobre a qualidade fisiológica de sementes de painço e arroz, respetivamente, encontraram ajustes quadráticos da emergência de plântulas em função do incremento das doses de N. Brzezinski et al. (2014) verificaram aumento linear desta característica com o incremento na oferta de N para a cultivar de trigo BRS Tangará.

Figura 4.7 - Emergência em areia de plântulas de aveia branca da cultivar IPR Afrodite, produzidas em Mauá da Serra-PR, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura.



De forma geral, os testes para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de aveia branca da cultivar IPR Afrodite demonstraram influência do redutor de crescimento, das doses de N em cobertura e da interação entre esses fatores em ambos locais de cultivo, exceto a massa de mil sementes e o índice de velocidade de emergência, que não tiveram efeito significativo de nenhum dos fatores analisados. Os testes de germinação e vigor evidenciaram diferenças no potencial fisiológico das sementes entre os locais de cultivo, demonstrando que a expressão do potencial fisiológico é traduzido pela influência do ambiente sobre o desenvolvimento da semente (MARCOS FILHO, 2005).

Em relação aos locais de cultivo, observando as médias obtidas, foi possível verificar que Mauá da Serra produziu sementes com melhor desempenho nos testes de vigor primeira contagem, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica em relação à Londrina. Esse comportamento pode estar

relacionado à menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos em Londrina (Figura 1). De acordo com Marcos Filho (2005) a disponibilidade de água durante o período de transferência de matéria seca para as sementes é importante, pois reduz a probabilidade da formação de sementes defeituosas, cujo desempenho é severamente prejudicado.

Segundo Costa et al. (2005), a região de cultivo pode determinar a qualidade fisiológica das sementes a serem produzidas, conforme proporciona melhores ou piores condições de umidade e temperatura durante a maturação das plantas. Os locais de cultivo utilizados nesse estudo apresentam características meteorológicas contrastantes. As principais diferenças verificadas entre os locais foram em relação à temperatura, à disponibilidade hídrica e às características químicas do solo.

A temperatura média em Mauá da Serra foi menor em grande parte do ciclo da cultura em relação a Londrina (Figura 1). Essa característica ocorreu principalmente em função de Mauá da Serra estar situada em uma região com maior altitude. Dessa forma, é provável que a maior desempenho fisiológico verificado nas sementes produzidas em Mauá da Serra possa estar relacionada a temperaturas noturnas mais amenas, que promovem maior duração do subperíodo compreendido entre a floração e a maturação, como verificado nesse estudo (Tabela 1) proporcionando alta atividade fotossintética, durante o dia, e baixa atividade respiratória, durante a noite (FLOSS et al., 2009).

Além disso, houve variações na precipitação pluvial entre os ambientes de cultivo. A disponibilidade hídrica durante a fase do florescimento à maturação (fase de enchimento de grãos) para Mauá da Serra foi superior à verificada para Londrina (Figura 1). Dessa forma, verifica-se que a maior oferta hídrica no período de enchimento de grãos em Mauá da Serra pode ter proporcionado o melhor desenvolvimento das sementes. O período de transferência de matéria seca da planta para as sementes é uma etapa crítica do processo de desenvolvimento, sendo que a escassez de água e a elevação da temperatura causam distúrbios à formação das sementes. A deficiência hídrica geralmente promove a aceleração do processo de acúmulo de reservas e a sua complementação prematura e anormal, originando sementes menos densas e com desempenho comprometido (MARCOS FILHO, 2005).

Outra explicação para o maior vigor de sementes observado em Mauá da Serra em relação a Londrina deve-se ao fato do solo de Mauá da Serra apresentar maior teor de matéria orgânica. A matéria orgânica além de melhorar as condições físicas do solo, aumentar a infiltração de água e diminuir as perdas por erosão, é capaz de fornecer nutrientes para as plantas, principalmente nitrogênio (POTAFOS, 1998).

Diante do exposto, foi possível verificar o efeito positivo da interação entre o redutor de crescimento e as doses de N em cobertura no vigor das sementes produzidas em Londrina e Mauá da Serra. O efeito isolado desses fatores aumentou a produtividade de sementes em Mauá da Serra, contudo não favoreceu a qualidade fisiológica de sementes da cultivar de aveia branca IPR Afrodite em ambos locais de cultivo, exceto os testes de germinação e primeira contagem da germinação em Mauá da Serra, os quais foram influenciados positivamente pela utilização do trinexapac-ethyl.

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes da cultivar de aveia branca IPR Afrodite foi influenciada pelas características edafoclimáticas dos diferentes locais de cultivo, as quais atuaram nas respostas da cultivar ao manejo adotado.

4.5 CONCLUSÃO

O efeito do redutor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na produtividade de sementes depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado aumento de produtividade somente em Mauá da Serra.

A adubação nitrogenada de cobertura reduz a qualidade das sementes (porcentagem de germinação, velocidade de germinação e vigor das sementes), contudo este efeito pode ser minimizado, não observado ou sobreposto pelo efeito positivo do redutor de crescimento. Este efeito da aplicação do trinexapac-ethyl também depende das características do ambiente de cultivo e não foi observado em Londrina.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, F. L.; KULCZYNSKI, S. M.; SORATTO, S. P.; BARBOSA, M. M. M. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 106-115, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ABATI, J.; PRANDO A. M.; HENNING, A. A. Nitrogênio e inoculação de *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p. 257-265, 2014.

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

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

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

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; NETO, J. B. F.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING A. A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 01-06, 2005.

CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B.; MARUBAYASHI, O. M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

EGEWARTH, J. F.; GUIMARÃES, V. F.; PINTO JUNIOR, A. S.; EGEWARTH, V. A.; PIANO, J. T.; WACHHOLZ, L. Qualidade fisiológica de sementes de canola em função de diferentes fontes e parcelamentos da fertilização nitrogenada. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, n. 2, p. 213-223, 2015.

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

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003.

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

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

EVANS, L. E.; BHATT, G. M. Influence of seed size, protein content and cultivar on early seedling vigor in rice. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 57, p. 929-935, 1977.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo do solo e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 102-109, 2006.

FAVARATO, L. F.; ROCHA, V. S.; ESPINDULA, M. C.; SOUZA, M. A.; PAULA, G. S. Adubação nitrogenada e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Bragantia**, Campinas 2012.

FLOSS, E. L.; CAIERÃO, E.; CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. Aveia. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 83-90.

FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

GONDIM, T. C. O.; ROCHA, V. S.; SANTOS, M. M.; MIRANDA, G. V. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, p. 413-417, 2006.

HOSF, A.; SCHUCH, L. A. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântula de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

IMOLESI, A. S.; PINHO, E. V. R. V.; PINHO, R. G. V.; VIEIRA, M. G. G. C.; CORRÊA, R. S. B. Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1119-1126, 2001.

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

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

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 379-383, 2004.

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

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

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

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

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

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. II. Efeito na qualidade fisiológica das sementes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1281-1286, 2002.

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

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; AMARAL, W. A. N.; MACHADO, J. R. Produção e qualidade de sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 95-101, 1994.

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

OLIVEIRA, S.; TAVARES, L. C.; LEMES, E. S.; BRUNES, A. P.; DIAS, I. L.; MENEGHELLO, G. E. Tratamento de sementes de *Avena sativa* L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1131-1142, 2014.

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

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

POTAFÓS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1998.

PRADO, R. M. Estado nutricional da semente repercute na sua qualidade. **Seed News**. Pelotas, v. 8, n. 4, p. 18-21, 2004.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; OLIVEIRA, F. A. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 272-279, 2012.

SÁ, M. E. de. Importância da adubação nitrogenada na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Icone, 1994. p. 65-98.

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

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; MAIA, M. S.; ASSIS, F. N. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 127-134, 1999.

SILVA, R. H.; ZUCARELI, C.; NAKAGAWA, J.; SILVA, R. A.; CAVARIANI, C. Doses e épocas de aplicação do nitrogênio na produção e na qualidade de sementes de aveia-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 51-55, 2001.

SMIDERLE, O. J.; CHANG, M. T.; FERREIRA, G. B.; CORDEIRA, A. C. C. Qualidade de sementes de arroz BRS Jaçanã em função de aplicações de nitrogênio. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 79-86, 2011.

SORATTO, R. P.; CARDOSO, S. M.; SILVA, A. H.; COSTA, T. A. M.; PEREIRA, M.; CARVALHO, L. A.; Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do painço (*Panicum miliaceum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1661-1667, 2007.

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

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

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

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, 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**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

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

ZUCARELI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 480-487, 2012.

5 ARTIGO C

ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA ASSOCIADA AO TRINEXAPAC-ETHYL NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA

5.1 RESUMO: A adubação nitrogenada, além de aumentar a produtividade, pode favorecer a produção de grãos bem formados, grandes e pesados, características que são valorizadas pela indústria de processamento de aveia. Altas doses de nitrogênio (N), dependendo do genótipo e do ambiente, podem resultar no acamamento das plantas, o que pode ser contornado com o uso de redutores de crescimento. Contudo, há carência de informações sobre o efeito, tanto do nitrogênio quanto do redutor de crescimento, sobre a qualidade tecnológica de grãos. Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade tecnológica de grãos de aveia branca cultivada sob diferentes doses de nitrogênio, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl em dois ambientes de cultivo. Os experimentos, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, foram conduzidos no ano agrícola de 2014, utilizando a cultivar IPR Afrodite. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e aplicação ou não aplicação do redutor de crescimento. Na fase de perfilhamento da cultura, a aplicação de N, na forma de ureia, foi realizada a lanço e, no período de alongação do colmo, entre o 1° e 2° nó perceptível, o trinexapac-ethyl foi aplicado via pulverização foliar na dose de 125 g i.a ha⁻¹. Foram avaliados: massa de mil grãos (MMG), peso hectolétrico (PH), índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm), índice de descasque (ID) e rendimento industrial de grãos (RIG). Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, à análise de variância e regressão até 2° grau, a 5% de probabilidade. O efeito do redutor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na qualidade tecnológica dos grãos da cultivar aveia branca IPR Afrodite depende das características do ambiente de cultivo. A aplicação do trinexapac-ethyl reduz a qualidade tecnológica dos grãos em Londrina (peso hectolétrico e índice de descasque) e Mauá da Serra (índice de grãos maiores que dois milímetros). Contudo, quando o redutor é associado às doses de nitrogênio, a qualidade industrial dos grãos é elevada tanto em Londrina (índice de grãos maiores que dois milímetros), quanto em Mauá da Serra (rendimento industrial de grãos).

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

ABSTRACT: Nitrogen fertilization, in addition to increasing grain yield, can contribute to production of grains well formed, large, weighty that characteristics valued by the processing oat industry. High doses of nitrogen (N), depending on the genotype and the environment can result in plant lodging, which can be overcome by the use of growth regulators. However, there is a lack of information on the effect of both the N as the growth regulator on the technological quality of grains. Therefore, the aim of this study was to evaluate the technological quality of the white oat grains cultivated under different nitrogen doses, associated with trinexapac-ethyl growth regulator at two growing environments. The experiments, in Londrina-PR and Mauá da Serra-PR, were conducted in the 2014 crop year using IPR Afrodite cultivar. The experimental randomized block design in a factorial 4 x 2, with four replications was used. Treatments with four doses of N (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹)

and application or non-application of growth regulator were studied. At the tillering stage, the application of N in the form of urea, was conducted, and at the stem elongation, period between the 1st and 2nd node noticeable, trinexapac-ethyl was applied at the rate of 125 g i.a ha⁻¹. 1000 grain weight (WG), hectoliter weight (HW), grain index greater than two millimeters (IG > 2 mm), peeling index (PI) and industrial grain yield (IGY) were determined. The data was submitted to analysis of variance and regression of 2nd degree, at 5% probability. The effect of growth regulator and nitrogen topdressing on the technological quality of oat grains depends of the characteristics of the growing environment. The application of trinexapac-ethyl decrease the technological quality of grain in Londrina (hectoliter weight and peel index) and Mauá da Serra (grain index greater than two millimeters). However, when the growth regulator is associated with the nitrogen, the industrial quality of grain was high both in Londrina (grain index greater than two millimeters) and in Mauá da Serra (industrial grain yield).

Keywords: Nitrogen. *Avena sativa* L. Lodging. Growth regulator. Industrial quality.

5.2 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos elementos quantitativamente mais importantes para a aveia branca (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2004) caracterizando-se como elemento essencial para o crescimento e o desenvolvimento da cultura (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001). Por ser constituinte estrutural de biomoléculas de ATP, NADPH, FAD, clorofila, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e inúmeras enzimas, este nutriente participa de funções metabólicas-chave e processos vitais na planta como a fotossíntese, a respiração, a multiplicação e a diferenciação celular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Solos brasileiros não suprem totalmente a demanda de N das espécies cultivadas (ERNANI, 2003), sendo necessário, portanto, sua complementação com fertilizantes nitrogenados. Neste contexto, a pesquisa recomenda o parcelamento da adubação com N, disponibilizando parte do nutriente na semeadura e o restante em cobertura, levando em consideração a cultura anterior. Para a aveia branca, no estado do Paraná, recomenda-se a aplicação de até 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, durante o período de perfilhamento da cultura, dependendo da cultura antecessora (CBPA, 2014).

A obtenção de altos níveis de rendimento e grãos de aveia de melhor qualidade industrial podem ser alcançados com a prática da adubação nitrogenada (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004). Os programas de melhoramento genético em aveia no Sul do Brasil têm desenvolvido cultivares com modificações significativas na arquitetura das plantas, maior resistência ao acamamento e melhor adaptação às diferentes condições de ambiente e, essas características, têm tornado os genótipos mais responsivos à aplicação de N (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002).

Kolchinski e Schuch (2004), trabalhando com quatro cultivares de aveia branca granífera (CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18) e quatro doses de N em cobertura (0, 24, 48 e 73 kg ha⁻¹), verificaram que o incremento da adubação nitrogenada influenciou positivamente a qualidade tecnológica de grãos de aveia. Dessa forma, a oferta de N às lavouras pode se tornar uma estratégia para atender as exigências da indústria de alimentos, que demandam grãos bem formados, grandes, pesados e uniformes para atingirem um alto rendimento industrial, o que é de fundamental importância para a comercialização da aveia (ALVES; KIST, 2010).

Altas doses de N podem elevar os teores de proteína e de amido nos grãos, aumentando a quantidade de reservas destes (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2004) e,

influenciando de forma indireta o peso hectolétrico, um dos parâmetros utilizados para especificar a qualidade e o destino dos grãos. Neste sentido, Antonow (2010) relata que incrementos no PH dos grãos aumentam a percentagem de cariopse, fato que segundo Krüger et al. (2010) afeta positivamente a produtividade e o rendimento industrial de grãos devido esses caracteres apresentarem associação direta e positiva entre si. Estes últimos autores afirmam que alterações no ambiente de cultivo resultam em aumento ou redução no desempenho final, tanto nos aspectos de produção de campo como industrial dos grãos.

No entanto, a utilização de elevadas doses de N pode influenciar o maior desenvolvimento vegetativo e resultar no aumento da estatura das plantas, com consequente acamamento, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Entre as estratégias para o uso de altas doses de N, sem a ocorrência de acamamento, estão o uso de cultivares de porte baixo ou a aplicação de redutores de crescimento na fase de início do alongamento do colmo (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

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

O uso de redutores de crescimento e da adubação nitrogenada são fatores que podem influenciar a qualidade industrial de grãos de aveia branca, com respostas variáveis de acordo com as condições edafoclimáticas da região de cultivo. Alguns trabalhos revelaram o efeito da fertilização com N na qualidade tecnológica de grãos de aveia branca (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003, 2004). No entanto, o efeito de redutores de crescimento, bem como a interação desses com doses de N em cobertura sobre as características tecnológicas dos grãos de aveia é pouco estudado.

A determinação da qualidade física e tecnológica do grão de aveia, que diz respeito às características morfológicas que irão influenciar diretamente o beneficiamento

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

Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade tecnológica de grãos de aveia branca granífera cultivada sob diferentes doses de nitrogênio, associadas ao redutor de crescimento trinexapac-ethyl em dois ambientes de cultivo.

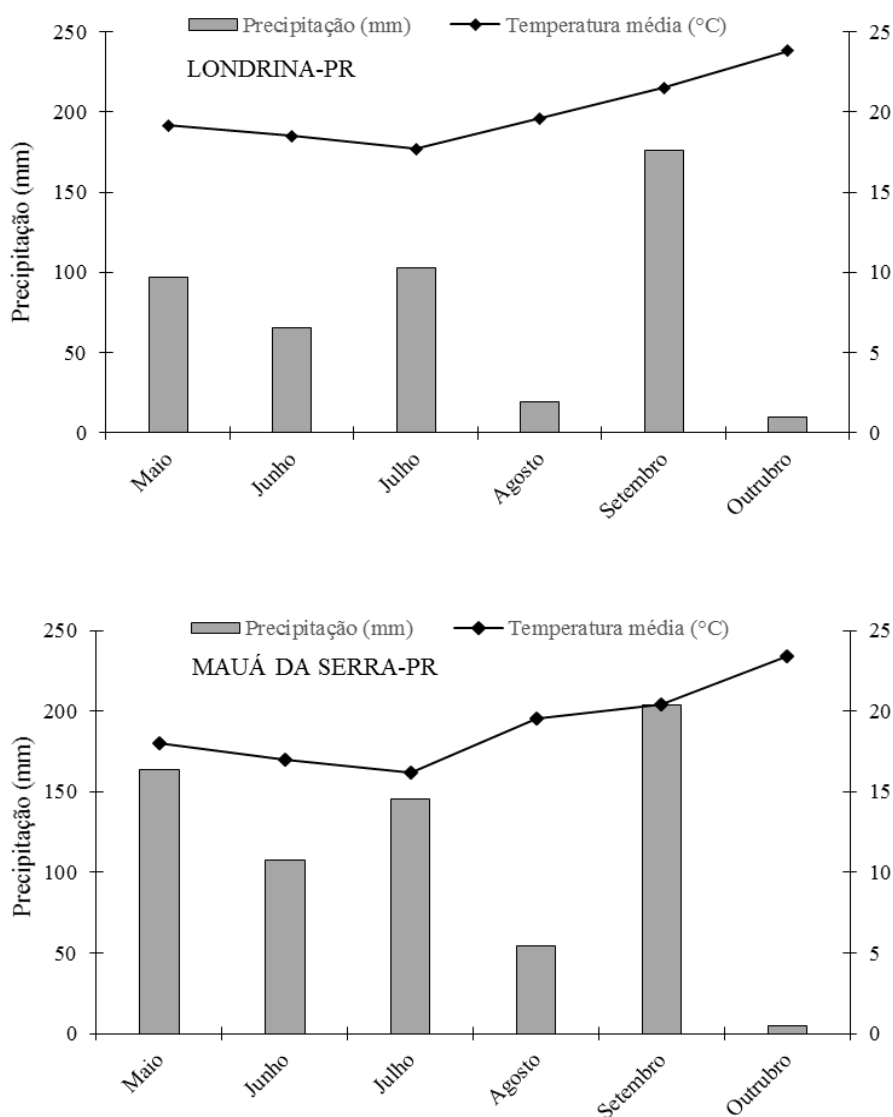
5.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2014 em dois ambientes de cultivo no Estado do Paraná, contrastantes quanto às características edafoclimáticas: Londrina e Mauá da Serra. No município de Londrina-PR, o ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006), localizado nas seguintes coordenadas geográficas: $23^{\circ} 23' \text{ S}$ e $51^{\circ} 11' \text{ O}$ e altitude de 610 m. O clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. No município de Mauá da Serra-PR, o ensaio foi conduzido na Fazenda Estância 3M, em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), localizado nas seguintes coordenadas geográficas: $23^{\circ} 58' \text{ S}$ e $51^{\circ} 19' \text{ O}$ e altitude de 847 m. O clima da região é do tipo Cfb, descrito como temperado mesotérmico com verões frescos, segundo classificação de Köpen. Os dados de precipitação pluvial e de temperaturas foram obtidos por meio dos registros das estações meteorológicas do IAPAR (Figura 1).

As características químicas do solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, determinadas antes da instalação do experimento, em Londrina-PR, foram representadas por: 0 a 10 cm - pH (CaCl_2) 5,40; $5,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{H} + \text{Al}^{3+}$; $5,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} ; $3,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{2+} ; $0,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ ; $32,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e $16,98 \text{ g dm}^{-3}$ de matéria orgânica; e 10 a 20 cm - pH (CaCl_2) 5,00; $5,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{H} + \text{Al}^{3+}$; $4,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} ; $2,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{2+} ; $0,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ ; $17,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e $16,12 \text{ g dm}^{-3}$ de matéria orgânica. Para Mauá da Serra-PR: 0 a 10 cm - pH (CaCl_2) 4,90; $7,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{H} + \text{Al}^{3+}$; $6,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} ; $1,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{2+} ; $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ ; $23,5 \text{ mg}$

dm^{-3} de P e $29,92 \text{ g dm}^{-3}$ de matéria orgânica; e 10 a 20 cm - pH (CaCl_2) 4,80; $7,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{H} + \text{Al}^{3+}$; $5,97 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} ; $1,43 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{2+} ; $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ ; $11,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e $27,73 \text{ g dm}^{-3}$ de matéria orgânica.

Figura 5.1 - Dados médios mensais de temperatura e precipitação pluvial para os períodos de condução dos experimentos em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.



A cultivar de aveia branca granífera utilizada foi a IPR Afrodite, lançada em 2012 pelo IAPAR, apresentando ciclo médio, moderada resistência ao acamamento e média estatura. Os períodos de dias da emergência ao florescimento, do florescimento à maturação, e da emergência à maturação plena da cultivar de aveia branca IPR Afrodite em Londrina e Mauá da Serra, no ano agrícola de 2014, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 5.1 - Períodos de dias para o florescimento, do florescimento à maturação e da emergência à maturação plena da cultivar de aveia branca IPR Afrodite cultivada com e sem aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.

Cultivares	Londrina						Mauá da Serra					
	Sem			Com			Sem			Com		
	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M	E-F	F-M	E-M
IPR Afrodite	69	42	111	72	41	113	82	55	137	86	53	139

E-F = dias da emergência ao florescimento; F-M = dias do florescimento à maturação; E-M = dias da emergência à maturação.

Nos dois locais, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e da aplicação ou não aplicação do redutor de crescimento.

A semeadura foi realizada mecanicamente nos municípios de Londrina e Mauá da Serra nos dias 08/05/2014 e 12/05/2014 respectivamente, com densidade de 300 sementes viáveis m⁻². As parcelas foram compostas por seis linhas de cinco metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,17 m, com área útil de 4,25 m².

Os experimentos foram conduzidos sob sistema de semeadura direta, ambos em área anteriormente ocupada com a cultura da soja. Com base nas características químicas do solo das áreas experimentais, calculou-se a adubação mineral básica no sulco de semeadura, constante para todos os tratamentos, que foi de 30 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O no município de Londrina-PR e 20 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O no município de Mauá da Serra-PR, utilizando-se a fórmula 10-30-10 para ambos ambientes de cultivo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada a lanço na fase do perfilhamento, na forma de ureia, (45% de N).

O trinexapac-ethyl foi aplicado na fase de alongação do colmo, entre o 1º e 2º nó perceptível. A dose utilizada de trinexapac-ethyl foi de 125 g i.a ha⁻¹, correspondente a 400 ml ha⁻¹ do produto comercial Moddus®, aplicado por meio de pulverizador costal à pressão constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂ comprimido, munido de duas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-020, com volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

Os tratamentos fitossanitários para o controle de doenças e os demais tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade e recomendações para a cultura. A colheita foi realizada após os grãos atingirem a maturação de colheita, estágio caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e grãos com umidade abaixo de 20%. Para determinação da qualidade tecnológica foram realizadas as seguintes avaliações:

a) Massa de mil grãos (MMG): obtida mediante a contagem e pesagem de duas repetições de 100 grãos de aveia branca por parcela. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de mil grãos (BRASIL, 2009).

b) Peso hectolítrico (PH): foi determinado em balança hectolétrica com capacidade de um quarto de litro de grãos. Foram realizadas 2 repetições, retiradas da amostra média de cada parcela. O resultado foi expresso em kg hL⁻¹ (BRASIL, 2009). O PH foi calculado pela fórmula:

$$PH = \frac{(PBH \times 100)}{VB}$$

Onde:

PH = Peso hectolétrico;

PBH = Peso obtido na balança hectolétrica (g);

VB = Volume da Balança (250 ml).

c) Índice de grãos maiores que dois mm (IG>2mm): determinado por peneiramento de uma amostra de 50 gramas de grãos por repetição, em peneira oblonga de malha com orifícios de espessura de dois milímetros de largura (FLOSS; HAUBERT; ZANATTA, 2002). Os dados foram expressos em porcentagem (%) e foram calculados pela seguinte fórmula:

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

Onde:

IG > 2mm = índice de grãos com espessura maior que 2 mm (%);

MG > 2 mm = massa de grãos maiores que 2 mm (g).

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

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

Onde:

ID = índice de descascamento (%);

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

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

$$RIG = RG \times IG > 2mm \times ID$$

Onde:

RIG = rendimento industrial de grãos;

RG = rendimento de grãos;

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

ID = índice de descascamento.

Os dados foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade dos erros e, posteriormente, à análise de variância, separadamente para cada local de cultivo. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e submetidas à análise de regressão até 2º grau.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Londrina, constatou-se interação significativa entre os fatores redutor de crescimento e doses de N para o IG>2mm. Já para os caracteres PH e ID foi verificado efeito isolado do redutor de crescimento. Não foi observado efeito do redutor de crescimento, doses de N e da interação entre os fatores para a MMG e o RIG (Tabela 2). Já em Mauá da Serra, houve efeito de interação entre os fatores para as variáveis ID e RIG. Constatou-se efeito significativo do redutor de crescimento apenas para a característica IG>2mm. Não foi observado efeito isolado dos fatores e da interação entre eles para a MMG e o PH (Tabela 2).

Tabela 5.2 - Valores de quadrado médio da análise de variância para a cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura e aplicação de redutor de crescimento, avaliados nos municípios de Londrina-PR e Mauá da Serra-PR, 2014.

FONTE DE VARIAÇÃO	CARACTERÍSTICAS				
	Londrina				
	MMG (g)	PH (kg hL ⁻¹)	IG>2mm (%)	ID (%)	RIG (kg ha ⁻¹)
Bloco	0,75*	22,30*	386,35*	332,96*	111506,78
Redutor (R)	0,09	68,15*	1,65	224,51*	33068,84
Nitrogênio (N)	0,03	1,60	118,56*	22,08	9209,06
R*N	0,01	0,39	166,17*	93,17	9085,98
CV (%)	6,73	2,73	5,07	10,45	14,07
	Mauá da Serra				
Bloco	0,02	1,74	3,87	18,96	9122,79
Redutor (R)	0,04	10,98	55,17*	118,31*	135147,86*
Nitrogênio (N)	0,04	5,12	2,68	111,83*	75868,75*
R*N	0,01	0,35	1,20	84,45*	31835,41*
CV (%)	5,11	3,52	1,96	5,08	8,93

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV: coeficiente de variação; MMG: massa de mil grãos; PH: peso hectolítrico; IG>2mm: índice de grãos maiores que dois milímetros; ID: índice de descasque; RIG: rendimento industrial de grãos.

Os grãos de aveia branca produzidos tanto nos experimentos conduzidos em Londrina quanto em Mauá da Serra não apresentaram efeito significativo do redutor de crescimento, doses de N em cobertura e da interação entre os fatores sobre a massa de mil grãos, característica que tem sido relacionada com a qualidade tecnológica de grãos na cultura da aveia (Tabela 2). As respostas desta variável à adubação nitrogenada e à aplicação de redutor de crescimento na literatura são variáveis. Resultados semelhantes ao verificado neste trabalho foram encontrados por Alvarez et al. (2007), trabalhando com a cultura do arroz, e Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009, 2010) com a cultura do trigo.

Degraff, Zagonel e Fernandes (2008), avaliando o efeito de doses de N e do ingrediente ativo trinexapac-ethyl na cultivar de trigo Ônix, observaram que a massa de mil grãos foi influenciada negativamente pela aplicação do redutor de crescimento e pelo incremento da adubação nitrogenada. Neste estudo, os autores atribuem a redução da massa de mil grãos ao aumento do número de perfilhos e ao número de espigas m⁻², decorrentes da aplicação do redutor de crescimento e ao incremento das doses de N, respectivamente, o que ocasionou uma maior competição por fotoassimilados durante o período de enchimento de grãos, com conseqüente decréscimo no valor deste componente produtivo. Corroborando com

estes autores, Zagonel et al. (2002), trabalhando com a cultivar de trigo OR-1, também encontraram redução da massa de mil grãos com a aplicação do trinexapac-ethyl, entretanto, não houve influência significativa das doses de N sobre este caractere. Já Schwarz et al. (2015), objetivando avaliar o efeito da fertilização nitrogenada e a utilização de redutor de crescimento trinexapac-ethyl nos caracteres agrônômicos de três cultivares de trigo (TBIO Mestre, TBIO Iguaçu e TBIO Itaipú), não encontraram efeito significativo das doses de N sobre a massa de mil grãos, porém observaram resposta positiva desta varável à aplicação do fitorregulador, independente da cultivar.

A ausência de resposta da massa de mil grãos ao redutor de crescimento e às doses de N nos experimentos conduzidos em Londrina e Mauá da Serra pode ser explicada pela ocorrência de fatores compensatórios existentes entre os componentes de produção, que podem se relacionar de forma negativa, promovendo o incremento de uns e decréscimo de outros, visando alcançar a melhor combinação entre esses componentes para obtenção de rendimento de grãos satisfatório, como citam Cánovas e Trindade (2003). Neste estudo, os resultados obtidos demonstram que a massa de mil grãos não foi influenciada pelos locais de cultivo e pelas práticas de manejo empregadas na cultura.

Como pode ser observado na Tabela 3, em Londrina, a aplicação do redutor de crescimento reduziu o peso hectolítrico dos grãos da cultivar de aveia branca IPR Afrodite. Uma possível explicação para este fato seria a produção de grãos maiores, influenciada pela utilização do trinexapac-ethyl, resultando em grãos com menor densidade, já que a massa destes não foi afetada no cultivo em Londrina, com conseqüente decréscimo do peso hectolítrico. Degraf, Zagonel e Fernandes (2008) e Souza et al. (2014), avaliando o efeito do trinexapac-ethyl nas culturas do trigo e aveia branca, respectivamente, encontraram resultados semelhantes.

Nascimento et al. (2009), trabalhando com arroz, e Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), trabalhando com trigo, verificaram aumento do peso hectolítrico de grãos originados de plantas que foram submetidas à pulverização com trinexapac-ethyl, divergindo dos resultados obtidos nesse estudo. Estes autores relatam que a influência positiva do redutor de crescimento sobre o peso hectolítrico pode ser explicada pela redução da altura das plantas, fazendo com que os fotoassimilados que seriam utilizados para o crescimento da planta fossem destinados para melhorar o enchimento de grãos e, como conseqüência, resultando em maior peso do hectolítrico.

Tabela 5.3 - Valores médios de peso hectolétrico (PH) e índice de descasque (ID) em Londrina-PR e, índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm) em Mauá da Serra-PR da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. 2014.

Redutor de crescimento	Londrina		Mauá da Serra
	PH (kg hL ⁻¹)	ID (%)	IG>2mm (%)
Sem	44,25 a	58,98 a	94,96 a
Com	41,33 b	53,68 b	92,33 b
CV (%)	2,73	10,45	1,96

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

Segundo a Portaria nº 191, de 14 de abril de 1975 do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (BRASIL, 1975), que estabelece o regulamento técnico de identidade e qualidade dos grãos de aveia, os grãos podem ser classificados em quatro grupos (1 a 4), com base no peso hectolétrico (grupo 1: PH > 50 kg hL⁻¹; grupo 2: PH de 47 a 49 kg hL⁻¹; grupo 3: PH de 41 a 46 kg hL⁻¹ e; grupo 4: PH < 41 kg hL⁻¹). Como pode ser observado na Tabela 3, os valores obtidos para o peso hectolétrico dos grãos de aveia branca oriundos dos tratamentos com e sem aplicação do redutor de crescimento em Londrina, 41,33 kg hL⁻¹ e 44,25 kg hL⁻¹, respectivamente, se enquadram na classificação de tipo III (41 a 46 kg hL⁻¹). Dessa forma, constata-se que a as alterações proporcionadas pela utilização do redutor de crescimento não foi suficiente para alterar a classificação e melhorar a qualidade dos grãos da cultivar de aveia branca IPR Afrodite.

Em Mauá da Serra, os resultados demonstraram que o peso hectolétrico dos grãos não foi influenciado significativamente pelos fatores de variação de forma isolada nem por meio da interação entre eles (Tabela 2). Possivelmente, este resultado tenha ocorrido pela ausência de efeito do trinexapac-ethyl e das doses de N sobre os componentes de rendimento número de espiguetas panícula⁻¹, número de grãos espiguetas⁻¹ e número de grãos panícula⁻¹, não havendo, dessa forma, competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da unidade reprodutiva e, como consequência, não houve interferência na massa unitária dos grãos, não afetando assim o peso hectolétrico dos grãos de aveia. Trabalhando com o redutor de crescimento trinexapac-ethyl e doses de N em dois genótipos de trigo, Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), não verificaram influencia significativa desses fatores sobre o peso hectolétrico na cultivar Avante, entretanto, para a cultivar BRS 177, os autores constataram acréscimo e redução do peso hectolétrico com a aplicação do redutor de crescimento e o incremento das doses de N, respectivamente.

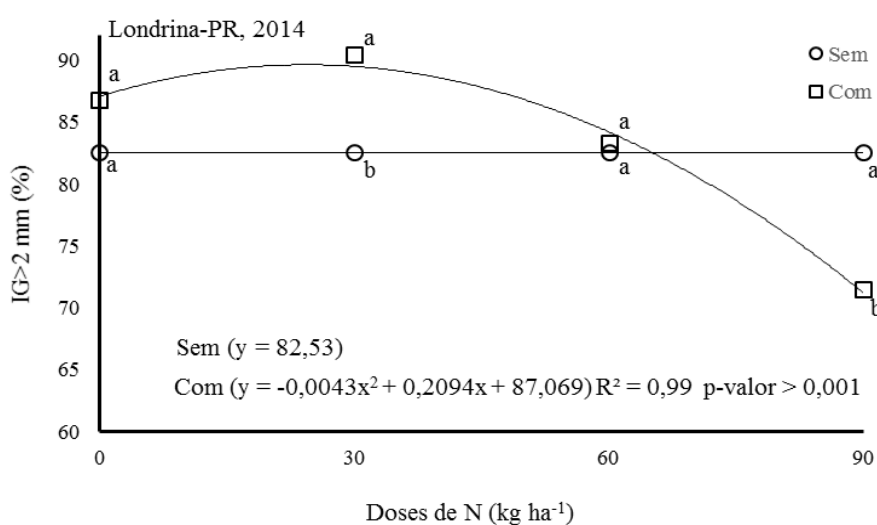
Com relação à adubação nitrogenada, Kolchinski e Schuch (2003), trabalhando com aveia branca granífera, e Espindula et al. (2010), trabalhando com trigo, não constataram efeito significativo da fertilização nitrogenada de cobertura sobre o peso hectolítrico, corroborando com os resultados obtidos nesse estudo. Entretanto, Kolchinski e Schuch (2004), estudando as cultivares de aveia branca CTC 5, UFRGS 15, UFRGS 19 e UPF 18 associadas às doses de 0, 24, 48 e 73 kg ha⁻¹ de N, e Teixeira Filho et al. (2012), trabalhando com dois cultivares de trigo (BRS 210 e Pioneiro) e cinco doses de N em cobertura (40, 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹), encontraram valores de peso hectolítrico decrescentes, conforme o incremento da adubação nitrogenada. Estes autores relatam que este fenômeno ocorre devido ao incompleto enchimento de grãos, em decorrência ao maior número de perfilhos ou grãos panícula⁻¹ em elevadas doses de N.

O índice de grãos maiores que dois milímetros dos tratamentos submetidos à aplicação do redutor de crescimento no cultivo em Londrina ajustou-se à uma função quadrática, com o valor máximo desse caractere (89,62%) encontrado na dose estimada de 24,34 kg ha⁻¹ de N. No entanto, para os tratamentos sem a utilização do fitorregulador, não houve resposta desta variável às doses de N (Figura 2). Na dose de 30 kg ha⁻¹ de N, os tratamentos que foram pulverizados com o trinexapac-ethyl apresentaram maior porcentagem de grãos com espessura maior que dois milímetros, já na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, o maior valor desta variável foi obtido pelos tratamentos com ausência do redutor de crescimento. Nas demais doses não foi observado diferença significativa entre os tratamentos para esta característica.

Segundo Alvarez et al. (2007), que trabalharam com a cultivar de arroz de terras altas Primavera, a utilização do trinexapac-ethyl pode interferir nos processos iniciais de formação da panícula, afetando a formação das ramificações destas, do número de espiguetas por ramificações e de órgãos florais. Estes autores verificaram que a aplicação do redutor de crescimento reduziu o tamanho das panículas, com provável redução do número de espiguetas. Neste sentido, a aplicação do redutor de crescimento na cultivar de aveia branca IPR Afrodite pode ter ocasionado a redução do tamanho da panícula e do número de suas estruturas reprodutivas, resultando em um maior saldo de fotoassimilados para a formação e enchimento destas estruturas. Este fato, somado à maior disponibilização de N, constituinte estrutural de biomoléculas que são translocadas para a panícula durante o período de enchimento de grãos, pode ter resultado na formação de grãos bem formados e de maior espessura, justificando o resultado encontrado para esta característica no cultivo em Londrina.

Semelhante ao resultado obtido neste estudo para os tratamentos sem aplicação do redutor de crescimento, Goi Neto et al. (2015), avaliando o efeito da adubação nitrogenada de cobertura sobre a qualidade industrial de grãos de diferentes genótipos de aveia branca granífera, também não encontraram resposta do índice de grãos maiores que dois milímetros à oferta de N.

Figura 5.2 - Índice de grãos maiores que dois milímetros (IG>2mm) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura. Londrina-PR, 2014.



Em Mauá da Serra, o índice de grãos maiores que dois milímetros foi afetado significativamente pela aplicação do redutor de crescimento, observando-se redução desta variável com a utilização do fitoregulador (Tabela 3). Este resultado pode ter ocorrido devido à influência do trinexapac-ethyl na redução da estatura e na modificação da arquitetura foliar das plantas, o que, provavelmente, possibilitou a ocorrência de maior incidência luminosa sobre estas, fator que estimula o desenvolvimento de perfilhos férteis e, conseqüentemente, o maior número de panículas m⁻². Castro e Kluge (1999) afirmam que o perfilhamento em gramíneas anuais é favorecido pela alta intensidade luminosa. Neste caso, o aumento de perfilhos e de unidades reprodutivas por área aumenta a competição na partição de nutrientes e fotoassimilados na planta, dificultando o adequado enchimento de grãos e favorecendo a formação de grãos com menor espessura. As características climáticas de Mauá da Serra, com temperaturas mais amenas que em Londrina, também podem ter contribuído para a maior produção de perfilhos. Floss et al. (2009), afirmam que o perfilhamento da aveia é favorecido por temperaturas mais baixas e é estimulado pela geada. Neste caso, o local de

cultivo foi um fator que influenciou a redução do índice de grãos maiores que dois milímetros e pode ser mais uma justificativa para o resultado encontrado neste estudo.

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

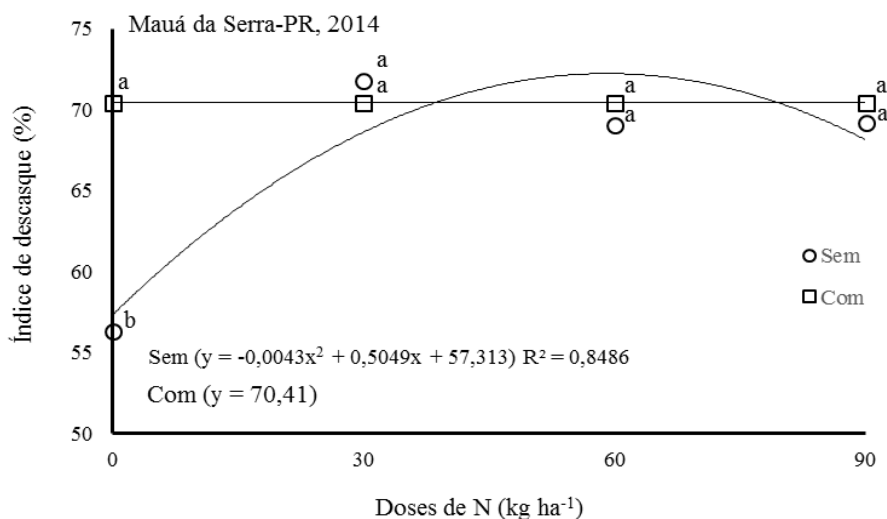
No Brasil, a CBPA (2014), sugere dois níveis de classificação para o índice de grãos maiores que dois milímetros: tipo 1 com no mínimo 75% dos grãos com espessura maior que dois milímetros; tipo 2 e tipo 3 com menos de 75% dos grãos com espessura maior que dois milímetros. Além da espessura dos grãos, a diferença entre os tipos é dada pela porcentagem de grãos manchados e/ou escuros, grãos avariados, impurezas e materiais estranhos e acidez dos grãos. Observando os resultados deste trabalho, verifica-se que as médias da espessura dos grãos produzidos nos experimentos com e sem aplicação do redutor de crescimento em Mauá da Serra, 92,33% e 94,96%, respectivamente, são expressivamente superiores ao padrão tipo I de classificação sugerido pela CBPA (2014) (Tabela 3).

Em Londrina, a utilização do trinexapac-ethyl reduziu o índice de descascamento em 9% em relação a ausência do redutor (Tabela 3). Souza et al. (2014), trabalhando com três cultivares de aveia branca granífera (UPFA Gaudéria, UPF 18 e URS Guria) e quatro doses do regulador vegetal trinexapac-ethyl (0, 50, 100 e 150 g i.a. ha⁻¹), encontraram resposta apenas da cultivar UPF 18, a qual apresentou ajuste quadrático do índice de descascamento em função do incremento das doses do redutor de crescimento. Neste trabalho, os autores observaram que a maior porcentagem de grãos descascados (54,41%) foi obtida na dose estimada de 60,56 g ha⁻¹ do ingrediente ativo. No cultivo em Londrina, a porcentagem de grãos descascados não foi influenciada pelas doses da adubação nitrogenada, o mesmo foi observado por Goi Neto et al. (2015), também trabalhando com a cultura da aveia branca.

Para o índice de descascamento em Mauá da Serra, verificou-se interação significativa entre os fatores redutor de crescimento e doses de N, onde os tratamentos sem aplicação do regulador vegetal ajustaram-se à uma função quadrática com ponto de máxima (72,13%) obtido na dose estimada de 58,70 kg ha⁻¹ de N. No entanto, a porcentagem de grãos descascados provenientes das plantas que foram submetidas à aplicação do redutor de crescimento não demonstrou resposta às doses de N (Figura 3). Na ausência da adubação nitrogenada, os tratamentos com utilização do trinexapac-ethyl apresentaram maior índice de

descasque, já nas demais doses de N não foi observado diferença significativa entre os tratamentos para esta variável.

Figura 5.3 - Índice de descasque (ID) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.

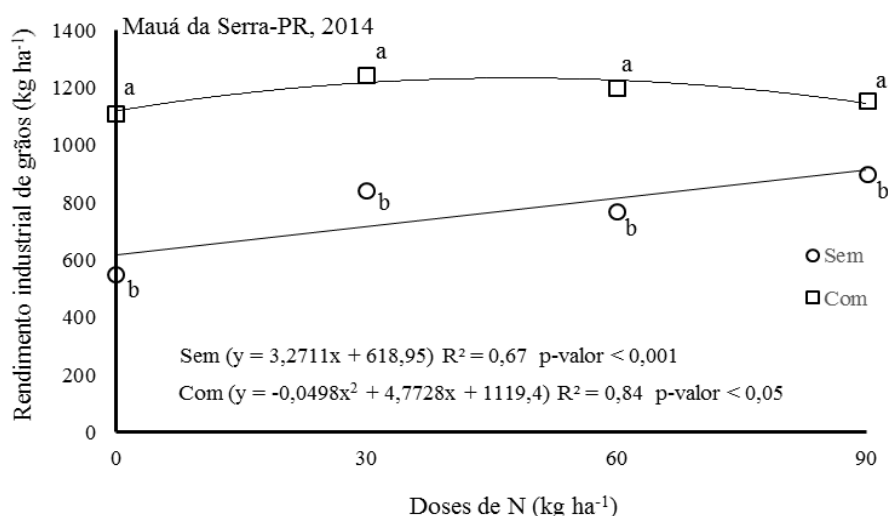


A utilização do redutor de crescimento e as diferentes doses da adubação nitrogenada aplicadas no cultivo em Londrina não afetaram o rendimento industrial de grãos (Tabela 2). Outros trabalhos que avaliaram a aplicação de doses N em cobertura na cultura da aveia branca, também não encontraram resposta significativa para este parâmetro (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2003, 2004; GOI NETO et al., 2015). Já Cazetta et al. (2006), trabalhando com a cultivar de arroz IAC 202 e seis doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), verificaram aumento do rendimento industrial de grãos com o incremento das doses de N. Com relação ao redutor de crescimento, Penckowski e Fernandes (2014), trabalhando com diferentes doses e épocas de aplicação do ingrediente ativo trinexapac-ethyl nas cultivares de aveia branca URS Guapa, URS Guria, URS Tarimba e IAC 7, verificaram que a aplicação do regulador vegetal aumentou o rendimento industrial de grãos, entretanto, diferentes níveis de respostas foram observados em função da dose, da época de aplicação ou da cultivar utilizada.

No cultivo em Mauá da Serra, o rendimento industrial de grãos dos tratamentos com e sem aplicação do redutor de crescimento ajustaram-se às funções quadrática e linear crescente em relação as doses de N, respectivamente (Figura 4). No experimento em que as plantas foram submetidas à pulverização com o fitorregulador, o valor

máximo para esta característica ($1.233,75 \text{ kg ha}^{-1}$) foi obtido na dose estimada de $47,92$ de kg ha^{-1} de N. Em todas as doses de N avaliadas, os tratamentos com a aplicação de trinexapac-ethyl apresentaram os maiores valores para o rendimento industrial de grãos em relação a ausência do redutor.

Figura 5.4 - Rendimento industrial de grãos (RIG) da cultivar de aveia branca IPR Afrodite, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em cobertura. Mauá da Serra-PR, 2014.



O maior rendimento industrial de grãos obtido no experimento conduzido em Mauá da Serra, em relação ao ensaio de Londrina, pode ter ocorrido em função das maiores porcentagens de grãos descascados. Segundo Gatto (2005), o rendimento industrial de grãos pode variar em função de condições ambientais, genótipos, tratos culturais, ano e local de cultivo, justificando o comportamento diferenciado da cultivar IPR Afrodite em ambos locais de cultivo bem como quando submetida aos tratamentos com e sem aplicação do redutor de crescimento.

De forma geral, as análises para a avaliação da qualidade tecnológica dos grãos de aveia branca da cultivar IPR Afrodite demonstraram elevada influência do redutor de crescimento e da interação entre este fator e as doses de N em ambos locais de cultivo, exceto a massa de mil grãos, que não obteve efeito significativo dos fatores analisados. Os testes que caracterizaram a qualidade industrial dos grãos evidenciaram diferenças entre os locais de cultivo, demonstrando a influência do ambiente sobre o desenvolvimento das características físicas dos grãos.

Em relação aos locais de cultivo, observando as médias obtidas para as características analisadas, constata-se que o cultivo em Mauá da Serra produziu grãos com maior qualidade tecnológica em comparação a Londrina, verificado pelas avaliações do peso hectolítrico, índice de grãos maiores que dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial de grãos. É provável que as diferenças encontradas para os caracteres de qualidade tecnológica entre os locais de cultivo estejam relacionados ao comportamento da cultivar IPR Afrodite frente às variáveis edafoclimáticas como a disponibilidade hídrica, a umidade relativa do ar, a temperatura e a radiação solar. Os locais de cultivo utilizados nesse estudo apresentam características meteorológicas contrastantes. As principais diferenças verificadas entre os locais foram em relação à temperatura, à disponibilidade hídrica e às características químicas do solo.

A temperatura média em Mauá da Serra foi menor em grande parte do ciclo da cultura em relação a Londrina (Figura 1). Essa característica ocorreu principalmente em função de Mauá da Serra estar situada em uma região com maior altitude. Dessa forma, é provável que a maior qualidade tecnológica verificada nos grãos produzidos em Mauá da Serra possa estar relacionada a temperaturas noturnas mais amenas, que promovem maior duração do subperíodo compreendido entre a floração e a maturação, como verificado nesse estudo (Tabela 1) proporcionando alta atividade fotossintética, durante o dia, e baixa atividade respiratória, durante a noite (FLOSS et al., 2009).

Além disso, houve variações na precipitação pluvial entre os ambientes de cultivo. A disponibilidade hídrica durante a fase do florescimento à maturação (fase de enchimento de grãos) para Mauá da Serra foi superior à verificada para Londrina (Figura 1). Dessa forma, verifica-se que a maior oferta hídrica no período de enchimento de grãos em Mauá da Serra pode ter proporcionado o melhor desenvolvimento destes. O período de transferência de matéria seca da planta para os grãos é uma etapa crítica do processo de desenvolvimento, sendo que a escassez de água e a elevação da temperatura causam distúrbios à formação dos grãos. A deficiência hídrica geralmente promove a aceleração do processo de acúmulo de reservas e a sua complementação prematura e anormal, originando grãos menos densos e com desempenho comprometido (MARCOS FILHO, 2005). Dessa forma, verifica-se que a oferta hídrica no período de enchimento de grãos pode ter afetado os caracteres peso hectolitro, índice de grãos maiores que dois milímetros, índice de descascamento e rendimento industrial.

Como observado, a aplicação do redutor de crescimento e das doses de N em cobertura não influenciaram a massa de mil grãos em ambos locais de cultivo. Isso é

possível pelo fato dos componentes de rendimento dependerem um dos outros para expressar o potencial produtivo. Além disso, esses fatores também não afetaram o rendimento industrial e o peso hectolétrico em Londrina e Mauá da Serra, respectivamente. Em ambos locais de cultivo não foi observado efeito isolado da adubação nitrogenada sobre os caracteres analisados. Já o redutor de crescimento afetou negativamente o peso hectolétrico e o índice de descascamento em Londrina, e o índice de grãos maiores que dois milímetros em Mauá da Serra. Foi verificada interação significativa entre os fatores para a característica índice de grãos maiores que dois milímetros em Londrina, e para o índice de descascamento e o rendimento industrial de grãos em Mauá da Serra. Para estes últimos resultados, constatou-se que o redutor de crescimento influencia de forma positiva a maioria desses caracteres em função do incremento das doses de N.

5.5 CONCLUSÃO

O efeito do redutor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na qualidade tecnológica dos grãos da cultivar aveia branca IPR Afrodite depende das características do ambiente de cultivo.

A aplicação do trinexapac-ethyl reduz a qualidade tecnológica dos grãos em Londrina (peso hectolétrico e índice de descasque) e Mauá da Serra (índice de grãos maiores que dois milímetros). Contudo, quando o redutor é associado a doses de nitrogênio, a qualidade industrial dos grãos é elevada tanto em Londrina (índice de grãos maiores que dois milímetros) quanto em Mauá da Serra (rendimento industrial de grãos).

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (^{15}N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.

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

ALVES, A. C.; KIST, V. Qualidade fisiológica de sementes primárias, secundárias e terciárias da espiguetta de aveia branca (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 153-157, 2011.

ANTONOW, Diovane. **Sistemas de sucessão e época de adubação na expressão de caracteres de produção e qualidade de aveia branca**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí. 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Legislação aplicada à agricultura classificação de produtos vegetais**. Portaria Ministerial n. 191 de 14 de abril de 1975.

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

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Qualidade industrial do arroz de terras altas cultivado após diferentes coberturas vegetais e doses de nitrogênio em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 155-161, 2006.

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

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

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

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

DEGRAF, H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses de nitrogênio, regulador de crescimento e programas de controle de doenças afetando a cultivar de trigo Ônix. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 14, n. 2, p. 143-152, 2008.

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

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003.

FLOSS, E. L.; HAUBERT, S. A.; ZANATTA, F. S. Rendimento corrigido pela qualidade industrial de grãos de aveia – Avenacor. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 32, 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, p.553-558. 2002.

FLOSS, E. L.; CAIERÃO, E.; CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. Aveia. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 83-90.

GOI NETO, C. J.; PINTO, F. B.; SCREMIN, O. B.; MAMANN, A. T. W.; CARDOSO, A. M.; LIMA, A. R. C.; ARNOLD, G.; SILVA, J. A. G. O rendimento e qualidade industrial de aveia branca pelo fracionamento de nitrogênio em um sistema de alto N-residual. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa em Aveia, 35, 2015, Porto Alegre. **Resultados Experimentais**. Porto Alegre. CD-ROM.

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

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

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 379-383, 2004.

KRUGER, C. A. M. B.; WAGNER, J. F.; VALENTINI, A. P. F.; OLIVEIRA, J. M.; MATTER, E.; SCHIAVO, J.; MATTIONI, T. C.; SILVA, A. J.; ANTONOW, D.; FONTANIVA, C.; BATTISTI, G. K.; BANDEIRA, T. P.; SILVA, J, A, G. Associações entre componentes de produção e os de qualidade em aveia branca. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 30, 2010, São Carlos. **Resultados Experimentais**, p. 20-23. 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional da planta - princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para o Estudo da Potassa e do Fosfato, 1997.

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

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

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

NACIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA, M. G.; BINOTTI, F. F. S.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. C. F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 921-929, 2009.

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

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

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

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

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

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

SCHWERZ, F.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; OLIVEIRA, D. M.; ELLI, E. F.; ELOY, E. ROCKENBACH, A, P. Growth retardant and nitrogen levels in wheat agronomic characteristics. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 2, p. 93-100, 2015.

SOUZA, C. A.; SPONCHIADO, J. C.; CORREA, C.; MENDES, M.; TORMEM, M. E.; LÂNGARO, N. C.; PACHECO, M. T. Desempenho agrônômico e qualidade industrial de

cultivares de aveia branca em função de doses de trinexapac-ethyl. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 34, 2014, Castro. **Resultados Experimentais**. Castro. CD-ROM.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; MAEDA, S. F.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio com e sem tratamento fúngico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 626-634, 2012.

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

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

6 CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação do redutor de crescimento diminui a altura e o acamamento de plantas e, quando associado à adubação nitrogenada de cobertura, eleva o número de panículas m^{-2} . O aumento da produtividade de grãos, com a utilização de redutor de crescimento, depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado somente em Mauá da Serra, para os genótipos analisados. A resposta dos genótipos à fertilização nitrogenada de cobertura também depende das características edafoclimáticas dos locais de cultivo.

O efeito do redutor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na produtividade de sementes depende das características do ambiente de cultivo, sendo observado aumento de produtividade somente em Mauá da Serra.

A adubação nitrogenada de cobertura reduz a qualidade das sementes (porcentagem de germinação, velocidade de germinação e vigor das sementes), contudo este efeito pode ser minimizado, não observado ou sobreposto pelo efeito positivo do redutor de crescimento. Este efeito da aplicação do trinexapac-ethyl também depende das características do ambiente de cultivo e não foi observado em Londrina.

O efeito do redutor de crescimento e da adubação nitrogenada de cobertura na qualidade tecnológica dos grãos da cultivar de aveia branca IPR Afrodite depende das características do ambiente de cultivo.

A aplicação do trinexapac-ethyl reduz a qualidade tecnológica dos grãos em Londrina (peso hectolítrico e índice de descasque) e Mauá da Serra (índice de grãos maiores que dois milímetros). Contudo, quando o redutor é associado às doses de nitrogênio, a qualidade industrial dos grãos é elevada tanto em Londrina (índice de grãos maiores que dois milímetros), quanto em Mauá da Serra (rendimento industrial de grãos).