

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Qualidades fisiológica e química de sementes de aveia-branca e aveia-preta em função da umidade de colheita e do tempo de armazenamento

Michele Renata Revers Meneguzzo

Passo Fundo

2022

Michele Renata Revers Meneguzzo

Qualidades fisiológica e química de sementes de aveia-branca e aveia-preta em função da umidade de colheita e do tempo de armazenamento

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

Orientadora:
Nadia Canalli Lângaro
Coorientador:
Géri Eduardo Meneghello

Passo Fundo

2022

CIP – Catalogação na Publicação

M541q Meneguzzo, Michele Renata Revers

Qualidades fisiológica e química de sementes de aveia-branca e aveia-preta em função da umidade de colheita e do tempo de armazenamento [recurso eletrônico] / Michele Renata Revers Meneguzzo. – 2022.
2.8 MB ; PDF.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2022.

Orientadora: Profa. Dra. Nadia Canalli Lângaro.

Coorientador: Prof. Dr. Géri Eduardo Meneghello.

1. Aveia branca. 2. Aveia preta. 3. Sementes - Qualidade. 4. Sementes - Armazenamento. 5. Frio - Efeito fisiológico. I. Lângaro, Nadia Canalli, orientadora. II. Meneghello, Géri Eduardo, coorientador. III. Título.

CDU: 633.13

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

“Qualidades fisiológica e química de sementes de aveia-branca e aveia-preta em função da umidade de colheita e do tempo de armazenamento”

Elaborada por

Michele Renata Revers Meneguzzo

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
“Doutora em Agronomia – Área de Produção e Proteção de Plantas”

Aprovada em: 01/04/2022
Pela Comissão Examinadora

Dra. Nadia Canali Lângaro
Presidente da Comissão Examinadora
Orientadora
Coordenadora do PPGAgro

Dr. Francisco Amaral Villela
Examinador externo – UFPel

Dr. Géri Eduardo Meneghello
Coorientador - UFPel

Dr. Fernando Augusto Henning
Examinador externo – EMBRAPA

Dr. José Luís Trevizan Chiomento
Examinador interno – UPF

Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor da Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária, Universidade de Passo
Fundo

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Idelmir e Marilene e minha irmã Débora pelo amor, apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter abençoado todos os dias da minha vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais, Idelmir e Marilene, que muitas vezes se doaram e renunciaram aos seus sonhos, para que eu pudesse realizar os meus. Quero dizer que essa conquista não é só minha, mas nossa. Tudo que consegui só foi possível graças ao amor, apoio e dedicação que vocês sempre tiveram por mim. Sempre me ensinaram agir com respeito, simplicidade, dignidade, honestidade e amor ao próximo.

À minha irmã Débora, e ao meu cunhado Diego, pela amizade, carinho e companheirismo de sempre; por estarem sempre torcendo pelas minhas conquistas e por terem me presenteado com o meu maior presente, o Bernardo. Pelo apoio e incentivo incondicional. Obrigado!

Ao meu melhor amigo e eterno amor, Fernando, por ter sido o meu alicerce quando mais precisei, obrigado pelo presente de cada dia, pelo seu sorriso e por saber me fazer feliz.

Às minhas amigas de longa data que não mediram esforços para estarem presentes na minha vida por todos estes anos, às vezes pelo simples fato de terem cruzado meu caminho, às vezes pelo simples fato de terem dito uma única palavra de conforto quando eu precisei. Às vezes por terem me dado um minuto de sua atenção, e me ouvido falar de minhas angústias, medos, vitórias, derrotas... A vocês minhas amigas Paula, Gêssica, Kris, Bianca, Daniele, Simone, Fernanda e Ariele.

À minha orientadora Dra. Nadia Canalli Lângaro pela valiosa orientação, paciência, conselhos e ensinamentos. Preocupada não só com a realização do trabalho,

mas principalmente com o ser humano. Muito obrigada e que eu possa sempre contar com o privilégio da sua amizade.

Ao professor Géri Eduardo Meneghello pela amizade, apoio, orientação, disponibilidade em me ajudar sempre que precisei e pelos pertinentes conselhos dados para a melhoria deste trabalho. Eu realmente aprendi muito com você.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da Universidade de Passo Fundo (UPF) que fizeram parte da minha trajetória educacional, transmitindo ensinamentos em geral e indicando caminhos corretos a seguir.

Aos grandes amigos que fiz durante a minha trajetória pela UPF: Débora, Patrícia, Kassiana, Graziela, Bruna, Felipe, Taís, Leonardo, Luis e Carol obrigada por terem tornado o dia a dia na pós-graduação tão prazeroso! Foi extremamente enriquecedor conhecer e conviver com cada um de vocês.

À empresa Cacil Comercial Agrícola Ciro Ltda por todo apoio, disponibilidade e pelo fornecimento das sementes utilizadas nesta pesquisa.

Ao Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA) por todo apoio e disponibilidade para a realização das análises. Agradecimento especial para a Tânia e a Bárbara, por terem me auxiliado em tudo que precisei e por terem se tornado grandes amigas.

Ao PPGAgro pela oportunidade e a todo corpo docente por todo aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que me concedeu uma bolsa, durante a realização deste doutorado, fato que muito contribuiu para a viabilização desta tese. Portanto, deixo aqui expresso meu agradecimento.

A todos vocês, meu muito obrigada!

“Viva o hoje, pois o ontem já foi, e o amanhã talvez não venha.”

Adaptado de W. Faulkner, 1926.

RESUMO

MENEGUZZO, Michele Renata Revers. Qualidades fisiológica e química de sementes de aveia-branca e aveia-preta em função da umidade de colheita e do tempo de armazenamento. 135 f. Tese (Doutoradoem Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

A aveia é um cereal de importância mundial, destacando-se como uma cultura de inverno alternativa importante no sul do Brasil. O cultivo da aveia tem diversos fins, a exemplo da rotação de culturas, da cobertura de solo e da alimentação humana e animal. A umidade de sementes no momento de colheita, assim como as condições ambientais do seu armazenamento, são elementos decisivos para as qualidades físicas, fisiológicas e químicas dos grãos ao longo do período de armazenamento. Diante disso, o objetivo do trabalho foi investigar se a umidade no momento da colheita influencia a qualidade de sementes de aveia em tempos de armazenamento. Foram utilizadas sementes de aveia-preta e aveia-branca, oriundas do município de Passo Fundo. O experimento foi delineado inteiramente ao acaso, com quatro repetições, com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas no esquema 3x4 (umidade de colheita x tempo de armazenamento). As sementes foram colhidas em três faixas de umidades: 20±1%, 16±1% e 12±1% para sementes de aveia-preta e 20±1%; 17±1% e 12±1% para sementes de aveia-branca. Por meio de secador estacionário, as sementes colhidas mais úmidas foram secas até a umidade de 12±2%. Posteriormente, as sementes foram armazenadas em três condições: ambiente, frio e hermético, nos quais sua qualidade foi avaliada nos tempos de armazenamento distintos: 0, 60, 120 e 180 dias. Cada condição de armazenamento e cada cultivar de aveia foram avaliadas como experimentos isolados. As variáveis analisadas foram: primeira contagem de germinação, germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas, conteúdo de proteína, umidade, gordura, fibra, cinzas, amido, atividade de água (a_w), potencial hidrogeniônico (pH) e número de queda. Os resultados sugerem que, logo após a colheita, as sementes mais úmidas apresentaram melhor qualidade fisiológica em relação às sementes colhidas com baixa umidade. Durante o tempo de armazenamento, até 120 dias as sementes colhidas mais secas apresentaram aumento de qualidade, mas aos 180 dias as sementes colhidas com umidade alta apresentaram maior qualidade fisiológica. Conclui-se que, em virtude do tempo de armazenamento as sementes sofrem alterações na umidade, a_w e pH, o que favorece condição para o desenvolvimento microbiano e, conseqüentemente, deterioração das sementes. Em relação a composição química das sementes, em razão da umidade de colheita não há disparidade em relação as três faixas de umidade, nas três condições de armazenamento. Assim, as sementes podem ser colhidas o mais próximo da maturidade fisiológica, secas e armazenadas. Com isso é possível inferir que o produtor poderá realizar a colheita antecipada, retirando as sementes do campo de modo a evitar que as mesmas fiquem expostas a fatores abióticos e bióticos do agroecossistema. O armazenamento em ambiente frio e hermético favorece a qualidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. Embalagem. 4. Frio. 5. Tempo de armazenagem.

ABSTRACT

MENEGUZZO, Michele Renata Revers. Physiological and chemical qualities of white oat and black oat seeds as a function of harvest moisture and storage time. 135 f. Thesis (Doctor in Agronomy) – University of Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

Oat is a cereal of global importance, standing out as an important alternative winter crop in southern Brazil. Oat cultivation has many fins, an example of crop technology, ground cover, and electrical and animal power. The combination of seeds at the time of harvest, the conditions of their storage, the decisive elements for the physical ones, as well as the quality of the grains throughout the period of environmental storage. Therefore, the objective of this work was to influence the quality at the time of harvesting oat seeds in storage times. They were black oat and white oat seeds, originating from the one used in Passo Fundo. The experiment was completely randomized, with four plots, with treatments arranged in a 3x4 scheme (one experiment x storage time). The seeds were harvested in three humidity ranges: 20+1%, 16+1% and 12+1% for black oat seeds and 20+1%; 17+1% and 12+1% for white oat seeds. Using a stationary dryer, the wetter harvested seeds were dried to a moisture content of 12+2%. Subsequently, the seeds were stored in three conditions: ambient, cold and hermetic, in which their quality was evaluated at different storage times: 0, 60, 120 and 180 days. Each storage condition and each oat cultivar were evaluated as isolated experiments. The variables analyzed were: first germination count, germination, accelerated aging, electrical conductivity, seedling emergence, emergence speed index, seedling length, seedling dry mass, protein content, moisture, fat, fiber, ash, starch, water activity (aw), hydrogenic potential (pH) and drop number. The results suggest that, soon after harvest, the wetter seeds presented better physiological quality in relation to the seeds harvested with low humidity. During the storage time, up to 120 days the seeds harvested drier showed an increase in quality, but at 180 days the seeds harvested with high humidity showed higher physiological quality. It is concluded that, due to the storage time, the seeds undergo changes in moisture, aw and pH, which favors a condition for microbial development and, consequently, seed deterioration. Regarding the chemical composition of the seeds, due to the harvest moisture, there is no disparity in relation to the three moisture ranges, in the three storage conditions. Thus, the seeds can be harvested as close to physiological maturity, dried and stored. With this, it is possible to infer that the producer will be able to carry out the early harvest, removing the seeds from the field in order to avoid that they are exposed to abiotic and biotic factors of the agroecosystem. Storage in a cold and airtight environment favors the quality of the seeds over the storage time.

Key words: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena estrigosa*. 3. Packing . 4. Cold. 5. Storage time.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	<i>Cultura da aveia e qualidade de sementes</i>	17
2.2	<i>Colheita de sementes de aveia</i>	20
2.3	<i>Armazenamento de sementes de aveia</i>	22
3	CAPÍTULO I	27
3.1	<i>Resumo</i>	27
3.2	<i>Introdução</i>	28
3.3	<i>Material e Métodos</i>	30
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	36
3.4.1	Sementes de aveia armazenadas sob condição ambiente	37
3.4.1.1.	Aveia-preta	37
3.4.1.2.	Aveia-branca	43
3.4.2	Sementes de aveia armazenadas em condição hermética	48
3.4.2.1.	Aveia-preta	48
3.4.2.2.	Aveia-branca	54
3.4.3	Sementes de aveia armazenadas em condição fria-seca	59
3.4.3.1.	Aveia-preta	59
3.4.3.2.	Aveia-branca	64
3.5	<i>Conclusões</i>	72
4	CAPÍTULO II	73
4.1	<i>Resumo</i>	73
4.2	<i>Introdução</i>	73
4.3	<i>Material e Métodos</i>	76
4.4	<i>Resultados e Discussão</i>	81
4.4.1	Sementes de aveia armazenadas em condição ambiente	81
4.4.1.1.	Aveia-preta	81
4.4.1.2.	Aveia-branca	88
4.4.2	Sementes de aveia armazenadas sob condição hermética	94
4.4.2.1.	Aveia-preta	94
4.4.2.2.	Aveia-branca	101

4.4.3 Sementes de aveia armazenadas sob condição fria-seco	108
4.4.3.1. Aveia-preta	108
4.4.3.2. Aveia-branca	114
4.5 <i>Conclusões</i>	120
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
7 CONCLUSÃO GERAL	122
REFERÊNCIAS	123

1 INTRODUÇÃO

A aveia (*Avena* spp.) é um cereal produzido mundialmente, destacando-se em termos de produção e área cultivada. O Brasil é um dos principais produtores de aveia da América do Sul. Essas plantas são forrageiras cultivadas amplamente no outono/inverno da região sul do Brasil, representando a maior parcela da produção nacional. Seu cultivo é destinado a produção de grãos, feno, silagem e, em particular, revela-se uma alternativa importante na composição de rações para o setor pecuário, principalmente por suprir as deficiências nutricionais das pastagens nativas, compostas basicamente por espécies estivais, que no final do verão apresentam valor nutritivo reduzido e potencialmente agravado pela ocorrência de geadas precoces de outono.

Dentro do sistema de plantio direto, a aveia é uma importante planta de cobertura do solo, na primavera e inverno. Estima-se que, no mínimo 2,5 milhões de hectares de várias cadeias produtivas, tais como de soja, milho e fumo utilizam aveia como cobertura do solo na entressafra, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O cereal é também utilizado para a alimentação humana. Pesquisas apontam que as propriedades nutricionais da aveia se destacam dos demais cereais, pois apresentam teor e qualidade maiores no conteúdo lipídico, proteico e de fibras solúveis de seus grãos. Os componentes mais importantes da fibra alimentar são as beta-glucanas, que estão localizadas nas paredes celulares de grãos, com concentração maior na subcamada de aleurona, na camada de aleurona e no endosperma amiláceo adjacente ao embrião.

A ampla utilização dessa espécie e o potencial elevado para o crescimento de área cultivada com a mesma, exige um volume grande de sementes para a implantação de lavouras. O uso de sementes de vigor alto é justificado em todas as culturas, para assegurar população adequada de plantas, sobre uma ampla variação de condições

ambientais de campo. Tais variações são particularmente observadas durante a emergência. Assim, o vigor alto das sementes possibilita aumento na produção quando a densidade de plantas é menor que a requerida. Considerando a atual demanda por sementes de qualidade para a implantação de lavouras, a produção e comercialização desse tipo de semente é fundamental. Nesse sentido, é relevante observar a importância dos estudos que possibilitam entender melhor as variações dessa espécie.

A qualidade de sementes está atrelada a um conjunto de características de natureza genética, física, fisiológica e de sanidade, que determinam o seu potencial para a semeadura. A capacidade de conservação de sementes de uma espécie ou cultivar depende de fatores que definem a qualidade inicial de sementes e de condições ambientais de armazenagem. Assim a germinação inicial, a umidade das sementes e a temperatura da armazenagem são três fatores que influenciam a longevidade de sementes preservadas em bancos de germoplasma. O maior potencial de desenvolvimento e de armazenamento são alcançados na maturação fisiológica, quando as sementes apresentam o peso seco maior, caracterizando-se por uma umidade alta. Como exemplo tem-se a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), que alcança a maturidade fisiológica com umidade entre 20 e 30%.

Como nessa fase a umidade elevada de sementes não permite a realização de colheita mecanizada, estas ficam “armazenadas” na própria planta, muitas vezes em condições ambientais desfavoráveis, o que pode ocasionar a perda da qualidade. A qualidade das sementes a serem armazenadas retrata todo o seu histórico durante a fase de produção e processamento pós-colheita. Dessa forma, o manejo da cultura, o ambiente de produção, a maturidade, a colheita, as técnicas de secagem, o beneficiamento e o armazenamento influenciam o vigor inicial das sementes e, conseqüentemente, a sua capacidade de conservação.

As condições e o tempo de armazenamento são os principais fatores que agem sobre a qualidade da aveia. Assim, é de suma importância que o processo de armazenagem seja bem conduzido para, evitar perdas e preservar a qualidade dos produtos, buscando a preservação de viabilidade e de vigor da semente até a semeadura.

Por meio deste trabalho busca-se responder a seguinte questão de pesquisa: como a umidade de colheita influencia a qualidade fisiológica e química de sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.) e aveia-preta em tempos de armazenamento, em diferentes condições de armazenagem? A hipótese, para essa questão, é de que quando as sementes apresentam pela primeira vez umidade superior, o que se aproxima da maturidade fisiológica, as mesmas têm deterioração menor ao longo do armazenamento.

Para responder esse problema de pesquisa e testar essa hipótese, o trabalho apresenta os seguintes objetivos:

Objetivo geral: Investigar se a umidade no momento da colheita influencia a qualidade fisiológica e química de sementes de aveia-branca e aveia-preta ao longo do tempo de armazenamento, em diferentes condições de armazenagem.

Objetivos específicos: 1) Verificar se a umidade de colheita de sementes interfere na qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca e aveia-preta ao longo do tempo de armazenamento; 2) Testar se a qualidade química de sementes de aveia-branca e aveia-preta é influenciada pela associação entre umidades de colheita e tempos de armazenamento.

Ao final da pesquisa espera-se esclarecer se existe influência da umidade de colheita e do ambiente de armazenamento na qualidade de sementes e identificar qual combinação entre fatores mostra-se mais adequada às cultivares de aveias testadas. Com isso, busca-se auxiliar os produtores de sementes, que colhem e armazenam suas próprias sementes, a realizarem um manejo adequado de colheita e de armazenagem, visando manter a qualidade fisiológica e química após o período de armazenamento.

Este trabalho está organizado de modo que, nesta introdução apresenta-se a contextualização do tema, o problema, a hipótese, os objetivos e a justificativa de pesquisa. O próximo componente deste trabalho, a revisão da literatura, aborda tópicos como qualidade, colheita e armazenamento de sementes de aveia. Nos capítulos I e II são apresentados e discutidos os resultados obtidos de duas cultivares de aveia, que abrangem

o efeito da umidade de colheita sob a qualidade de sementes ao longo do tempo de armazenamento. Por fim, são apresentadas as considerações finais e a conclusão geral do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cultura da aveia e qualidade de sementes

A aveia-branca (*Avena sativa* L.) e a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), pertencem à família Poaceae, subfamília Poideae e tribo Avenae (FEDERIZZI et al., 1999). *Avena* é um gênero de plantas anuais, autógamas e, favorecidas pela cleistogamia (BARBIERI et al., 2008). Há relatos de que a aveia-branca tenha como centro de origem a Ásia e o Oriente Médio, sendo considerada, inicialmente como uma planta daninha em lavouras de trigo e cevada (COFFMAN, 1961; VAUGHAN et al., 1997). No Brasil, a aveia foi introduzida pelos descobridores e imigrantes europeus no século XVI e só anos depois passou a ser uma cultura de interesse econômico aos agricultores (TAVERES et al., 1993).

A cultura da aveia destaca-se como um importante cereal para cultivo na primavera e inverno, com uma ampla gama de utilização (DE MORI, 2012). Pode ser utilizada para a produção de grãos e alimentação humana, para a alimentação animal, formação de pastagens, produção de feno e silagem, como cobertura de solo para o sistema de plantio direto e, como adubo verde. Ainda é uma alternativa viável à rotação de culturas, com efeitos positivos de recuperação e conservação de solo (DANIELOWSKI, et al., 2021; CBPA, 2006).

Sua produção é direcionada aproximadamente em 78% para alimentação animal, 18% para alimentação humana e os 4 % restantes para uso industrial, sementes e exportação (BUSTOS, 2005). Considerada um alimento funcional, passou a ser assim denominada a partir do final da década de 90, quando o “*Food and Drug Administration*” (FDA) autorizou a rotulagem desta informação em produtos com aveia e farelo de aveia (DAL MOLIN, 2011).

Em 2019 a produção mundial de aveia alcançou 23.104,147 toneladas de grãos, sendo a Federação Russa a maior produtora dessa cultura, a qual foi responsável pela produção de 4.571.878,5 toneladas de grãos. O Brasil é o oitavo maior produtor mundial com produção de 909.841,5 toneladas de grãos (FAOSTAT, 2021).

A produção mundial de aveia é superior à produção de grãos de triticale (*X Triticosecale* Wittmack) e centeio (*Secale cereale* L.), sendo a sétima espécie mais cultivada, atrás do milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), sorgo (*Sorghum* spp.) e milheto (*Pennisetum* spp.) (FAOSTAT, 2021). Em 2021 a área de cultivo desse grão no Brasil, alcançou aproximadamente, 442.548 hectares, com uma produção nacional de 982.825 toneladas (IBGE, 2021). Seu cultivo no Brasil se dá principalmente nos estados do Sul, entretanto a área de produção desse cereal vem se expandindo, alcançando áreas na região centro oeste. Na safra 2020, o estado que mais produziu foi o Rio Grande do Sul, seguido pelo estado do Paraná e do Mato Grosso do Sul (IBGE, 2021).

A taxa de utilização de semente legal de aveia-branca ainda é baixa. Na safra de 2019/2020, a taxa foi de 38% no Brasil (ABRASEM, 2021). Isso demonstra que muitos produtores podem estar produzindo as suas próprias sementes, o que está de acordo com a Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9.456, de 25 de Abril de 1997). Porém, em muitos casos pode-se estar colhendo sementes de lavouras que não foram destinadas a esse fim, o que pode resultar em baixa qualidade do lote que será usado para a semeadura do próximo ano agrícola, além da presença de outras sementes indesejadas para o campo de produção.

Para que se tenha um estabelecimento adequado de plantas na lavoura, além da formação de um estande uniforme e obtenção de produtividades elevadas, um dos principais insumos é o uso de sementes de qualidade. Dessa forma, é fundamental que ocorra a produção e a comercialização de sementes com qualidade. Ainda, deve-se potencializar o desenvolvimento de estudos que permitam compreender o desempenho da aveia em virtude da demanda por sementes com qualidade para a implantação das lavouras (ALVES; KIST, 2011). A semente de aveia produzida e comercializada deve

estar dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As normas e padrões estabelecidos para a cultura da aveia-branca constam no Anexo VI da IN n. 45, de 17 de setembro de 2013 e para aveia-preta no anexo IV da IN n. 33, de 4 de novembro de 2010 (CBPA, 2014).

A qualidade de semente é expressa pela interação de quatro componentes: genético, fisiológico, físico e sanitário, os quais influenciam a capacidade de originar plantas com elevado potencial produtivo. Além disso, a qualidade resulta da interação entre características como teor de água, viabilidade, vigor, infecção de patógenos e longevidade (POPINIGIS, 1985). Destaca-se que a qualidade fisiológica está relacionada à capacidade da semente em desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor (TOLEDO et al., 2009).

O conceito de qualidade fisiológica está descrito como o atributo que envolve o metabolismo da semente para expressar seu potencial (PESKE et al., 2019) e é determinado em Laboratórios de Análises de Sementes, por meio de testes de germinação e vigor. O vigor em sementes é um fator importante na garantia da qualidade fisiológica e desempenho adequado da cultura em condições de campo.

Para que ocorra a formação da semente é preciso que aconteça a fusão do gameta feminino e masculino, formando o embrião no interior da flor. Além do embrião a semente é formada pelo tegumento, que oferece proteção e mantém a união de partes internas da semente e, pelo endosperma, tecido de reserva que irá alimentar o eixo embrionário até o estágio de plântula (MARCOS FILHO, 2015). Dessa forma, a qualidade da semente é resultado de fatores intrínsecos e extrínsecos à semente, desde características genéticas da cultivar, até efeitos que o ambiente promove durante o seu desenvolvimento, além daqueles promovidos após a sua colheita.

A qualidade da semente é obtida no campo e deve ser mantida durante o período de armazenamento. Dentre os fatores que influenciam a produção de sementes de qualidade destacam-se os extremos de temperatura durante a maturação, as flutuações de condições de umidade ambiente, incluindo seca, as deficiências na nutrição, a ocorrência

de insetos/doenças e a adoção de técnicas inadequadas de colheita, secagem e armazenamento (KRZYZANOWSKI, 2008). Em regiões tropicais e subtropicais, a produção de sementes de alta qualidade só é possível com a implementação de manejos especiais nas fases de produção de campo, na operação de colheita, na secagem, no beneficiamento, no armazenamento, no transporte e na semeadura da safra subsequente (DALL'AGNOL et al., 2016).

Portanto, estudos sobre a qualidade de sementes são ferramentas que possibilitam investigar melhor a espécie da aveia, visando a demanda por sementes com qualidade para a implantação de lavouras. Isso reforça também a necessidade por testes rápidos, que possam identificar com eficiência as diferenças entre lotes de sementes, possibilitando prever o comportamento no período de armazenamento e no estabelecimento da cultura (CANTOS et al., 2011).

Durante a produção, além das práticas de manejo no campo, as sementes passam por secagem, beneficiamento e armazenamento. Alguns cuidados nesses processos são decisivos quando se deseja obter um produto com qualidade superior. Portanto, o monitoramento de aspectos como a temperatura de secagem, o tempo e as condições em que são armazenadas são decisivos na qualidade final das sementes (SILVA et al., 2008).

2.2 Colheita de sementes de aveia

A partir do momento em que as sementes atingem uma qualidade considerada alta, a colheita deve ser realizada o mais rápido possível, pois o seu atraso expõe a semente a condições ambientais, o que pode contribuir para a redução de potencial fisiológico, acelerando o processo de deterioração de sementes, ainda na planta-mãe. O processo de deterioração é caracterizado por alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas que podem resultar na morte da semente (MARCOS FILHO, 2015).

A qualidade fisiológica das sementes é máxima por ocasião da maturidade fisiológica. A partir deste momento processos degenerativos, de natureza física, fisiológica ou bioquímica começam a ocorrer, caracterizando a deterioração (SANTOS

et al., 2004). Esse processo é irreversível e inevitável, sendo manifestado por uma série de alterações bioquímicas, fisiológicas e físicas (MARCOS FILHO, 2015), culminando em queda na germinação e no vigor.

Na maturidade fisiológica, as sementes apresentam as melhores condições para germinar, maior vigor e melhor capacidade de gerar uma plântula morfológicamente normal. Antes disso, a planta está na maturação, que é considerada um processo constituído de alterações morfológicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas, iniciando com a fertilização e permanecendo até que a semente se desliga fisiologicamente da planta, na maturidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2015).

Dentre as alterações ocorridas desde a fertilização até a maturação estão o teor de umidade da semente, o aumento do seu tamanho, o acúmulo de massa de matéria seca, a capacidade de germinar e o vigor (MARCOS FILHO, 2015). A literatura reporta que o peso de matéria seca é o indicador mais seguro do estágio da maturação da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Pode-se citar, como exemplo, a aveia-preta, que alcança a maturidade fisiológica com umidade entre 20 e 30% (NAKAGAWA et al., 1994). Como nessa fase a umidade elevada das sementes não permite a realização da colheita mecanizada, essas ficam “armazenadas” na própria planta, muitas vezes em condições ambientais desfavoráveis, causando perda da qualidade.

Tanto o retardamento quanto a antecipação da colheita da aveia podem gerar um efeito sobre a qualidade de sementes quando o “armazenamento” é início no campo, no período em que as sementes atingem a maturidade fisiológica. Assim, a colheita deve ser realizada o mais próximo possível da maturidade, de modo que as sementes apresentem condições de debulha e as plantas ainda estejam eretas (CBPA, 2014).

Quando a colheita é antecipada ocorre a manutenção de qualidade da semente e, portanto, é imprescindível que seja realizada a secagem para que a qualidade seja mantida durante o armazenamento (MARINI et al., 2007a; CBPA, 2014). Nesse contexto, o sistema de pós-colheita exerce efeito sobre a qualidade final de sementes, pois as etapas que o constituem, como a secagem, o beneficiamento e o armazenamento, vão compor o

histórico do lote, significando fases importantes para garantir a manutenção de qualidade de semente (MARCOS FILHO, 2015).

2.3 Armazenamento de sementes de aveia

O armazenamento das sementes se inicia no campo, primeiramente na planta mãe. Depois da colheita, passa a ser responsabilidade do produtor a sua conservação durante o período de armazenamento (LABBÉ et al., 2012). Além da época de colheita, cuidados no armazenamento são de extrema importância para a manutenção do desempenho fisiológico das sementes oriundas do campo, visto que em condições inadequadas de armazenamento, as mesmas podem sofrer perdas de qualidade fisiológica, até o momento da sementeira. Quando não ocorre secagem eficiente, durante o armazenamento pode ocorrer o desenvolvimento de insetos, ácaros e microrganismos, seguido por deteriorações, por estimular o metabolismo e consumir substâncias de reserva, culminando na redução de seus atributos de qualidade (ELIAS et al., 2015).

É importante salientar que a massa de produto armazenado constitui um sistema ecológico. A preservação da sua qualidade depende da interação entre variáveis físicas como temperatura, umidade, propriedades físicas e termo físicas do produto e variáveis meteorológicas. Além disso, as variáveis biológicas intrínsecas (longevidade, maturidade, metabolismo, germinação) e extrínsecas (leveduras, fungos, insetos e roedores das sementes) são de suma importância (FARONI, 1998).

Durante o armazenamento, a temperatura e a umidade relativa do ar contribuem para que as sementes atinjam o equilíbrio higroscópico específico, podendo determinar a manutenção da qualidade ao longo do tempo. Esses dois fatores ambientais têm sido estudados com maior frequência, sobretudo na conservação de sementes (BORGES et al., 2009).

A conservabilidade das sementes depende de sua própria fisiologia e da atividade dos organismos associados (ELIAS et al., 2015). A velocidade e a intensidade da ação destes fatores dependem das características da semente e do ambiente, principalmente

com relação à água disponível e à temperatura. A propriedade higroscópica das sementes deve ser observada, ou seja, a capacidade que essas apresentam de realizar troca com o meio que os circunda, seja ganhando ou perdendo umidade (CAETANO et al., 2012).

Em muitas espécies propagadas por sementes a época de colheita não coincide com a época mais adequada para a semeadura subsequente (MARCOS FILHO, 2015). Nesse sentido, o armazenamento é obrigatório. Considerando a necessidade de atender a logística de produção e comercialização de sementes, técnicas de armazenamento são uma ótima alternativa para preservação e manutenção da qualidade física, fisiológica e sanitária dessas, até o momento da próxima semeadura.

Lotes de sementes com porcentagens de germinação parecidas, mas com diferentes níveis de vigor, podem apresentar comportamentos diferenciados em relação à deterioração, dependendo das condições de armazenamento (PÁDUA; VIEIRA, 2001). Nesse sentido, o armazenamento em ambiente favorável à manutenção da qualidade surge como estratégia para manter a composição química do produto, minimizando a redução do poder germinativo e vigor das sementes (PUZZI 2000).

Destaca-se que a longevidade de semente é uma característica da espécie; entretanto, o armazenamento é importante para a conservação de recursos genéticos, sendo que condições inadequadas de armazenamento afetam negativamente a germinação e vigor (BAUDET, 2003; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Embora se busque manter as melhores condições durante o armazenamento, a deterioração dos produtos vai ocorrer, mas em velocidade e intensidade variáveis e isso depende do estado fisiológico e das condições ambientais durante o armazenamento (FREITAS et al., 2000).

A determinação dessas condições é importante, pois a qualidade fisiológica de sementes pode ser alterada no armazenamento em decorrência das mesmas estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física após a sua maturação. O armazenamento, sob condições adequadas, pode reduzir a velocidade de deterioração e conhecer o comportamento de sementes diante de condições

diferentes de estocagem, importantes para o manejo das espécies (BAUDET, 2012; FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Smiderle e Gianluppi (2006) verificaram que a associação da umidade relativa do ar de 70% com temperaturas em torno de 25°C garantem uma boa condição de armazenamento, mantendo os teores de água das sementes próximas a 12%. De acordo com Dan et al. (2010), a deterioração pode intensificar com o prolongamento do período de armazenamento sem controle de temperatura.

Os principais fatores que agem sobre a qualidade de sementes de aveia são a secagem adequada, a umidade de armazenamento do grão, o tempo e as condições de armazenamento, influenciando também no metabolismo do próprio grão e a ação de microrganismos associados (MARINI et al., 2007b). Nesse contexto, é importante que a armazenagem seja um processo bem conduzido, a fim de evitar perdas e preservar a qualidade dos produtos agropecuários, exigindo a manutenção de um teor de água na semente, específico para cada cultura. Esse teor é variável em função da composição química das sementes, a fim de evitar a proliferação de fungos e insetos (FERRARI FILHO, 2011). Portanto, o armazenamento é uma prática auxiliar na manutenção da qualidade fisiológica, que busca a preservação da viabilidade e do vigor da semente até a semeadura (AZEVEDO et al., 2003).

Assim, a recomendação é de que se comece a colheita assim que as sementes atinjam pela primeira vez 18% de umidade e que, para o armazenamento, se realize a secagem para umidade de 12 a 13% (DEMITO, 2019). Ressalta-se que há um incremento na taxa respiratória de sementes proporcional ao aumento da temperatura, processo que depende do teor de água dessas. Assim, com teores de água superior a 14%, a respiração aumenta rapidamente, acelerando o processo de deterioração (SILVA, 2008).

Além de umidade de semente, mantê-las em temperaturas consideradas mais baixas durante o armazenamento pode reduzir seu metabolismo e o desenvolvimento de danos (DEMITO; AFONSO, 2009). O tempo de viabilidade das sementes é dobrado a cada decréscimo de 1% no conteúdo de umidade da semente ou, de 5°C na temperatura

do ambiente de armazenamento (HARRIGTON, 1972). Desse modo, os produtores de sementes estão investindo na climatização de armazéns, visando a manutenção da qualidade inicial das sementes (PASCUALI, 2012).

Quimicamente, como ocorrem em outras partes da planta, a semente apresenta composição variável, basicamente devido à fase de desenvolvimento ou fatores externos. Essa variação composicional se constitui em um dos principais fatores responsáveis pela diferença de longevidade das sementes de diferentes espécies (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A longevidade de sementes durante o armazenamento pode ser afetada pelo teor de água, disponibilidade de oxigênio, tipo de embalagem em que estão mantidas, qualidade inicial do lote, presença de microrganismos e insetos, bem como características inerentes à espécie (ABREU et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2011; MASETO et al., 2013).

O tipo de embalagem utilizada no armazenamento contribui ou não na manutenção da qualidade das sementes. Em embalagem permeável, o teor de água é alterado conforme a variação de umidade do ar. Em embalagem semipermeável há trocas, porém menores. Se a embalagem for impermeável, não há troca de ar com o ambiente externo a embalagem (BAUDET, 2012).

O armazenamento, a umidade de sementes e a temperatura de secagem são destacadas em uma série de estudos na cultura da aveia (MARINI et al., 2007a; SIMIONI, et al., 2007; OLIVEIRA, et al., 2010), demonstrando informações interessantes sobre esses aspectos na qualidade fisiológica das sementes. Ahrens et al. (2000), concluiu que a temperatura máxima de secagem estacionária, na saída de ar do ventilador e sem ventilação forçada, para sementes de aveia-branca é de 55°C e que o vigor é afetado por temperaturas superiores a 55°C, embora a germinação não sofra prejuízos na secagem, mesmo com temperaturas de até 67°C.

Além do sistema de armazenagem, o período de armazenagem influencia diretamente na qualidade das sementes da maioria das espécies. Isso por que durante a

armazenagem as sementes sofrem a ação de inúmeros processos de deterioração, como a redução das reservas, alterações enzimáticas e em ácidos nucleicos, danos às membranas, além da acumulação de substâncias tóxicas resultantes da oxidação de ácidos graxos, como aldeídos e compostos fenólicos (NEDEL, 2003).

3 CAPÍTULO I

Qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca e aveia-preta colhidas com diferentes umidades e armazenadas ao longo do tempo

3.1 Resumo

O desempenho fisiológico de sementes de aveia pode ser influenciado pela umidade de colheita e pelo tempo, sob diferentes condições de armazenamento. Assim, o trabalho teve por objetivo avaliar se o desempenho fisiológico de sementes de aveia-preta e de aveia-branca em função da umidade de colheita ao longo do armazenamento, em diferentes condições de armazenagem. Foram utilizadas sementes de aveia-preta, cultivar AgroPlanalto, e de aveia-branca, cultivar UPFA Ouro, cultivadas no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. Os tratamentos testados foram três faixas de umidade [alta ($20\pm 1\%$), média ($16\pm 1\%$) e baixa ($12\pm 1\%$)] e tempos de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias após o armazenamento), sob condição ambiente, hermética e fria. O experimento foi delineado inteiramente ao acaso, com quatro repetições, com tratamentos arranjos em parcelas subdivididas no esquema 3x4 (umidade de colheita x tempo de armazenamento). Cada condição de armazenamento e cada cultivar de aveia foram avaliadas como experimentos isolados. Quando necessário, antes do armazenamento as sementes foram secadas em secador estacionário até que atingissem aproximadamente a umidade de $12\pm 1\%$. A avaliação de desempenho fisiológico de sementes foi realizada por meio dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento total de plântulas, massa seca total de plântulas, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e emergência de plântulas de aveia. Após a colheita as sementes colhidas com maior umidade apresentaram qualidade fisiológica superior às sementes colhidas com 12% de umidade. Ao longo do tempo de armazenamento as sementes colhidas mais secas apresentam um acréscimo na qualidade, porém aos 180 dias as sementes colhidas com 20% de umidade foram superiores, apresentando melhor qualidade fisiológica por meio de algumas das variáveis analisadas nas três condições de armazenamento. Conclui-se que a umidade de colheita e os tempos de armazenamento influenciam diretamente a qualidade fisiológica de sementes de aveia-preta e aveia-branca.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. Antecipação de colheita. 4. Condição armazenagem. 5. Tempo de armazenamento.

3.2 Introdução

A aveia é uma espécie de gramínea anual pertencente à família Poaceae e gênero *Avena*. Embora existam muitas espécies, as principais cultivadas são a aveia-branca (*Avena sativa* L.), a aveia-amarela (*Avena byzantina* C. Koch) que podem ser utilizadas em forragens e na produção de grãos, e a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) empregada em pastagens de forma isolada ou em consórcio com outras forrageiras (IPEA, 2018).

Na década de 70, a produção de aveia era limitada no Brasil. Com isso, iniciou-se o programa de melhoramento do germoplasma (criação de cultivares de aveia adequadas para à produção em países em desenvolvimento) da aveia, a fim de obter variedades de ciclos curtos, mais resistentes ao acamamento e ao alumínio tóxico presente no solo, de qualidade, maior valor nutricional, e com maior potencial produtivo (DE FRANCISCO; et al. , 2019).

O consumo mundial de aveia totalizou 22,049 mil toneladas no período de 2019/2020, cujos principais consumidores são a União Europeia, a Rússia, os Estados Unidos, o Canadá e a Austrália. Assim como na produção, o Brasil encontra-se na 6ª posição em relação ao consumo de aveia (USDA, 2020).

A qualidade da semente é definida pelo somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, sendo fundamentais na determinação do sucesso de uma cultura. O atributo fisiológico é caracterizado por meio da germinação e vigor, características determinantes no estabelecimento inicial da cultura. A germinação compreende uma sequência ordenada de eventos metabólicos, que resultam no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula (MARCOS FILHO, 2015). O uso de sementes com alta qualidade fisiológica garantirá a uniformidade de emergência e estabilidade de rendimentos na lavoura (EGLI et al., 2010).

A colheita de sementes de aveia deve ser realizada estando ela o mais próximo possível do ponto de maturidade fisiológica (PMF). O retardamento da colheita contribui para a deterioração das sementes, pois equivale a armazená-las em campo, em condições

desfavoráveis, expondo-as por um período maior a agentes patogênicos e estresses ambientais (ELIAS, 2002), reduzindo a germinação e o vigor das sementes (KAPPES et al. 2012, PESKE, 2014). Várias pesquisas evidenciam que o ponto ideal de colheita se situa logo após a maturidade fisiológica das sementes, fato que muitas vezes é dificultado devido ao elevado teor de água nas sementes (CARVALHO, NAKAGAWA, 2012, MARCOS FILHO, 2015).

O armazenamento se apresenta como etapa essencial na manutenção da qualidade das sementes. Durante a armazenagem, a temperatura e umidade relativa do ar são os fatores que mais influenciam na deterioração e, conseqüentemente na perda de qualidade de sementes (McDONALD, 2004). Isso porque a temperatura influencia na velocidade em que ocorrem processos bioquímicos, reações químicas, respiração, deterioração e desenvolvimento de microrganismos. Já a umidade afeta principalmente o teor de água devido, o caráter higroscópico das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

A longevidade de sementes é influenciada por características inerentes de cada espécie. Porém, somado a isso, o tipo de embalagem em que as sementes são acondicionadas, assim como o ambiente de armazenamento podem influenciar o seu potencial fisiológico (OLIVEIRA et al., 2011; MASETO et al., 2013). O tipo de embalagem utilizada no armazenamento contribui ou não na manutenção da qualidade das sementes.

A deterioração das sementes muitas vezes não é perceptível na fase inicial do armazenamento, sendo mais expressiva com o passar do tempo (GARCIA et al., 2004a), principalmente quando o intervalo entre safras coincide com a ocorrência de valores altos de temperatura e umidade relativa do ar (MIELEZRSKI; MARCOS-FILHO, 2013). Portanto, informações a respeito do comportamento de sementes, frente às condições ambientais que ocorrem no armazenamento, são de fundamental importância para manutenção da qualidade das mesmas (SMANIOTTO et al., 2014).

Existem muitas dúvidas sobre o potencial fisiológico das sementes de aveia durante o armazenamento, principalmente quando associados a diferentes umidades de

colheita e condições de armazenamento. O objetivo desse trabalho foi avaliar se a associação entre umidade de colheita e tempo de armazenamento interfere na qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca e aveia-preta, em condições de armazenagem.

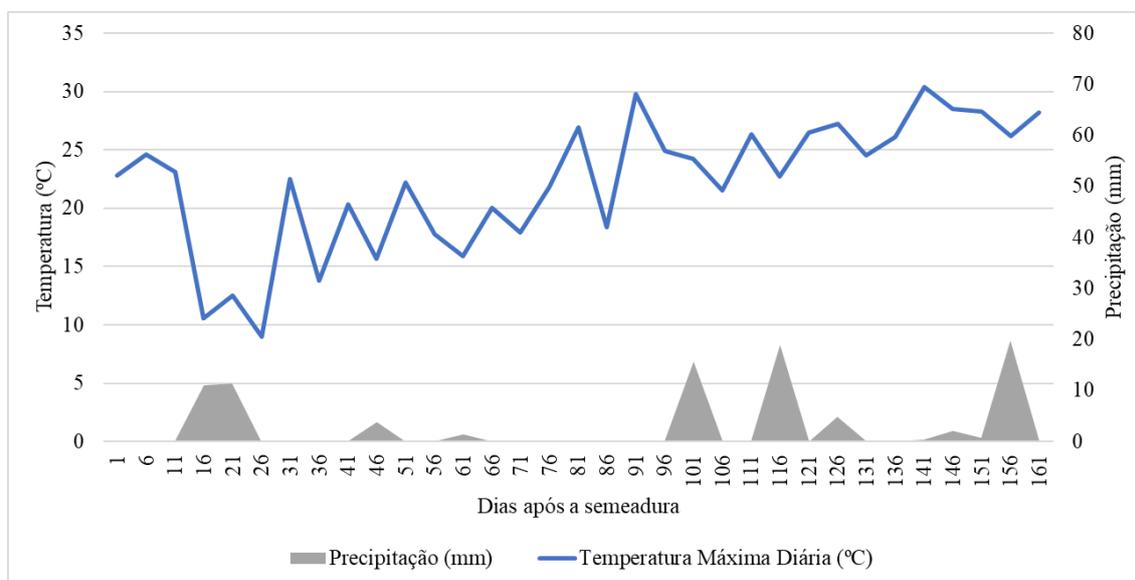
3.3 Material e Métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) da cultivar UPFA Ouro, apresentando um ciclo de médio a tardio, sendo a mesma recomendada pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (LÂNGARO et al., 2021). Foram utilizadas também sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) da cultivar Agro Planalto, que apresenta um ciclo precoce. Os estudos foram conduzidos em um primeiro momento no campo e posteriormente, em laboratório.

Na primeira etapa, a produção das sementes utilizadas no experimento se deu na Universidade de Passo Fundo, localizada no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, latitude 28°13' S, longitude de 52°23' W e altitude de 684 m. As sementes foram semeadas no dia 11 de junho de 2019 sob delineamento de faixas. A população de plantas utilizada foi de 300 plantas por metro quadrado, com espaçamento de 17 cm entre linhas. Durante a condução do experimento, foram seguidos os manejos fitossanitários indicados para a cultura da aveia.

Passo Fundo está localizado na zona climática fundamental temperada, apresentando clima do tipo fundamental úmido e variedade específica subtropical. Deste modo de acordo com a classificação climática de Köppen o clima local é descrito como subtropical úmido de verões quentes (Cfa), com chuvas bem distribuídas durante o ano e variação térmica ampla durante o ano. Quanto ao volume pluviométrico, normalmente o fica próximo a 2066 mm anuais, com ocorrência e precipitações maiores no inverno. A precipitação que ocorreu no período experimental em campo pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Parâmetros agroclimáticos do ano agrícola de 2019 na Universidade de Passo Fundo. Semeadura em 11 de junho.



Fonte: Power Nasa, 2022.

A colheita foi realizada com máquina colhedora de parcelas da marca Wintersteiger. Foram realizadas as colheitas de três repetições em campo, eliminando o fator bordadura, com o resguardo de amostras de 3kg, que foram homogêneas e transformadas em amostras compostas de 1,5kg, reduzidas posteriormente a amostras de trabalho de 1kg. Para ambas as cultivares as colheitas foram realizadas aos 149, 156 e 161 dias após a semeadura. A colheita foi realizada quando as sementes atingiram pela primeira vez as umidades, sendo as mesmas dentro das faixas de $20 \pm 1\%$ (alta); $17 \pm 1\%$ (média) e $12 \pm 1\%$ (baixa) para a aveia-branca e 20 ± 1 (alta), 16 ± 1 (média) e 12 ± 1 (baixa) para a aveia-preta; posteriormente a colheita as sementes colhidas mais úmidas, foram secadas em secador estacionário com o ar a 45°C , até a umidade de $12 \pm 2\%$. A temperatura da massa de sementes foi mantida em até 40°C durante a secagem.

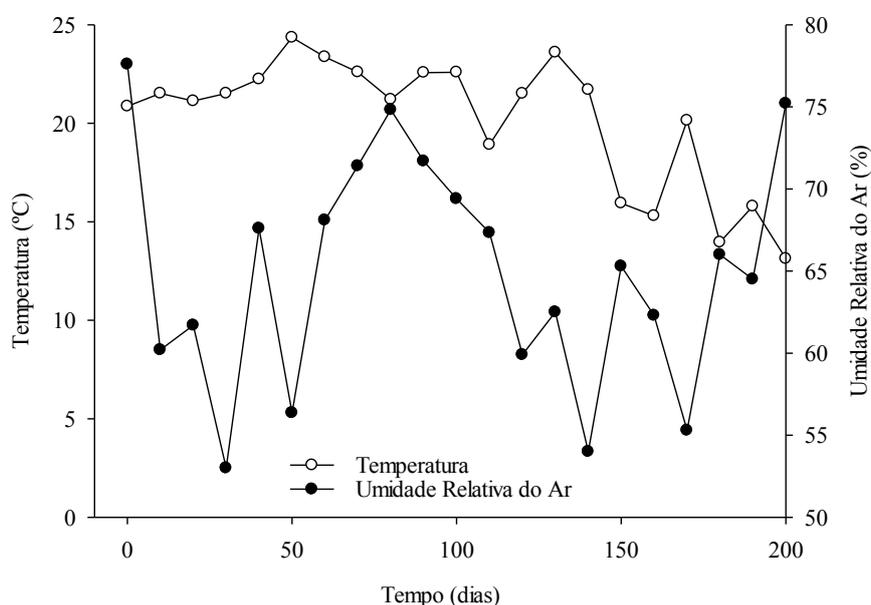
Após a secagem as sementes foram armazenadas em três condições, sendo elas ambiente, frio e hermético. Para a condição ambiente o objetivo foi simular uma prática ainda adotada por produtores rurais, que guardam a semente colhida no ano para fazer a semeadura da lavoura no próximo ano, ou seja, “salva” a semente, o que é amparado pela lei. Lei nº 10711 de 5 de agosto de 2003, entretanto, as condições em que as sementes são

armazenadas, nem sempre proporcionam o controle de temperatura e umidade. Para a execução desta prática, as sementes ficaram armazenadas em uma sala de alvenaria, embaladas em sacos de papel *kraft* com capacidade para 5 kg (40x60cm), submetidas a variações de temperatura e umidade do ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

Para as condições de armazenamento frio, foram utilizadas embalagens de papel *kraft*, com capacidade para 5 kg (40x60cm), e armazenadas em condições ambientais de câmara fria (10°C e 25% de UR). No ambiente hermético as sementes foram armazenadas dentro de embalagem de polietileno de densidade alta, com capacidade para 1 litro e armazenadas em condições de ambiente em uma sala de alvenaria, submetidas a variações de temperatura e umidade do ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

Durante o período de armazenagem das sementes, a temperatura média foi de 20,2°C, variando entre 13 e 23°C, durante os 180 dias de armazenamento. A partir dos 140 dias de armazenamento, aproximadamente, ocorreu queda na temperatura em virtude do início da estação de inverno, implicando na amplitude térmica do armazenamento. Já a umidade relativa do ar variou entre 53 e 75%, obtendo-se média de 64,9%. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar, registrados durante o período de armazenamento, estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento de sementes de aveia em condições ambiente e hermético. Valores médios diários. Dados de novembro de 2019 a junho de 2020.



Fonte: Estação meteorológica Embrapa Trigo

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados da estação meteorológica da Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, estação 83914 – Passo Fundo.

As condições de armazenamento foram organizadas de forma isolada, em um arranjo onde cada condição é considerada um experimento individual. A qualidade fisiológica foi avaliada aos 0, 60, 120 e 180 dias após o armazenamento. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em parcela subdividida, em esquema bifatorial 3x4, que corresponde às três umidades de colheita e os quatro períodos de armazenamento, com quatro repetições para cada condição.

As análises, para avaliação de qualidade fisiológica de sementes, foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes (Acreditação NBR ISO/IEC 17.025) da Universidade de Passo Fundo, no qual foram realizados os seguintes testes:

O teste de germinação foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes, tendo como substrato três folhas de papel germiteste, umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa de papel seco. Para superação de dormência as sementes foram mantidas por cinco dias a 5°C e posteriormente transferidas à câmara de germinação com temperatura de 20°C. As plântulas consideradas normais foram avaliadas dez dias após a semeadura, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

A primeira contagem de germinação foi realizada juntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais, presentes no quinto dia após a instalação do teste. Essa determinação baseia-se no princípio de que as amostras que apresentarem percentagem maior de plântulas normais, na primeira contagem do teste de germinação, estabelecidas pela RAS (BRASIL, 2009), são as mais vigorosas.

Para o teste de envelhecimento acelerado foi adotada a metodologia recomendada por AOSA (1983), complementada por Marcos Filho (1999). Aproximadamente 200 sementes ou 40 a 45 g para cada tratamento foram distribuídas em camada úmida sobre uma tela de alumínio fixada no interior do gerbox, funcionando como um compartimento individual. Em cada gerbox foram adicionados 40 mL de água e após eles foram colocados em câmara de envelhecimento (De Leo). Foi utilizada temperatura de 42°C por 48 horas para aveia-branca e por 72 horas para aveia-preta. Posteriormente as sementes foram avaliadas quanto ao potencial de germinação, seguindo-se as recomendações das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

A condutividade elétrica foi realizada com 50 sementes por subunidades de uma das quatro repetições. Inicialmente as sementes foram pesadas, sendo em seguida imersas em 75 ml de água deionizada por um período de 20 horas, a 20°C em incubador tipo B.O.D. Passado esse período realizaram-se as leituras, com o auxílio de um condutivímetro digital. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$

Para a emergência de plântulas em bandeja foram utilizadas 200 sementes, divididas em quatro repetições de 50 sementes, semeadas em areia, com profundidade de

3 cm, as quais permaneceram em câmara de germinação a 20°C por 15 dias, quando realizou-se a contagem de plântulas normais.

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi conduzido conjuntamente com o teste de emergência em bandeja, através de contagens diárias, sempre no mesmo horário, até obter número constante de plântulas emergidas. A fórmula utilizada foi a proposta por Popinigis (1977), sendo:

$$\text{IVE: } E1/N1+E2/N2+\dots+En/Nn$$

Onde: IVE - índice de velocidade de emergência; E - número de plântulas computadas nas contagens; N- número de dias da sementeira à 1^a, 2^a ... enésima avaliação.

A velocidade de emergência de plântulas foi realizada a partir do teste de emergência em bandeja, preenchida com areia, por meio de contagens diárias, sempre no mesmo horário, até obter número constante de plântulas emergidas. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas emergidas, foi calculada a velocidade de emergência (VE), segundo Edmond e Drapala (1958), os quais consideram que o tratamento que apresentar menor média levou menos dias em relação a emergência, portanto foi aquele que apresentou a maior velocidade de germinação:

$$\text{VE: } (N1G1) + (N2G2) + \dots (NnGn) / G1+G2 + \dots Gn$$

Onde: VE - velocidade de emergência; N – número de dias da sementeira à 1^a, 2^a ... enésima avaliação; G – número de plântulas computadas nas contagens.

Os resultados foram expressos em número de dias que as plântulas levaram para emergirem da areia.

O comprimento de plântula foi realizado com quatro repetições de 20 sementes, colocadas para germinar nas mesmas condições, já descritas, do teste de germinação. As sementes foram distribuídas no sentido longitudinal do papel germiteste. Os rolos de

papel contendo as sementes foram acondicionados em sacos plásticos por cinco dias a 5°C para superação de dormência e posteriormente transferidos à câmara de germinação com temperatura de 20°C. Com o auxílio de uma régua foram realizadas as medições de comprimento de plântulas. A avaliação foi realizada no período final do teste de germinação, seguindo as recomendações das RAS (BRASIL, 2009). Os resultados médios foram expressos em cm por plântula.

A matéria seca de plântulas foi realizada em conjunto com o teste de comprimento, coletando-se dez plântulas normais, representativas do conjunto, quando essas foram transportadas para estufa a 65°C até atingirem peso constante. Após foram realizadas as pesagens das plântulas em balança analítica de precisão de 0,001g, e os resultados médios foram expressos em miligrama por plântula.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e, havendo necessidade, foram transformadas. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância e, quando houve significância, usou-se a comparação de médias por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Para os dados quantitativos foram realizadas análises de regressão por meio do programa estatístico Speed Stat2.5 (CARVALHO et al., 2020).

3.4 Resultados e Discussão

Na pesquisa foram avaliadas sementes de aveia-branca UPFA Ouro e aveia-preta AgroPlanalto colhidas em três faixas de umidades (alta - 20±1%, média -16±1% e baixa - 12±1%), as quais logo a seguir foram secadas até 12±2 e por fim armazenadas até 180 dias. O armazenamento foi subdividido em três condições: ambiente, hermético e frio. As variáveis avaliadas foram de caracteres fisiológicos em razão dos fatores de variação, quais sejam, as três faixas de umidade em cada um dos três ambientes de armazenamento considerados. Os resultados foram subdivididos em virtude das condições de armazenamento citadas, as quais as sementes de aveia-branca e aveia-preta foram submetidas.

3.4.1 Sementes de aveia armazenadas sob condição ambiente

3.4.1.1. Aveia-preta

Na análise de variância de dados de sementes de aveia-preta colhidas em diferentes umidades (alta, média e baixa) e armazenadas sob condições ambiente observou-se efeito significativo da interação de umidade de colheita e tempo de armazenamento quanto às variáveis de qualidade fisiológica da semente por meio dos testes de germinação e de vigor: primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento total de plântulas, índice de velocidade de emergência e emergência. Os resultados observados para as variáveis massa seca total e velocidade de emergência apresentaram efeito significativo apenas para o fator de variação de tempo de armazenamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em função de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, sob condições ambiente. Passo Fundo - RS, 2022.

Fator de Variação	Quadrado médio				
	GL	G	PCG	EA	CE
Umidade de colheita (UC) ¹	2	1481,813**	876,896**	0,282**	68,059**
Resíduo (a,b)	32	5,924	15,743	0,002	5,819
Parcelas	11				
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	36,076**	43,910	0,009**	102,786**
UC X TA	6	63,535**	114,951**	0,030**	35,762**
Tratamentos	11	313,915**	234,112**	0,070**	59,914**
Resíduo (b)	27	5,475	19,345	0,002	5,331
Total	47				
C.V.(%) (a,b)		2,91	5,21	3,90	9,33
C.V.(%) (b)		2,80	5,78	3,86	8,93

Fator de Variação	Quadrado médio					
	GL	CT	MST	IVE	VE	E
Umidade de colheita (UC) ¹	2	3,384*	0,434	0,331	0,107	715,270**
Resíduo (a,b)	32	0,706	0,190	0,389	0,082	15,986
Parcelas	11					
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	52,319**	4,624**	6,728**	3,222**	393,555**
UC X TA	6	5,868**	0,207	1,290**	0,122	253,326**
Tratamentos	11	18,085**	1,45**	2,599**	0,965**	375,560**
Resíduo (b)	27	0,864	0,202	0,323	0,086	14,384
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		2,88	5,43	7,57	5,18	4,77
C.V.(%) (b)		3,19	5,61	6,9	5,31	4,52

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

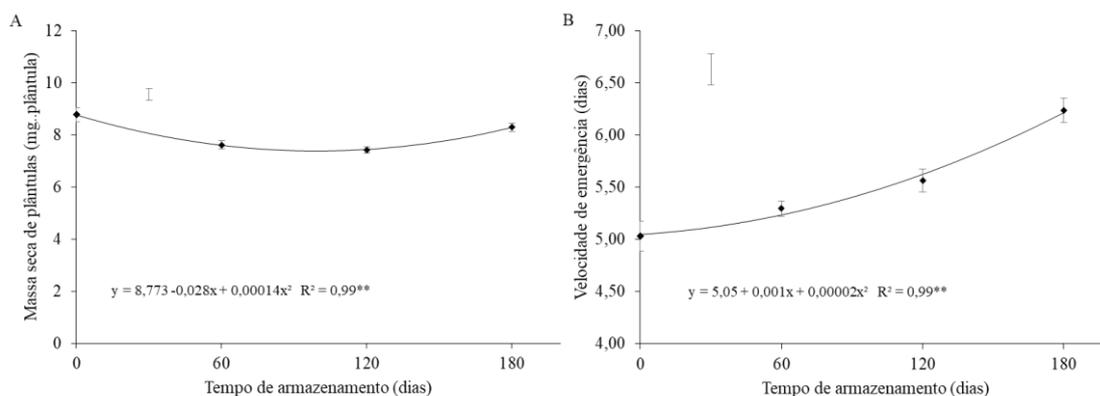
¹Umidade de colheita (20±1%; 16±1% e 12±1%); ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Primeira contagem de germinação (PCG); Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Condutividade elétrica (CE); Comprimento total (CTO); Massa seca total (MST), Índice de velocidade de emergência (IVE); Velocidade de emergência (VE) e Emergência (E).

Plântulas de aveia-preta apresentaram uma redução no peso da massa seca total aos 120 dias de armazenamento (Figura 3A). Os testes de massa seca e de comprimento de plântula visam determinar o vigor de sementes por meio da mensuração de comprimento médio e de acúmulo de massa seca de plântulas normais, respectivamente, formadas sob condições controladas de ambiente. As sementes mais vigorosas

transformam e mobilizam de maneira mais eficiente as reservas dos tecidos de armazenamento para o eixo embrionário, o qual apresenta capacidade maior de incorporação dessas reservas, características que favorecem o crescimento e acúmulo rápidos de massa pelas plântulas (MARCOS FILHO, 2015).

Figura 3 - Massa seca total (A) e velocidade de emergência de plântulas (B), em razão do tempo de armazenamento de sementes de aveia preta (*Avena strigosa*), sob condições ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



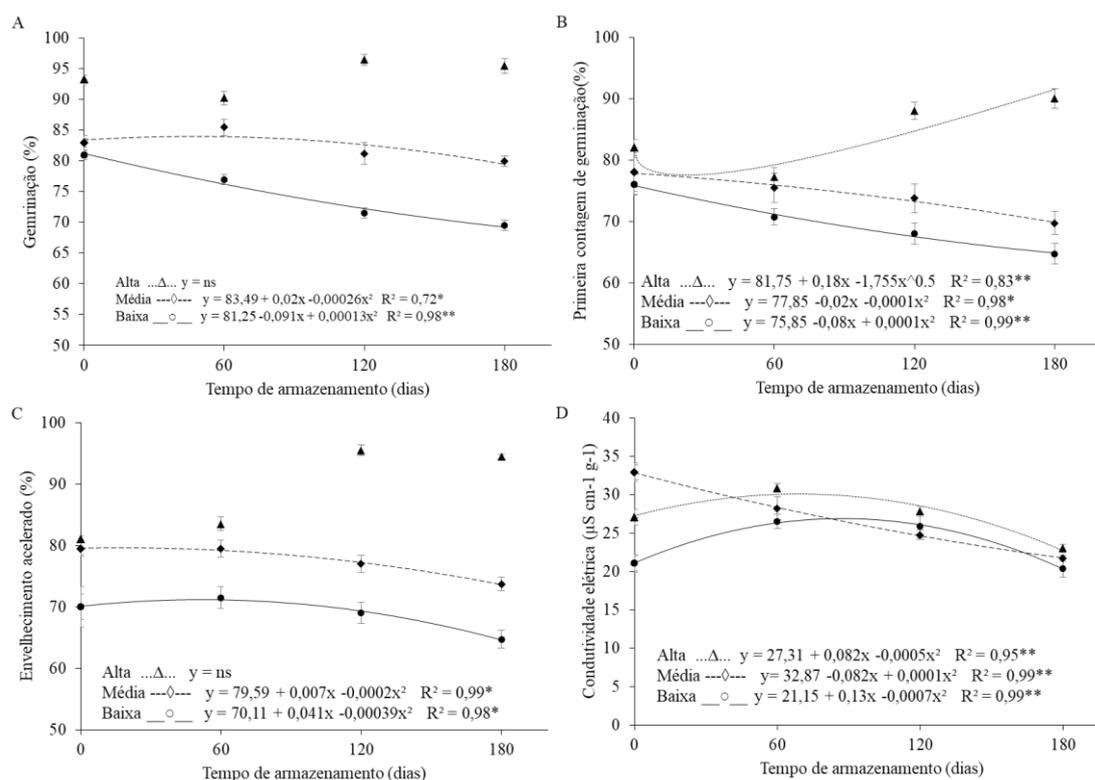
*Médias de umidade de colheita ($20 \pm 1\%$; $16 \pm 1\%$ e $12 \pm 1\%$) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

Com o passar do tempo de armazenamento as sementes de aveia-preta apresentaram valores maiores de velocidade de emergência, o que pressupõem que as plântulas levaram mais dias para emergirem do substrato (Figura 3B). Plântulas com menor valor de velocidade de emergência possuem desempenho maior, e em compensação, suportam mais estresses por fatores abióticos e bióticos, conseqüentemente podem interferir positivamente no crescimento e desenvolvimento de planta (JUVINO et al., 2014).

Quando analisada a interação entre umidades de colheita e tempos de armazenamento de sementes de aveia-preta, sob condição ambiente, não houve efeito significativo para a curva de regressão de sementes colhidas com alta umidade e seguidas de secagem artificial, preservando assim a capacidade de desenvolvimento de plântulas normais (Figura 4A). É possível também observar uma redução da porcentagem de germinação de sementes colhidas com umidades média e baixa (Figura 4A). Sementes colhidas com umidade baixa, ao final do período de armazenamento apresentaram

germinação inferior a 80%, sendo esta porcentagem abaixo do padrão mínimo exigido para comercialização de sementes de aveia (BRASIL, 2013).

Figura 4 - Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), envelhecimento acelerado (C) e condutividade elétrica (D), em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

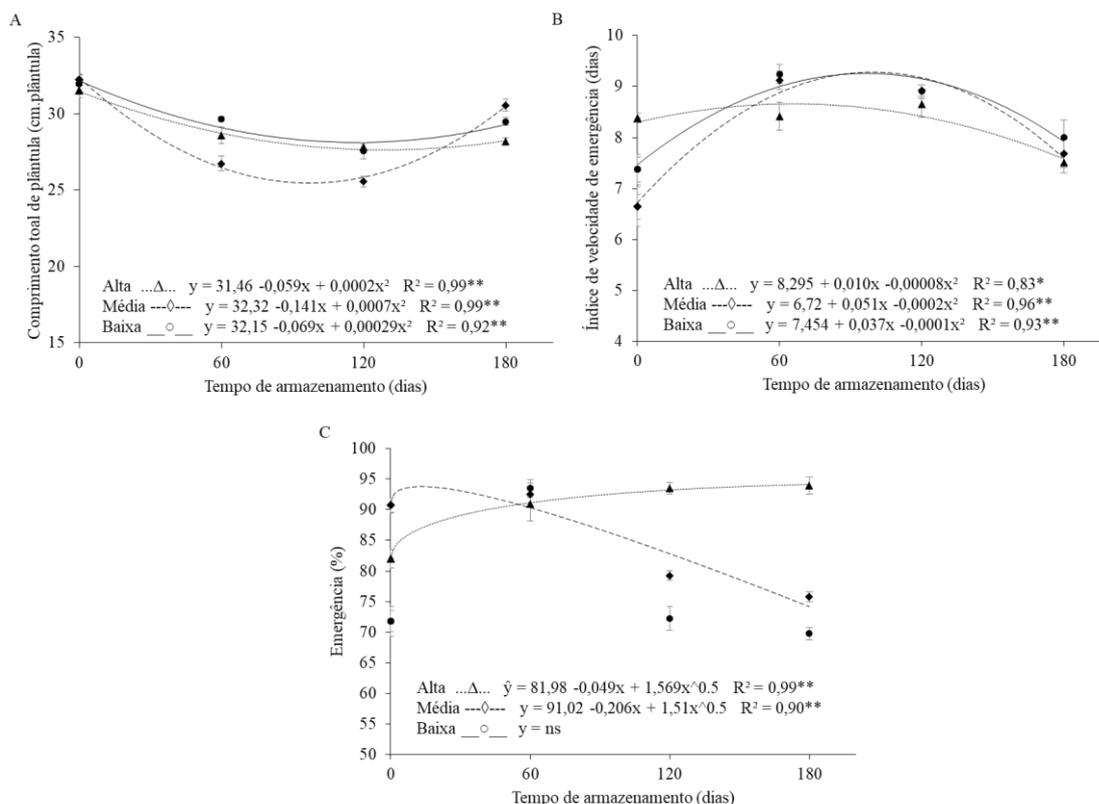
Para os testes de vigor, baseados no desenvolvimento das plântulas, na primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado de sementes de aveia-preta (Figura 4B e 4C) os resultados se assemelharam, nos quais sementes colhidas nas umidades média e baixa apresentaram uma redução no vigor ao longo do tempo de armazenamento. Tal comportamento se assemelha ao reportado por Nakagawa et al. (2004), os quais verificaram queda nos valores de primeira contagem de sementes de aveia-preta desde o início do armazenamento.

A umidade mais alta de colheita de sementes de aveia-preta, favoreceu à expressão do vigor das sementes, intensificando-se após 60 dias de armazenamento, por meio do teste de primeira contagem de germinação (Figura 4B). Para o envelhecimento acelerado não houve efeito significativo para a curva de regressão de sementes colhidas mais úmidas, o que significa que não houve diferenças, não tendo redução de vigor das sementes no decorrer do tempo de armazenamento (Figura 4C).

Sementes colhidas com umidade média apresentaram uma redução de tendência linear na condutividade elétrica, o que sugere um aumento na expressão do vigor ao longo do tempo de armazenamento, podendo indicar uma reorganização das células que compõem as camadas mais externas da semente (Figura 4D). Os valores menores, correspondem à liberação menor de exsudatos, indicando vigor maior pela intensidade menor de desorganização de sistemas de membranas das células (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). De outro modo, sementes colhidas com nas umidades alta e baixa, aos 60 dias após o armazenamento apresentaram um aumento na condutividade e após este período uma pequena redução.

Plântulas oriundas de sementes de aveia-preta, indiferentemente da umidade de colheita (alta, média e baixa) apresentaram uma redução no seu comprimento total aos 60 e 120 dias após a colheita (Figura 5A). Ao final do período de armazenamento as plântulas apresentaram uma redução no comprimento total se comparado com o tempo zero.

Figura 5 - Comprimento total de plântulas (A), índice de velocidade de emergência (B) e emergência (C) em virtude da interação entre umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita $20 \pm 1\%$; Média – Umidade de colheita $16 \pm 1\%$; Baixa – Umidade de colheita $12 \pm 1\%$.

Para a variável índice de velocidade de emergência, houve um aumento do índice até os 120 dias de o armazenamento para as três umidades de colheita (Figura 5B), apresentando seu pico máximo em torno de 90 dias de armazenamento. Conforme Maguire (1962), quanto maior o valor do IVE, maior é sua velocidade de germinação, dessa forma, o vigor do lote é maior. Aos 180 dias após o armazenamento as sementes de aveia-preta colhidas com média e baixa umidade, apresentaram valores superiores do índice de velocidade de emergência em comparação ao tempo zero.

Sementes de aveia-preta colhidas com umidade média apresentaram uma redução na emergência de plântulas ao longo do tempo de armazenamento, o mesmo não pode ser

observado para sementes colhidas com alta umidade, por que ocorreu incremento da emergência das plântulas no decorrer do tempo de armazenamento (Figura 5C).

Alguns dos valores para as variáveis podem ser explicados pela secagem das sementes, sendo que as sementes colhidas com umidade alta e média passaram pelo processo de secagem e as sementes colhidas com umidade baixa não, podendo ter relação com o uma superação maior da dormência destas sementes.

3.4.1.2. Aveia-branca

Analisando-se os dados de atributos da qualidade fisiológica sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) armazenadas em condição ambiente, houve interação significativa entre umidade de colheita e tempo de armazenamento para as variáveis germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento total de plântulas, massa seca total de plântulas e índice de velocidade de emergência. Para as variáveis velocidade de emergência e emergência apenas o tempo de armazenamento apresentou efeito significativo através da análise de variância (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância de dados de atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) em função de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição ambiente. Passo Fundo-RS, 2022.

Fator de Variação	Quadrado médio				
	G	G	PCG	EA	CE
Umidade de colheita (UC) ¹	2	7,583	41,271	126,583**	66,527
Resíduo (a,b)	32	9,563	16,299	6,764	28,263
Parcelas	11				
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	79,132**	50,243*	4,056	22,363
UC X TA	6	33,361*	55,160**	41,472**	129,093**
Tratamentos	11	41,157**	51,293**	46,742**	88,609*
Resíduo (b)	27	9,748	12,299	6,167	29,967
Total	47				
C.V.(%) (a,b)		3,28	4,47	2,83	13,37
C.V.(%) (b)		3,31	3,88	2,7	13,76

Fator de Variação	Quadrado médio					
	G	CT	MST	IVE	VE	E
Umidade de colheita (UC) ¹	2	31,208**	6,461**	1,451*	0,235	70,333
Resíduo (a,b)	32	2,299	0,647	0,349	0,115	31,111
Parcelas	11					
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	145,348**	15,888**	12,676**	5,411**	477,889**
UC X TA	6	11,356**	3,999**	2,394**	0,175	70,889
Tratamentos	11	51,509**	7,689**	5,027**	1,614**	181,787**
Resíduo (b)	27	1,859	0,703	0,293	0,119	36,185
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		5,03	6,38	6,55	6,39	6,23
C.V.(%) (b)		4,52	6,65	6	6,51	6,71

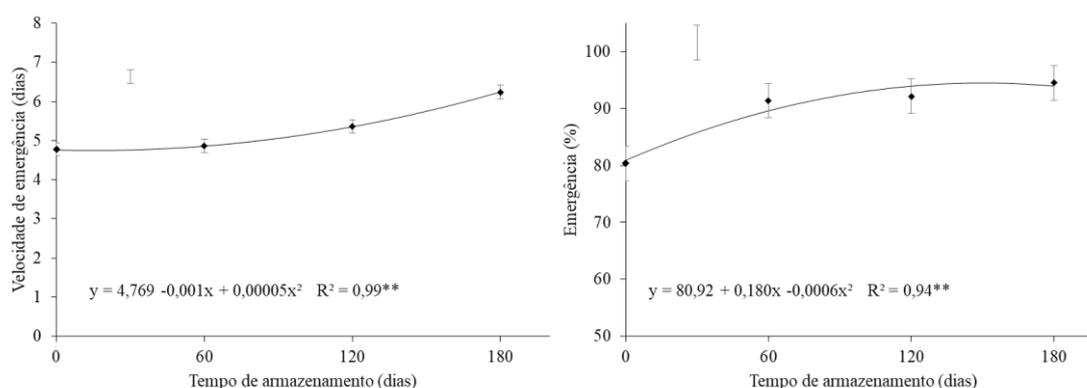
* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹Umidade de colheita (20±1%; 17±1% e 12±1%); ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Primeira contagem de germinação (PCG); Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Condutividade elétrica (CE); Comprimento total (CTO); Massa seca total (MST), Índice de velocidade de emergência (IVE); Velocidade de emergência (VE) e Emergência (E).

Plântulas de aveia-branca, apresentaram um aumento de 1,5 dias na velocidade de emergência em virtude do tempo de armazenamento, demorando mais tempo para atingir a porcentagem total de emergência (Figura 6A), comportamento que se assemelhou entre as cultivares de aveia-branca e aveia-preta (Figura 3B) testadas no experimento.

Figura 6 - Velocidade de emergência (A) e emergência (B) de plântulas, em razão do tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condições ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.

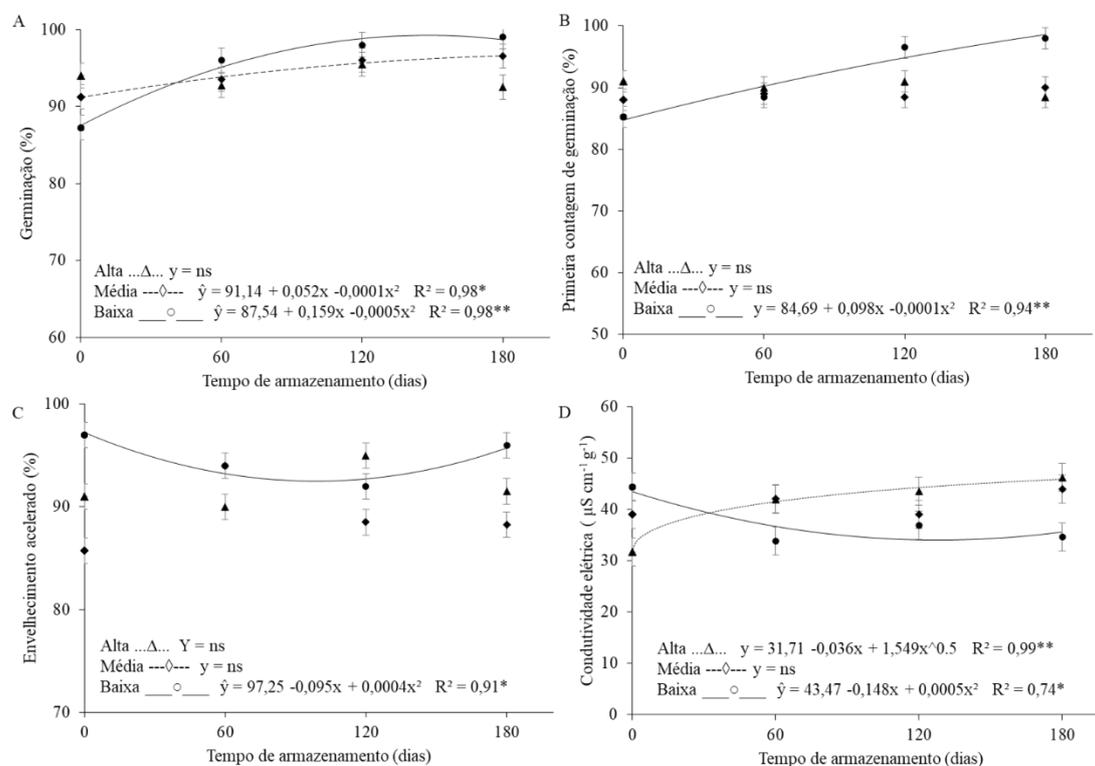


*Médias de umidade de colheita (20±1%; 17±1% e 12±1%); **Significativo através do teste F a 5% de probabilidade de erro.

Em contrapartida, mesmo as plântulas tendo demorado mais dias para a emergência, as sementes de aveia-branca apresentaram um aumento na porcentagem de emergência de plântulas ao longo do tempo de armazenamento das sementes (Figura 6B), comentado anteriormente este resultado pode ser devido à superação de dormência das sementes, quando sementes viáveis não germinam mesmo em condições ambientais favoráveis, em alguns casos a dormência é superada pelo simples armazenamento da semente por algum tempo, como 30 dias (RAMOS; ZANON, 1984; TAIZ et al., 2017)

Pelo desdobramento da interação dos fatores de variação para sementes de aveia-branca colhidas com umidade média e baixa é possível visualizar um aumento na porcentagem de plântulas normais desenvolvidas ao longo do tempo de armazenagem (Figura 7A). Comportamento semelhante foi encontrado por Nakagawa et al. (2004) e Scariot (2020), os quais verificaram aumento no percentual de germinação de sementes de aveia até 90 e 135 dias de armazenamento, respectivamente, sendo em seguida constatada redução nos valores.

Figura 7 - Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), envelhecimento acelerado (C) e condutividade elétrica (D) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condições ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Esse comportamento é característico de algumas espécies logo após a colheita, dentre elas a aveia-branca, em virtude do processo de dormência primária ou inata, o qual é geneticamente programado ainda na planta mãe em função de condições do ambiente. A superação da dormência pode ocorrer ao longo do tempo sob condições de baixo teor de água da semente, culminando no aumento da porcentagem de germinação no armazenamento (GRZYBOWSKI et al., 2015).

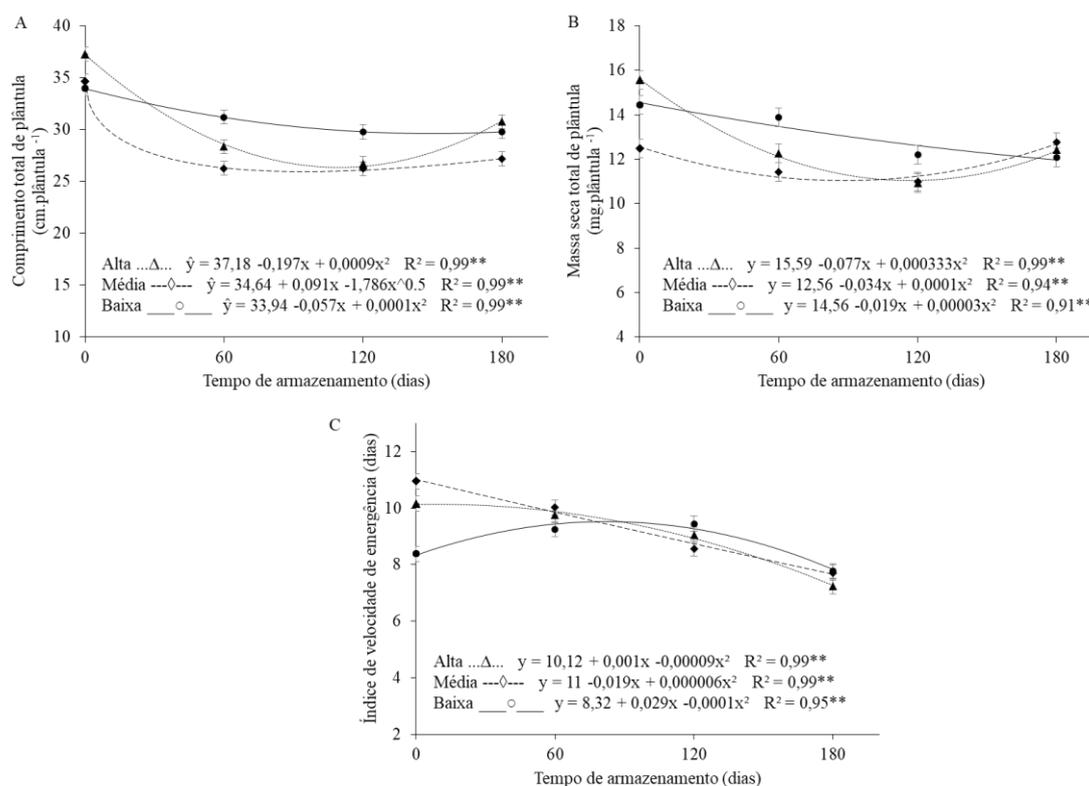
Comportamento similar pode ser visto por meio dos testes de vigor de primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado de sementes de aveia-branca colhidas com umidade baixa favoreceu o vigor de sementes ao longo do tempo de armazenamento. Para ambas as variáveis, as curvas de regressão para as umidades de

colheita alta e média, não se ajustaram a nenhum modelo estatístico testado (Figura 7B e 7C).

Pelo do teste de condutividade elétrica foi possível inferir que sementes de aveia-branca colhidas com umidade alta apresentaram degradação maior de membranas celulares em comparação com sementes colhidas com umidade baixa (Figura 7D).

Os resultados dos testes de comprimento e massa seca total de plântulas de aveia-branca mostraram tendências semelhantes, nos quais ambas as variáveis, para as três umidades de colheita apresentaram uma redução no vigor de sementes ao longo do tempo de armazenamento (Figura 8A e 8B).

Figura 8 - Comprimento total (A), massa seca total de plântula (B) e índice de velocidade de emergência (C) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Plântulas oriundas de sementes colhidas com umidade alta, aos zero e 180 dias de armazenamento, apresentaram os maiores comprimentos totais, o que também pode ser observado no tempo zero para a massa seca total de plântulas. O maior potencial de desenvolvimento e de armazenamento é alcançado na maturidade fisiológica das sementes, onde apresentam o máximo peso seco, caracterizando-se pela percentagem alta de umidade da semente (umidade da semente de aveia na MF).

Quanto ao vigor de sementes de aveia-branca, por meio do teste do índice de velocidade de emergência, sementes colhidas com umidade média apresentaram vigor maior logo após a colheita (Figura 8C). Ao longo do período de armazenamento as sementes colhidas com umidade média e alta apresentaram tendência de redução no vigor, ao contrário das sementes colhidas com baixa umidade, que aos 180 dias apresentaram valores de índice de velocidade de emergência semelhantes ao tempo zero.

3.4.2 Sementes de aveia armazenadas em condição hermética

3.4.2.1. Aveia-preta

Armazenadas em condições herméticas em vasilhame de polietileno, por 180 dias, sementes de aveia-preta apresentaram interação significativa entre umidade de colheita e tempo de armazenamento, para as variáveis primeira contagem de germinação, condutividade elétrica e emergência de plântulas. As variáveis envelhecimento acelerado, comprimento total de plântula, massa seca total e índice de velocidade de emergência apresentaram efeito significativo para os fatores de variação (umidade de colheita e tempo de armazenamento) de forma isolada. A variável analisada germinação apresentou efeito apenas para umidade de colheita, assim como velocidade de emergência que apresentou efeito significativo apenas para tempo de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância dos atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em função de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, armazenadas em condição hermética Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio				
	GL	G	PCG	EA	CE
Umidade de colheita (UC) ¹	2	740,771**	788,521**	887,771**	149,057**
Resíduo (a,b)	32	7,132	13,313	12,653	8,489
Parcelas	11				
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	6,354	17,965	73,139**	46,427**
UC X TA	6	11,188	43,882*	29,243	30,413**
Tratamentos	11	142,521**	172,203**	197,311**	56,352**
Resíduo (b)	27	6,965	16,243	12,190	8,048
Total	47				
C.V.(%) (a,b)		3,10	4,65	4,39	11,16
C.V.(%) (b)		3,06	5,14	4,31	10,87

Fator de Variação	Quadrado médio					
	GL	CT	MST	IVE	VE	E
Umidade de colheita (UC) ¹	2	7,984**	1,895**	2,033*	0,162	216,645**
Resíduo (a,b)	32	0,705	0,095	0,424	0,084	16,056
Parcelas	11					
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	34,550**	3,081**	8,449**	3,266**	274,500**
UC X TA	6	1,397	0,078	0,631	0,201	127,145**
Tratamentos	11	11,636**	1,227**	3,018**	1,029**	183,606**
Resíduo (b)	27	1,200	0,309	0,431	0,088	17,282
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		2,84	3,77	7,97	5,20	4,55
C.V.(%) (b)		3,70	6,79	8,04	5,31	4,72

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita (20±1%; 16±1% e 12±1%); ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo – RS.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Primeira contagem de germinação (PCG); Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Condutividade elétrica (CE); Comprimento total (CTO); Massa seca total (MST), Índice de velocidade de emergência (IVE); Velocidade de emergência (VE) e Emergência (E).

Sementes de aveia-preta colhidas com umidade alta apresentaram germinação e vigor avaliado pelo teste por envelhecimento acelerado superiores às sementes colhidas com média e baixa umidade (Tabela 4). As plântulas oriundas de sementes colhidas com umidade alta e média não detectaram diferença para comprimento total e massa seca total, apresentando maior vigor que sementes colhidas com umidade baixa.

Tabela 4 - Comparação de médias de atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em função de umidade de colheita, submetidas à condição de armazenamento hermético. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita ¹	G (%)	EA (%)	CT (cm. plântula ⁻¹)	MST (mg. plântula)	IVE (dias)
Alta	94,00 a	88,00 a	29,76 a	8,33 a	8,55 a
Média	84,00 b	82,00 b	30,20 a	8,43 a	8,11 ab
Baixa	80,00 c	73,00 c	28,82 b	7,79 b	7,84 b

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

¹Umidade de colheita alta $20 \pm 1\%$; média $16 \pm 1\%$ e baixa $12 \pm 1\%$;

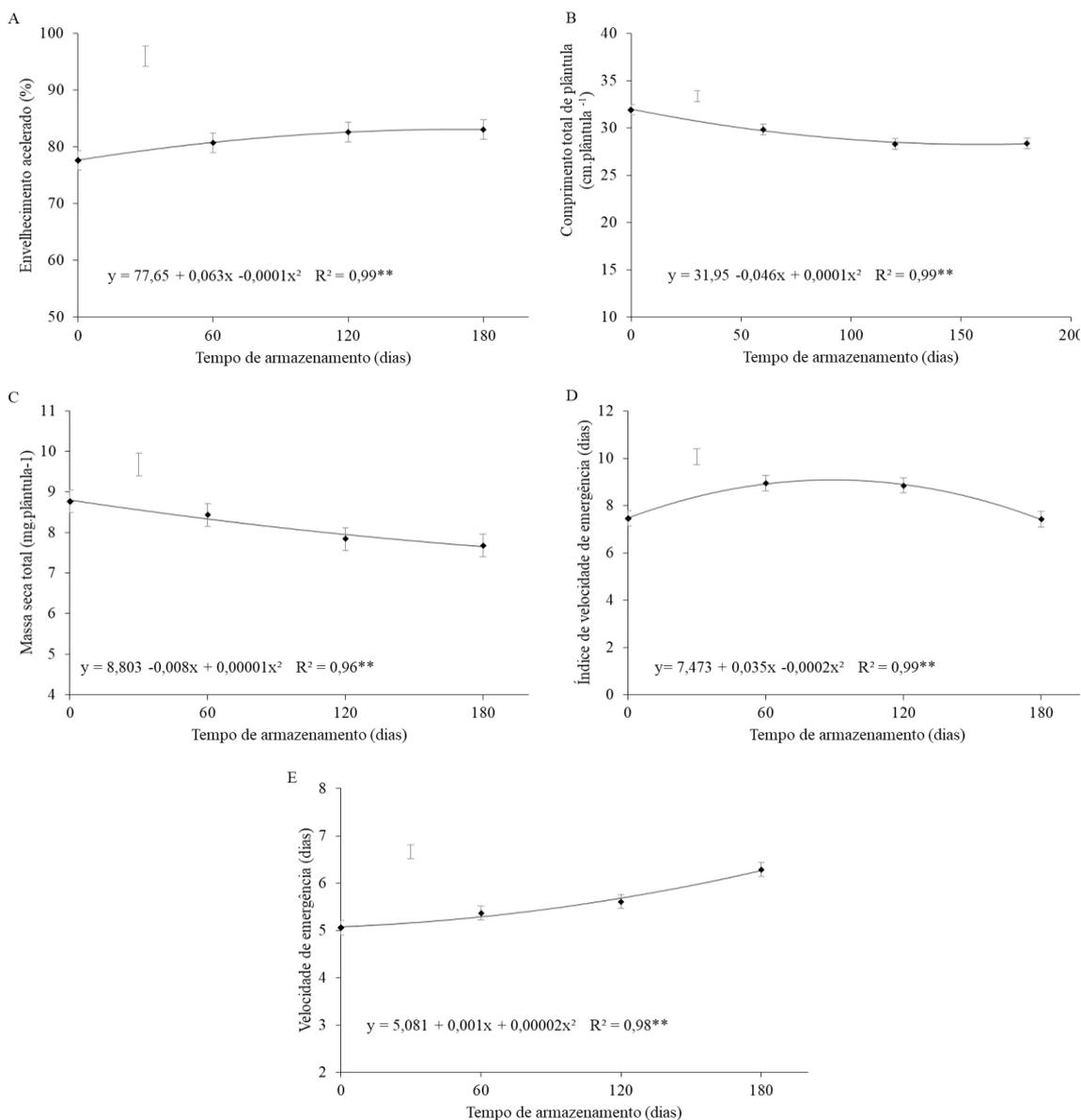
Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Comprimento total (CT); Massa seca total (MST) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE).

Quanto ao índice de velocidade de emergência de plântulas obtidas de sementes colhidas com umidade alta e média apresentaram índices maiores e, conseqüentemente, vigor maior de sementes, dessa forma, plântulas com emergência em menor período apresentam índice maior de vigor. Sementes de aveia-preta colhidas com umidade baixa, apresentaram índice menor de velocidade de emergência de plântulas (Tabela 4).

Existe uma relação direta entre velocidade de emergência e vigor de sementes: semente que emergir em um período menor apresenta vigor maior (NAKAGAWA, 1999). Quanto menor o valor obtido pela fórmula de velocidade de germinação ou emergência têm-se lotes de sementes com potencial fisiológico maior (EDMOND; DRAPALA 1958).

Ao analisar o vigor, apenas sob o efeito do tempo de armazenamento é possível visualizar que a porcentagem de plântulas normais de aveia-preta, determinada no teste de teste de envelhecimento acelerado aumentou ao longo do tempo de armazenamento (Figura 9A), processo esse, que pode ter sido desencadeado pela secagem artificial das sementes colhidas nas umidades alta e média.

Figura 9 - Envelhecimento acelerado (A), comprimento total de plântula (B), massa seca total (C), índice de velocidade de emergência (D) e velocidade de emergência (E) em razão de tempo de armazenamento de sementes de aveia- preta (*Avena strigosa*), em condições herméticas. Passo Fundo – RS, 2022



*Médias das umidades de colheita** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

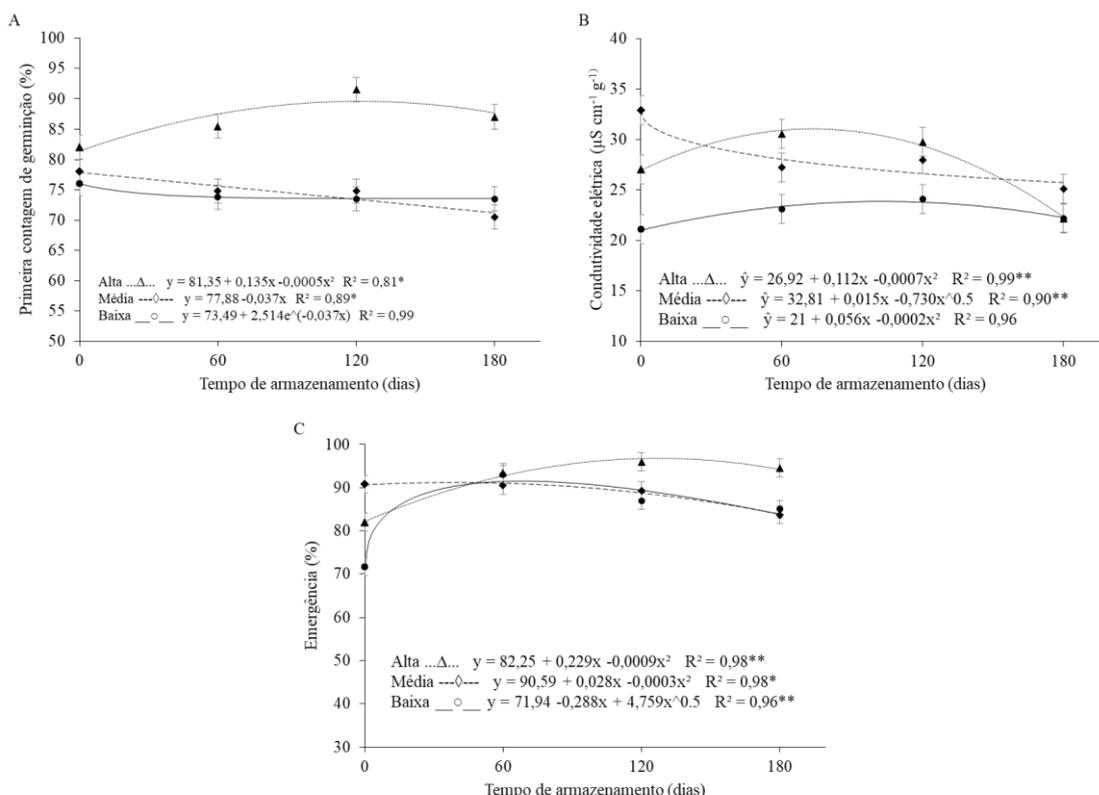
No sistema hermético, para as variáveis comprimento e massa seca total de plântulas de aveia-preta, pelas curvas de regressão (curvas de segundo grau) é possível

visualizar uma redução do vigor das plântulas ao passar do tempo de armazenamento das sementes (Figura 9B e 9C).

Plântulas de aveia-preta, originárias de sementes colhidas nas umidades testadas e armazenadas em sistema hermético, apresentaram índice de velocidade maior de emergência até os 120 dias de armazenamento. Após este período as plântulas demoraram mais dias para emergirem, o que ocasionou uma redução no índice de velocidade de emergência. Esse resultado corrobora com o observado na variável velocidade de emergência (Figuras 9D e 9E).

Sementes de aveia-preta colhidas com umidade média e baixa, armazenadas em condição hermética, apresentaram uma redução na porcentagem de plântulas normais no teste de primeira contagem de germinação, ao longo do tempo de armazenamento. Entretanto as sementes de aveia-preta colhidas com umidade alta apresentaram um aumento na porcentagem de plântulas normais com o passar do tempo de armazenamento (Figura 10A).

Figura 10 - Primeira contagem de germinação (A), condutividade elétrica (B) e emergência (C) em razão da umidade de colheita e do tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em condições herméticas. Passo Fundo – RS, 2022



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Para a variável condutividade elétrica, é possível constatar que sementes de aveia-preta colhidas com umidades alta e baixa tenham aumentado a degradação de membranas até 120 dias de armazenamento, o que não foi observado nas sementes colhidas com umidade média (Figura 10B).

Quando colhidas com umidade baixa, as sementes de aveia-preta que foram armazenadas em condição hermética apresentaram uma redução na emergência de plântulas em relação ao tempo zero, ocorrendo uma redução de 5% de emergência das plântulas (Figura 10C). Entretanto, sementes colhidas com umidade média e baixa apresentaram um aumento da porcentagem de emergência das plântulas, resultado este que pode estar relacionado com a superação de dormência das sementes ao longo do

tempo de armazenamento. Sementes colhidas mais úmidas permaneceram mais tempo em processo de secagem, enquanto sementes colhidas com umidade média e baixa permaneceram menos tempo ou não sofreram interferência de temperaturas elevadas logo após a colheita.

3.4.2.2. Aveia-branca

Na tabela 4 reporta-se o resumo da análise de variância para os atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca colhidas com diferentes umidades (alta, média e baixa) e armazenadas em condição hermética. É possível identificar que as variáveis de avaliação do vigor: envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, massa seca total, índice de velocidade de emergência e emergência apresentaram interação significativa para umidade de colheita e tempo de armazenamento. As variáveis comprimento total de plântulas e velocidade de emergência apresentaram efeito significativo de forma isolada para os fatores de variação estudados.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância de dados dos atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) em função de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição hermética. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio					
	GL	G	PCG	EA	CE	
Umidade de colheita (UC) ¹	2	9,52	22,27	64,77**	184,69**	
Resíduo (a,b) Parcelas	32	13,34	22,24	5,98	31,69	
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	20,55	62,07	22,27*	16,83	
UC X TA	6	22,74	42,82	38,96**	215,32**	
Tratamentos	11	19,74	44,33	39,10**	155,62**	
Resíduo (b)	27	22,01	26,66	6,62	30,05	
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		3,95	5,29	2,63	14,23	
C.V.(%) (b)		5,07	5,80	2,77	13,85	

Fator de Variação	Quadrado médio					
	GL	CT	MST	IVE	VE	E
Umidade de colheita (UC) ¹	2	21,78**	7,16**	4,13**	0,89**	133,08**
Resíduo (a,b) Parcelas	32	1,79	1,08	0,22	0,08	20,77
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	46,67**	9,78**	16,33**	4,73**	414,88**
UC X TA	6	3,44	3,06*	1,79**	0,06	88,63**
Tratamentos	11	18,56**	5,64**	6,18**	1,49**	185,69**
Resíduo (b)	27	1,90	1,16	0,24	0,09	22,64
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		4,14	8,02	5,41	5,29	5,13
C.V.(%) (b)		4,26	8,32	5,61	5,74	5,36

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 17±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Primeira contagem de germinação (PCG); Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Condutividade elétrica (CE); Comprimento total (CTO); Massa seca total (MST), Índice de velocidade de emergência (IVE); Velocidade de emergência (VE) e Emergência (E).

As variáveis comprimento total de plântulas e velocidade de emergência apresentaram efeito significativo de forma isolada para os fatores de variação estudados. Sementes de aveia-branca colhidas com alta umidade apresentaram vigor superior, avaliados pelos testes de comprimento total de plântulas e velocidade de emergência (Tabela 6). Plântulas oriundas de sementes colhidas com alta umidade, apresentaram

maior comprimento total de plântula e emergiram mais rápido se comparado com sementes colhidas com baixa umidade. A plântula que apresenta maior velocidade de emergência fica em vantagem em relação a outras no aproveitamento de água, luz, nutrientes. iniciando o processo fotossintético mais cedo, proporcionando melhor crescimento de parte aérea e sistema radicular (SCHUCH et al., 2000).

Tabela 6 - Comprimento total (CT) e velocidade de emergência (VE), em virtude da umidade de colheita de aveia-branca (*Avena sativa*) submetidas às condições de armazenamento hermético. Passo Fundo – RS, 2022.

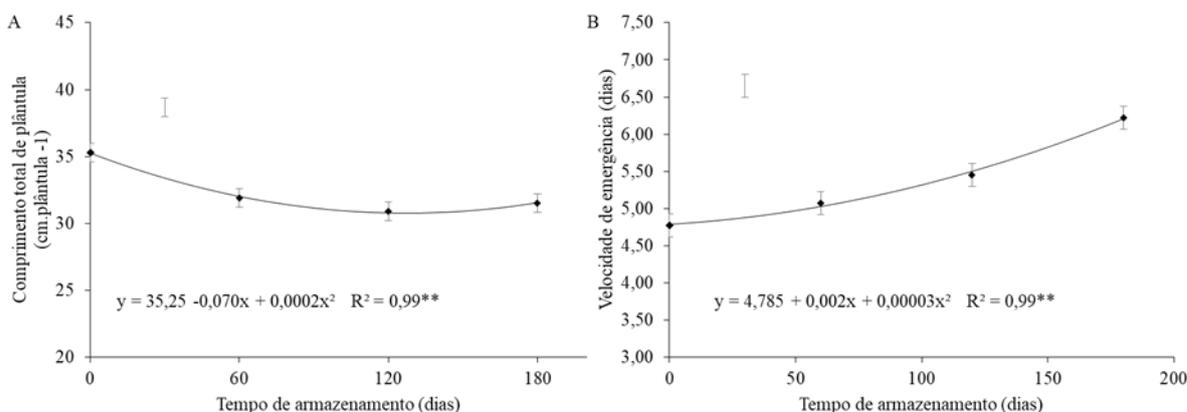
Umidade de colheita ²	CT (cm. plântula ⁻¹)	VE (dias)
Alta	33,67 a	5,23 b
Média	31,40 b	5,25 b
Baixa	32,09 b	5,65 a

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

²Umidade de colheita alta 20±1%; média 17±1% e baixa 12±1%.

Pelo armazenamento em condições herméticas de sementes de aveia-branca, é possível inferir por meio dos dados apresentados na Figura 11, que houve uma redução de vigor das sementes ao longo do armazenamento. As plântulas de aveia-branca apresentaram uma redução no seu tamanho total (Figura 11A) e um aumento no número de dias para a emergência (Figura 11B).

Figura 11 - Comprimento total de plântula (A) e velocidade de emergência (B) em função do tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condições herméticas. Passo Fundo – RS, 20



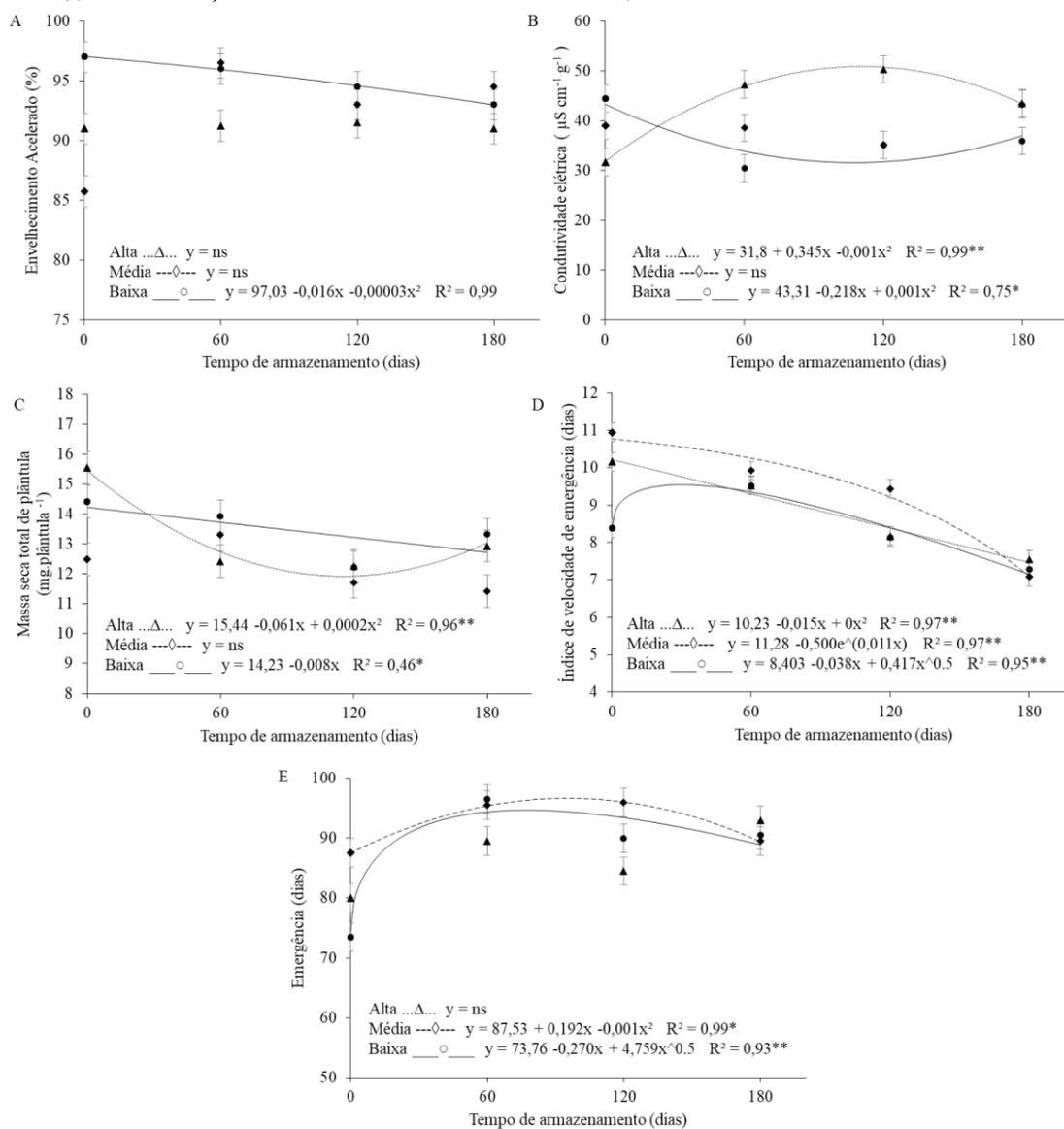
*Médias das umidades de colheita** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os resultados em função do tempo de armazenamento de sementes colhidas com diferentes umidades e armazenadas em condição hermética, para as variáveis comprimento total e velocidade de emergência, foram semelhantes para ambas as espécies testadas no experimento. Plântulas de aveia-preta (Figura 9B e 9E) e aveia-branca apresentaram uma redução no comprimento total e um aumento no número de dias para emergência de plântulas ao longo do tempo de armazenamento.

O teste de envelhecimento acelerado é uma ferramenta importante para avaliar o vigor de sementes, pois sementes com vigor baixo apresentam queda maior de sua viabilidade quando submetidas a condições de temperatura e umidade altas, enquanto sementes mais vigorosas, geralmente, retêm sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao envelhecimento (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Para a interação de umidade de colheita e tempo de armazenamento, apenas a curva de regressão referente a sementes de aveia-branca, colhidas com baixa umidade, se ajustou ao modelo para a variável envelhecimento acelerado (Figura 12A). Os dados apresentaram uma redução de vigor das sementes de aveia-branca ao longo do tempo de armazenamento, o mesmo comportamento pode ser observado para as variáveis comprimento total de plântula e índice de velocidade de emergência (Figura 12 C e D).

Figura 12 - Envelhecimento acelerado (A), condutividade elétrica (B), massa seca total de plântula (C) índice de velocidade de emergência (D) e emergência (E), em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Em relação à degradação de membranas celulares, avaliada pelo teste de condutividade elétrica, sementes de aveia-branca colhidas com umidade alta apresentaram maior degradação ao longo do tempo do que sementes colhidas com umidade baixa (Figura 12B).

Com comportamento semelhante a sementes de aveia-preta (Figura 10C), a emergência de plântulas resultantes de sementes de aveia-branca, colhidas com umidade média e baixa armazenadas em condição hermética, apresentou aumento ao longo do tempo de armazenamento (Figura 12E).

Sementes de aveia, colhidas com diferentes umidades e armazenadas em condição hermética não apresentaram variabilidade em relação às espécies testadas. Quanto aos testes de vigor analisados: comprimento total de plântulas, massa seca total de plântulas, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e emergência. Assim pode-se afirmar que o comportamento em relação às umidades de colheita e ao tempo de armazenamento foi muito semelhante entre sementes de aveia-preta e aveia-branca.

3.4.3 Sementes de aveia armazenadas em condição fria-seca

3.4.3.1. Aveia-preta

De acordo com o resumo de análise de variância, sementes de aveia-preta colhidas com diferentes umidades e armazenadas ao longo do tempo, em condição de frio, apresentaram interação significativa para os fatores de variação (umidade de colheita e tempo de armazenamento) para as variáveis primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, comprimento total de plântulas, massa seca total de plântulas e emergência (Tabela 6). Ao analisar os dados das variáveis germinação, envelhecimento acelerado e índice de velocidade de emergência, pela análise de variância as mesmas apresentaram efeito isolado para umidade de colheita e tempo de armazenamento.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os dados dos atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição frio-seco. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio				
	GL	G	PCG	EA	CE
Umidade de colheita (UC) ¹	2	712,750**	699,250**	1491,896*	100,610**
Resíduo (a,b) Parcelas	32	9,396	12,903	20,069	6,775
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	60,409**	33,250	85,639*	78,228**
UC X TA	6	8,389	70,083**	48,785	26,938**
Tratamentos	11	150,642**	174,432**	321,219**	54,321**
Resíduo (b)	27	7,877	11,769	21,977	7,403
Total	47				
C.V.(%) (a,b)		3,5	4,53	5,55	11,09
C.V.(%) (b)		3,2	4,32	5,81	11,59

Fator de Variação	Quadrado médio					
	GL	CT	MST	IVE	VE	E
Umidade de colheita (UC) ¹	2	10,841**	0,454	1,899*	0,187	305,687**
Resíduo (a,b) Parcelas	32	0,773	0,261	0,447	0,081	21,993
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	21,126**	2,678**	2,227**	3,079**	168,576**
UC X TA	6	2,292*	0,501*	0,821	0,107	163,743**
Tratamentos	11	8,983**	1,086**	1,400**	0,932**	190,869**
Resíduo (b)	27	0,860	0,191	0,439	0,059	19,317
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		2,90	6,25	8,72	4,98	5,53
C.V.(%) (b)		3,06	5,35	8,63	4,23	5,18

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹Umidade de colheita (20±1%; 16±1% e 12±1%); ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenadas: 11/2019 à 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Primeira contagem de germinação (PCG); Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Condutividade elétrica (CE); Comprimento total (CTO); Massa seca total (MST), Índice de velocidade de emergência (IVE); Velocidade de emergência (VE) e Emergência (E).

A germinação de sementes de aveia-preta, armazenadas em condição de frio-seco, apresentou diferença entre as três umidades de colheita. Sementes colhidas mais úmidas apresentaram germinação superior, diferindo de sementes de umidade de colheita média e baixa (Tabela 8). Importante destacar que, para as três umidades de colheita, a

germinação das sementes ficou acima do mínimo exigido para a comercialização de sementes certificadas dessa espécie, que é 80%.

Tabela 8 - Comparação de médias de atributos de qualidade fisiológica de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em função de umidade de colheita, submetidas à condição de armazenamento frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita	G ¹ (%)	EA (%)	IVE (dias)
Alta	95,00 a	90,00 a	8,07 a
Média	86,00 b	81,00 b	7,45 b
Baixa	82,00 c	71,00 c	7,50 a

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

¹Germinação (G); envelhecimento acelerado (EA) e índice de velocidade de emergência (IVE).

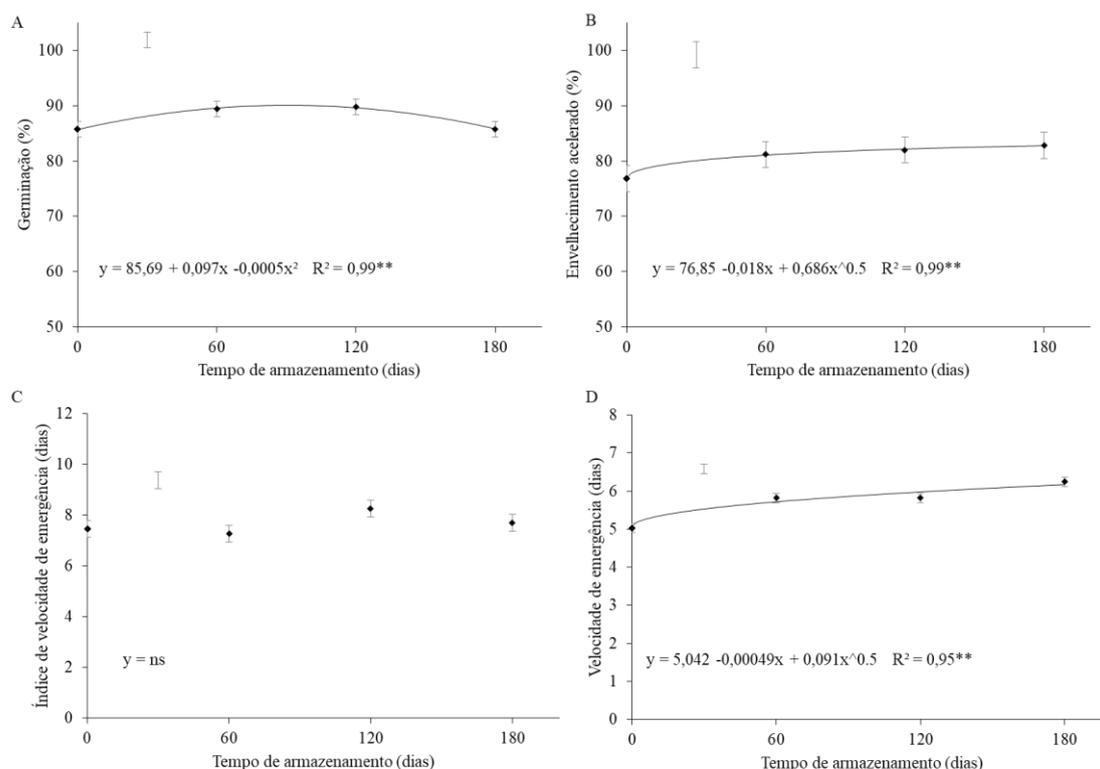
Umidade de colheita alta $20 \pm 1\%$; média $16 \pm 1\%$ e baixa $12 \pm 1\%$.

Médias de tempos de armazenamento

O retardamento da colheita reduziu o vigor das sementes. Este comportamento pode ser visualizado pelos dos testes do envelhecimento acelerado e do índice de velocidade de emergência (Tabela 8). Sementes de aveia-preta colhidas mais úmidas, mais próximo da maturidade fisiológica, apresentaram vigor maior, diferindo de sementes colhidas com umidade média e baixa. Quanto ao índice de velocidade de emergência, plântulas oriundas de sementes colhidas mais úmidas, levaram menos dias para emergirem, apresentando valores maiores do índice, portanto maior vigor.

Quando armazenadas em condição de frio, ao longo do tempo de armazenamento, as sementes de aveia-preta, colhidas com umidades diferentes, não sofreram uma redução na qualidade fisiológica das sementes. Para o efeito do tempo de armazenamento sob as sementes de aveia-preta, as mesmas mantiveram a porcentagem de plântulas normais do teste de germinação e do envelhecimento acelerado ao longo do tempo (Figura 13A e B).

Figura 13 - Germinação (A), envelhecimento acelerado (B), índice de velocidade de emergência (C) e velocidade de emergência (D), em razão de tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob condição de frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022

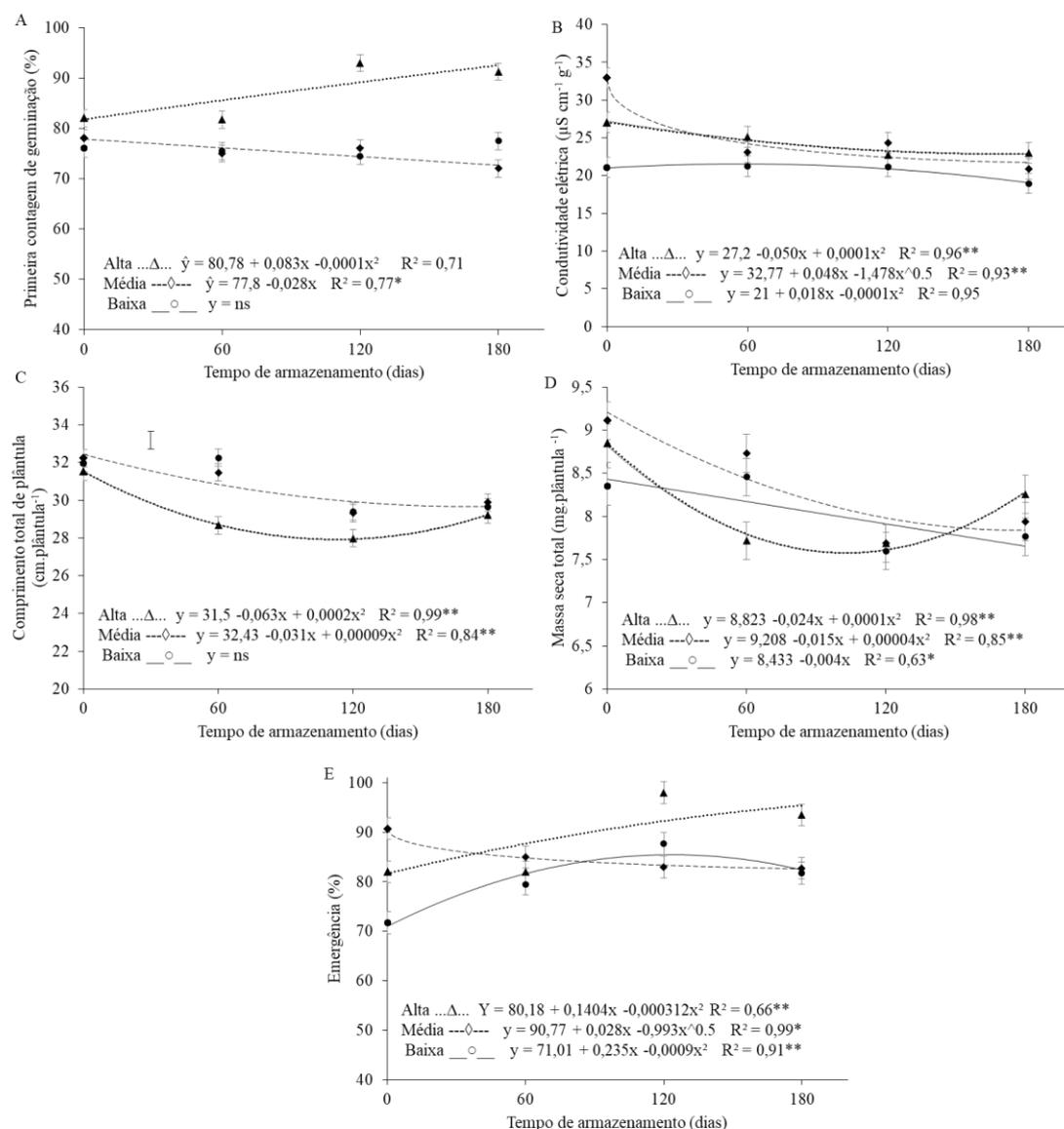


*Médias das unidades de colheita**Significativo através do teste F à 5% de probabilidade.

Para o índice de velocidade de emergência, nenhuma modelo de regressão apresentou efeito significativo para os dados apresentados (Figura 13C). As plântulas oriundas de sementes de aveia-preta, armazenadas sob condições de frio, apresentaram um aumento de 1,2 dias na emergência das plântulas ao final do período de armazenamento, levando assim mais dias para a emergência das plântulas (Figura 13D).

Sementes de aveia-preta colhidas com umidade alta apresentaram um aumento na expressão do vigor aos 180 dias de armazenamento, apresentando um vigor maior que sementes colhidas com umidade média (Figura 14 A). Sementes colhidas com umidade alta permaneceram mais tempo no processo de secagem se comparado com sementes que foram colhidas com umidade média, o que pode ter desencadeado processos fisiológicos que levaram à dormência secundária nas sementes. A temperatura é o principal fator do ambiente que causa alterações no estado de dormência das sementes.

Figura 14 - Primeira contagem de germinação (A), condutividade elétrica (B), comprimento total de plântulas (C), massa seca total de plântula (D) e emergência (E), em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Em virtude do armazenamento em condição frio-seco, as sementes colhidas com diferentes umidades não apresentaram uma variação nos dados da condutividade elétrica ao longo do tempo de armazenamento. A temperatura baixa durante o armazenamento contribuiu para a manutenção do vigor das sementes; o mesmo foi observado por Smaniotto

et al. (2014) com sementes de soja. Aos 180 dias, sementes colhidas com umidade alta apresentaram menor condutividade elétrica (Figura 14B).

Ao ser avaliado o vigor das sementes de aveia-preta pelos testes de desenvolvimento de plântula, para sementes colhidas com umidade alta as plântulas apresentaram uma redução no comprimento e na massa seca total até os 120 dias de armazenamento. Para as sementes foram colhidas com umidade média, as plântulas de aveia-preta apresentaram uma redução de vigor ao longo do tempo de armazenamento, o mesmo pode ser observado para a massa seca de plântulas oriundas de sementes de aveia-preta colhidas com baixa umidade (Figura 14C e D).

O resultado do teste de emergência de plântulas de aveia-preta se assemelha com o comportamento dos dados para a variável primeira contagem de germinação. Sementes colhidas com umidade alta e baixa apresentaram um aumento na expressão do vigor das sementes ao longo do tempo de armazenamento, o que pode também ser explicado pela superação da dormência das sementes com o tempo, o que não pode ser observado para sementes colhidas com umidade média, que reduziram o vigor em função do tempo de armazenamento (Figura 14E).

3.4.3.2. Aveia-branca

Para sementes de aveia-branca colhidas com diferentes umidades (alta, média e baixa) e armazenadas sob condição de frio, os dados da variável velocidade de emergência apresentaram efeito isolado para tempo de armazenamento. As demais variáveis testadas apresentaram efeito para a interação de umidade de colheita e tempo de armazenamento (Tabela 9).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância dos dados de qualidade fisiológica para sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em virtude de umidade de colheita para sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento, em condição frio-seco. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio				
	GL	G	PCG	EA	CE
Umidade de colheita (UC) ¹	2	20,583	0,011	79,562**	33,380
Resíduo (a,b)	32	10,729	0,004	4,493	21,176
Parcelas	11				
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	25,910	0,016**	60,354**	106,100*
UC X TA	6	50,806**	0,026**	41,729**	124,744**
Tratamentos	11	38,520**	0,021**	53,687**	103,047**
Resíduo (b)	27	11,118	0,003	3,826	24,187
Total	47				
C.V.(%) (a,b)		3,55	4,99	2,26	13,42
C.V.(%) (b)		3,62	4,26	2,09	14,34

Fator de Variação	Quadrado médio					
	GL	CTO	MST	IVE	VE	E
Umidade de colheita (UC) ¹	2	4,833	1,333	3,029**	0,377	102,583**
Resíduo (a,b)	32	1,874	1,031	0,182	0,137	17,528
Parcelas	11					
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	50,515**	7,535**	10,959**	4,235**	556,750**
UC X TA	6	5,625*	3,401**	1,714**	0,121	61,25*
Tratamentos	11	20,451**	4,153**	4,474**	1,289**	203,901**
Resíduo (b)	27	1,933	0,665	0,168	0,089	18,194
Total	47					
C.V.(%) (a,b)		4,27	7,82	4,97	6,71	4,73
C.V.(%) (b)		4,34	6,28	4,77	5,41	4,82

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

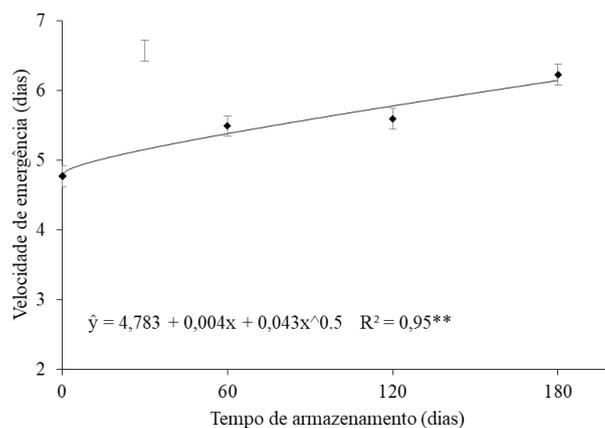
¹Umidade de colheita (20±1%; 17±1% e 12±1%); ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenadas: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Primeira contagem de germinação (PCG); Germinação (G); Envelhecimento acelerado (EA); Condutividade elétrica (CE); Comprimento total (CTO); Massa seca total (MST), Índice de velocidade de emergência (IVE); Velocidade de emergência (VE) e Emergência (E).

Da mesma forma que para sementes de aveia-preta (Figura 13D), as plântulas oriundas de sementes de aveia-branca, também aumentaram a sua velocidade de emergência com o passar do tempo de armazenamento, levando assim mais dias para a

emergência das plântulas (Figura 15), portanto indicando redução de vigor das sementes, expresso por uma equação linear crescente.

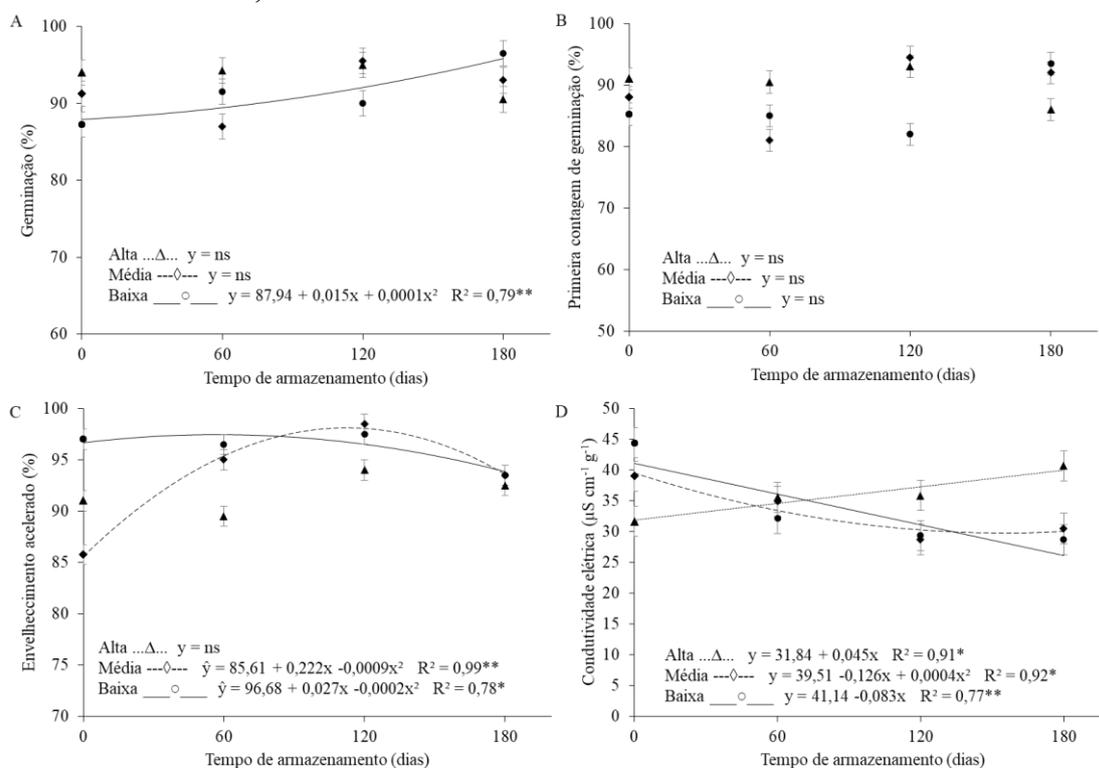
Figura 15 - Velocidade de emergência de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em virtude do tempo de armazenamento, em condição de frio-seco. Passo Fundo, 2022.



*Médias das unidades de colheita ** Significativo através do teste F a 5% de probabilidade.

A porcentagem inicial de germinação observada para todas as unidades de colheita de sementes de aveia-branca foram valores superiores a 80% (Figura 16 A), estes valores expressam uma característica importante, pois este é o valor mínimo para a comercialização de sementes de aveia-branca no Brasil.

Figura 16 - Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), envelhecimento acelerado (C) e condutividade elétrica (D) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Para o gráfico de regressão da variável germinação, apenas a curva de sementes colhidas com umidade baixa apresentou efeito significativo para os modelos testados, apresentando comportamento quadrático, com um aumento da germinação das sementes ao longo do tempo de armazenamento. Este resultado pode ser devido à dormência das sementes, a qual, no caso da aveia, é mais intensa logo após a colheita devido à presença de hormônios de inibição da germinação, como o ácido abscísico (ABA), sendo assim, a superação da dormência se dá ao longo do processo de armazenamento, o que ocasiona aumento na porcentagem de sementes germinadas (TUTTLE et al., 2015).

Resultados elevados de germinação não indicam, necessariamente, que os lotes possuem vigor alto, uma vez que o teste é conduzido em condições favoráveis, permitindo

ao lote expressar seu potencial máximo em gerar plântulas normais (MARCOS FILHO et al., 1999).

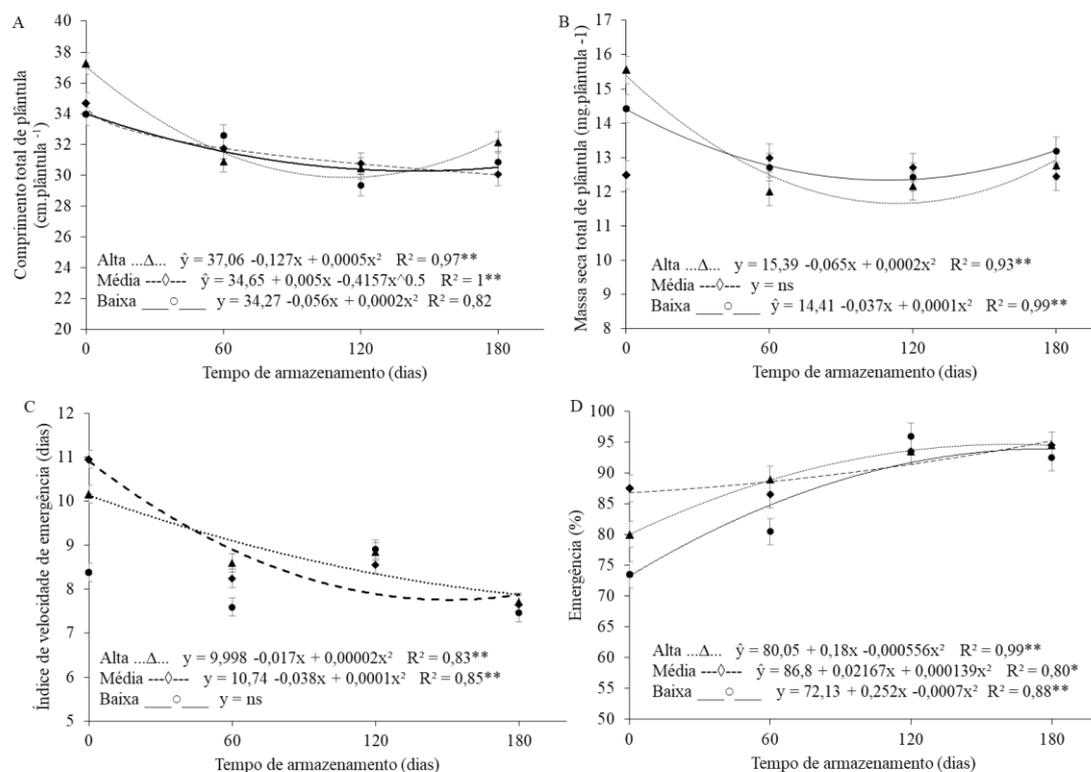
No teste de primeira contagem de germinação não houve efeito significativo para nenhuma curva de regressão testada, das diferentes umidades de colheita de sementes de aveia-branca (Figura 16B).

Verificou-se através do teste de envelhecimento acelerado que sementes colhidas com umidade média apresentaram um aumento de vigor ao longo do tempo de armazenamento, que pode ser devido à superação de dormência, mesmo as sementes tendo passado pelo processo de superação de dormência em todos os períodos de armazenamento (Figura 14C). Tunes et al. (2010) observaram um aumento de porcentagem de plântulas normais de cevada, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, até 120 dias de armazenamento em câmara fria e seca, formulando a hipótese de que estaria relacionada à superação de dormência. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Scariot et al., (2020) os quais verificaram aumento no vigor de sementes de aveia-preta, por meio do teste de envelhecimento acelerado, até 135 dias de armazenamento, sendo em seguida constatada redução dos valores, atribuindo este comportamento a dormência das sementes.

Quanto ao teste de condutividade elétrica, observou-se que sementes de aveia-branca colhidas com alta umidade apresentaram um crescimento linear na deterioração das sementes ao longo do tempo de armazenamento, mesmo sob condições de frio. Visto que sementes com altos teores de água iniciais e expostas à secagem tendem a apresentar maiores valores de condutividade elétrica em relação a sementes colhidas com teores de água mais baixos (Figura 14D).

Quando analisado as outras variáveis de vigor através dos gráficos de regressão, para sementes de aveia-branca, colhidas com diferentes umidades, é possível observar uma redução no vigor das sementes ao longo do tempo de armazenamento através das variáveis comprimento total, massa seca total e índice de velocidade de emergência (Figura 17A, B e C).

Figura 17 - Comprimento total de plântulas (A), massa seca total de plântula (B), índice de velocidade de emergência (C) e emergência (D) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Sementes de aveia-branca colhidas com alta umidade apresentaram maior comprimento e massa seca logo após a colheita, reduzindo seu vigor até 120 dias de armazenamento (Figura 17A e B).

Por mais que as sementes colhidas com alta e média umidade apresentaram uma redução no índice de velocidade de emergência, o que significa que demoraram mais dias para emergirem, as mesmas apresentaram um aumento na porcentagem de plântulas emergidas ao longo do tempo de armazenamento, assim como sementes colhidas com baixa umidade (Figura 17C e D).

Em relação as condições de armazenamento, ao longo do tempo de armazenamento, sob condição ambiente, sementes de aveia-preta colhidas com baixa umidade, reduziram drasticamente a porcentagem de plântulas normais, apresentando germinação abaixo do padrão mínimo para comercialização (80%) após o armazenamento de 180 dias. Isso não foi observado para sementes de aveia-preta armazenadas sob condição frio, a variação da porcentagem de germinação das sementes ao longo do tempo foi mínima, isso está atrelado principalmente à temperatura, que contribui na redução da atividade respiratória e no processo de deterioração (MARCOS FILHO, 2015).

A associação da condição ambiente com as diferentes umidades de colheita de sementes de aveia-preta contribuiu para a queda da porcentagem de germinação das sementes. Esses danos latentes são percebidos após o armazenamento, resultando em queda na germinação e vigor (BAUDET e VILLELA, 2019). O armazenamento pode influenciar diretamente na manutenção da qualidade das sementes (SCARIOTI et al., 2018).

A influência do ambiente de armazenamento na germinação de sementes já foi citada por diversos autores. Dias et al. (2016) afirmam que sementes de *Jatropha curcas* reduziram a germinação quando permaneceram em condições de laboratório ($23\pm 3^{\circ}\text{C}$ e $64\pm 11\%$ de UR), mas sustentaram quando em câmara fria ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 5\%$ de UR), sendo essa a condição mais adequada para armazená-las por 12 meses.

Para sementes de pimenta (*Capsicum* sp.) a qualidade fisiológica reduziu quando as sementes foram submetidas à secagem a 42°C e ao armazenamento por 8 meses (SILVA et al., 2018). A qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*), armazenadas por 18 meses, reduziu em condições não controladas de temperatura e umidade (ZUCARELI et al., 2015). Sementes de feijão azuki (*Vigna angularis*) reduziram a qualidade fisiológica quando armazenadas por seis meses a $25,4\pm 3^{\circ}\text{C}$ e $67,3\pm 3\%$ de UR, conferida pela germinação, o tamanho e a massa seca de plântulas (TAVARES et al., 2015).

O aumento do tempo de armazenamento também reduziu a qualidade de sementes de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) (CORADI et al., 2016). A mesma tendência, com decréscimo na germinação de sementes de pinhão-manso, foi observada ao longo de 270 dias, após secagem em estufa a 33 °C e ao sol (ZONTA et al., 2011), sendo atribuída ao dano latente devido à secagem lenta.

Sementes de aveia-preta e aveia-branca colhidas com umidade alta e média apresentaram melhor qualidade fisiológica logo após a colheita, assim como ao final do período de armazenamento. Sementes colhidas com umidade alta e armazenadas sob condições ambiente e hermética apresentaram aumento da condutividade elétrica com o passar do tempo de armazenamento.

O teste de condutividade elétrica se apresenta como uma opção para a avaliação do vigor e tem sido aplicado para diferenciação de lotes de sementes de várias espécies (MARCOS FILHO, 2015). No presente estudo, foi possível identificar o aumento na liberação de solutos, para alguns tratamentos imputados à semente na colheita no decorrer do armazenamento. Tal comportamento também foi observado por Scariot et al. (2018) em sementes de trigo, Vergara et al. (2018), em sementes de milho, Dias et al. (2016), em sementes de pinhão manso, Sarath et al. (2016) em sementes de amendoim e Smaniotto et al. (2014), em sementes de soja.

Para as variáveis de vigor é possível observar que sementes de aveia armazenadas sob condições de frio e hermético não sofreram tanta influência das condições ambientais, como as sementes armazenadas sob condição ambiente. Este fato pode estar relacionado à maior concentração de CO₂ na atmosfera interna deste sistema de armazenamento, o que reduz a respiração das sementes, desacelerando o processo de degradação, como comprovado nos estudos de Aguiar et al. (2015) em sementes de arroz, ao demonstrarem que as sementes armazenadas sob concentrações altas de CO₂ apresentaram porcentagem maior de germinação durante o armazenamento.

3.5 Conclusões

A umidade de colheita, influencia diretamente a qualidade fisiológica de sementes de aveia-preta e aveia-branca, assim como o tempo e as condições do armazenamento.

Logo após a colheita, as sementes de aveia-preta e de aveia-branca colhidas com $20\pm 1\%$ de umidade apresenta qualidade fisiológica superior às sementes colhidas com $12\pm 1\%$ de umidade. Ao longo do tempo de armazenamento, as sementes colhidas mais secas apresentam um acréscimo na expressão da qualidade fisiológica, porém aos 180 dias as sementes colhidas com $20\pm 1\%$ de umidade se destaca, demonstrando qualidade fisiológica superior em determinados processos da deterioração, em condições de armazenamento em ambiente, hermético e frio.

É possível realizar a retirada das sementes de aveia-preta e de aveia-branca do campo com umidade superior, seguida de secagem artificial, reduzindo assim a deterioração das sementes no campo, após a maturidade fisiológica.

O armazenamento em condições de frio-seco e hermético favoreceram a preservação da qualidade de sementes de aveia-preta e de aveia-branca ao longo do tempo de armazenamento.

4 CAPÍTULO II

Composição química de sementes de aveia-preta e aveia-branca em virtude do momento de colheita e do período de armazenamento.

4.1 Resumo

A colheita da aveia deve ser realizada o mais próximo possível da maturidade fisiológica das sementes. O retardamento da colheita contribui para a deterioração das sementes, causados por fatores genéticos, bióticos e abióticos do meio, procedimentos de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e de armazenamento. O objetivo do trabalho foi de avaliar o desempenho químico de sementes de aveia-preta e de aveia-branca em função de umidades distintas de colheita ao longo do armazenamento, sob diferentes condições. Para tal foram utilizadas sementes de aveia das cultivares AgroPlanalto (preta) e UPFA Ouro (branca) cultivadas no município de Passo Fundo – RS, colhidas em três faixas de umidade, consideradas alta ($20\pm 1\%$), média ($16\pm 1\%$) e baixa ($12\pm 1\%$) e armazenadas por 180 dias sob condição ambiente, hermética e fria. Havendo necessidade, antes do armazenamento, as sementes foram secadas em secador estacionário até que atingissem aproximadamente a umidade de $12\pm 1\%$. O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, avaliando em forma de experimentos isolados cada condição de armazenamento, disposto em esquema fatorial 3×4 (umidade de colheita \times tempo de armazenamento). Foram avaliadas as seguintes variáveis: conteúdo de proteína, umidade, gordura, fibra, cinzas, amido, atividade de água, pH e o *Falling Number* da farinha de sementes de aveia. Em virtude do tempo de armazenamento é possível concluir que as sementes sofreram alterações na umidade, aw e pH, o que sugere que estavam em condição para o desenvolvimento microbiano e conseqüentemente deterioração das sementes. Em relação a composição química das sementes, em razão da umidade de colheita não houve uma disparidade em relação as três faixas de umidade, nos três ambientes de armazenamento, sendo assim as sementes podem ser colhidas o mais próximo da maturidade fisiológica, secas e armazenadas. Com isso é possível inferir que o produtor poderá realizar a colheita antecipada, retirando as sementes do campo evitando assim que as mesmas fiquem expostas a fatores abióticos e bióticos do ambiente.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa*. 2. *Avena strigosa*. 3. NIRS. 4. Farinha.

4.2 Introdução

A produção nacional de aveia no último ano agrícola foi de 982.825 toneladas, sendo os estados do Rio Grande do Sul e Paraná os maiores produtores (IBGE, 2021). Além do aumento da disponibilidade interna, também houve melhoria na qualidade

industrial dos grãos produzidos em termos de aumento do peso do hectolitro, maior tamanho dos grãos e menor porcentagem de casca. A demanda tem crescido no Brasil, tanto para consumo humano quanto para ração animal. Com isso houve um aumento significativo no número de indústrias de processamento de aveia no Brasil (GUTKOSKI, 2000).

A colheita da aveia deve ser realizada o mais próximo possível da maturidade fisiológica das sementes. O retardamento da colheita contribui para a deterioração das sementes, pois equivale a armazená-las a campo, em condições muitas vezes desfavoráveis, expondo-as por um maior período a estresses ambientais e aos agentes patogênicos (ELIAS, 2002). A colheita retardada determina ainda a redução na qualidade fisiológica e química das sementes, com a conseqüente depreciação industrial. Se por um lado a colheita antecipada mantém a qualidade do produto, por outro requer secagem artificial para que a qualidade seja mantida durante o armazenamento.

Condições de armazenamento seguras permitem a preservação de características fisiológicas e qualitativas de sementes recentemente colhidas por um longo período, podendo evitar que ocorra uma significativa deterioração (FLEURAT-LESSARD, 2002).

O armazenamento hermético de sementes secas é baseado na redução do oxigênio disponível no ecossistema de armazenamento a concentrações letais ou limitantes para os organismos vivos associados, podendo essa redução ser obtida diretamente por meio do processo respiratório dos grãos e organismos existentes (ELIAS, 2002). No armazenamento convencional, são utilizadas, na quase totalidade, estruturas como armazéns e/ou depósitos de construção simples, de alvenaria, com o acondicionamento de sementes em sacarias de polietileno, isso pela grande maioria de produtores rurais que salvam suas sementes. Para produtores de sementes certificadas, as sementes são armazenadas em sacos de papel multifoliado, tendo uma maior proteção em virtude das variações de temperatura e umidade do ambiente.

A armazenagem de sementes de aveia é um procedimento crítico nas operações de pós-colheita e quando não realizada adequadamente pode provocar alterações

significativas na qualidade tecnológica de sementes. O vigor de sementes e a deterioração estão fisiologicamente ligados, de modo que o vigor diminui à medida que a deterioração aumenta. Então, deterioração é o processo de envelhecimento e morte da semente, enquanto vigor é o principal componente da qualidade afetado pelo processo da deterioração (DELOUCHE, 2002).

Os efeitos da deterioração são causados por fatores genéticos, bióticos e abióticos do meio, procedimentos de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e de armazenamento (VILLELA; PERES 2004). Assim, combinações de temperatura, umidade e período de armazenamento podem promover a deterioração das sementes (ELLIS; ROBERTS 1980). O processo de deterioração é inevitável, mas pode ser retardado dependendo das condições de armazenamento e das características da semente (CARDOSO et al. 2012).

Em relação à composição química das sementes, entende-se que ela é determinada fundamentalmente por fatores genéticos, e varia entre as diferentes espécies e entre cultivares de uma mesma espécie (BAUDET, 2012). A composição química das sementes apresenta a mesma variação qualitativa de componentes encontrada em outros órgãos da planta. Observa-se, porém, variações quantitativas acentuadas em relação aos principais constituintes das plantas; por exemplo, as sementes possuem teores mais elevados de proteínas e de lipídios. As sementes de gramíneas são particularmente ricas em carboidratos, enquanto as leguminosas exibem variações no teor de óleo e de carboidratos, mas, geralmente, apresentam teores elevados de proteínas (MARCOS FILHO, 2015).

Não obstante os avanços tecnológicos verificados, o armazenamento de aveia necessita de atenção especial, pelo fato de este grão ter forte tendência à rancidez, principalmente pela ação das enzimas lipases, produtoras de ácidos graxos livres, que por serem de natureza insaturada, são facilmente oxidados a hidroperóxidos, que em reações posteriores, se transformam em uma grande variedade de compostos de baixo peso molecular, que conferem ao produto aroma e sabor desagradáveis (GUTKOSKI; EL-DASH, 1999).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a composição química de sementes de aveia-branca e aveia-preta é alterada pela associação entre umidades de colheita e tempo de armazenamento.

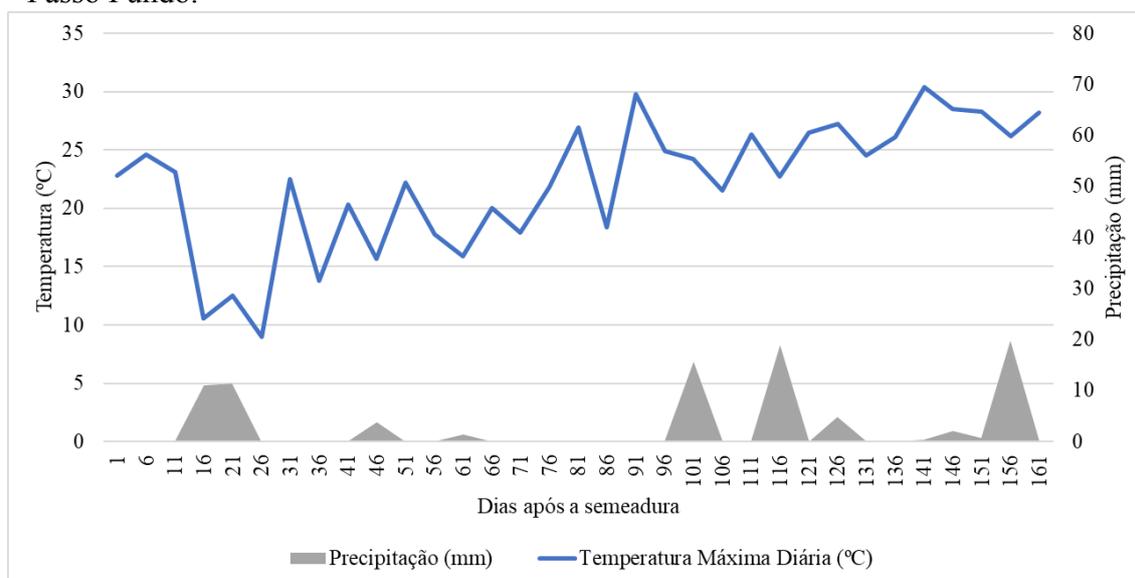
4.3 Material e Métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.) da cultivar UPFA Ouro, apresentando um ciclo de médio a tardio, sendo a mesma recomendada pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (LÂNGARO et al., 2021). Foram utilizadas também sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Scherb) da cultivar Agro Planalto, que apresenta um ciclo precoce. Os estudos foram conduzidos em um primeiro momento no campo e posteriormente, em laboratório.

Na primeira etapa, a produção das sementes utilizadas no experimento se deu na Universidade de Passo Fundo, localizada no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, latitude 28°13' S, longitude de 52°23' W e altitude de 684 m. As sementes foram semeadas no dia 11 de junho de 2019 sob delineamento de faixas. A população de plantas utilizada foi de 300 plantas por metro quadrado, com espaçamento de 17 cm entre linhas. Durante a condução do experimento, foram seguidos os manejos fitossanitários indicados para a cultura da aveia.

Passo Fundo está localizada na zona climática fundamental temperada, apresentando clima do tipo fundamental úmido e variedade específica subtropical. Deste modo de acordo com a classificação climática de Köppen o clima local é descrito como subtropical úmido de verões quentes (Cfa), com chuvas bem distribuídas durante o ano e variação térmica ampla durante o ano. Quanto ao volume pluviométrico, normalmente o fica próximo a 2066 mm anuais, com ocorrência e precipitações maiores no inverno. A precipitação pluvial que ocorreu no período experimental em campo pode ser observada na Figura 18.

Figura 18 - Parâmetros agroclimáticos do ano agrícola de 2019 na Universidade de Passo Fundo.



Fonte: Power Nasa, 2022.

A colheita foi realizada com máquina colhedora de parcelas da marca Wintersteiger. Foram realizadas as colheitas de três repetições em campo, eliminando o fator bordadura, com o resguardo de amostras de 3kg, que foram homogeneizadas e transformadas em amostras compostas de 1,5kg, reduzidas posteriormente a amostras de trabalho de 1kg. Para ambas as espécies, as colheitas foram realizadas aos 149, 156 e 161 dias após a semeadura. A colheita foi realizada quando as sementes atingiram pela primeira vez as umidades, sendo as mesmas dentro das faixas de $20 \pm 1\%$ (alta); $17 \pm 1\%$ (média) e $12 \pm 1\%$ (baixa) para a aveia-branca e 20 ± 1 (alta), 16 ± 1 (média) e 12 ± 1 (baixa) para a aveia-preta; posteriormente a colheita as sementes colhidas mais úmidas, foram secadas em secador estacionário com o ar a 45°C , até a umidade de $12 \pm 2\%$. A temperatura da massa de sementes foi mantida em até 40°C durante a secagem.

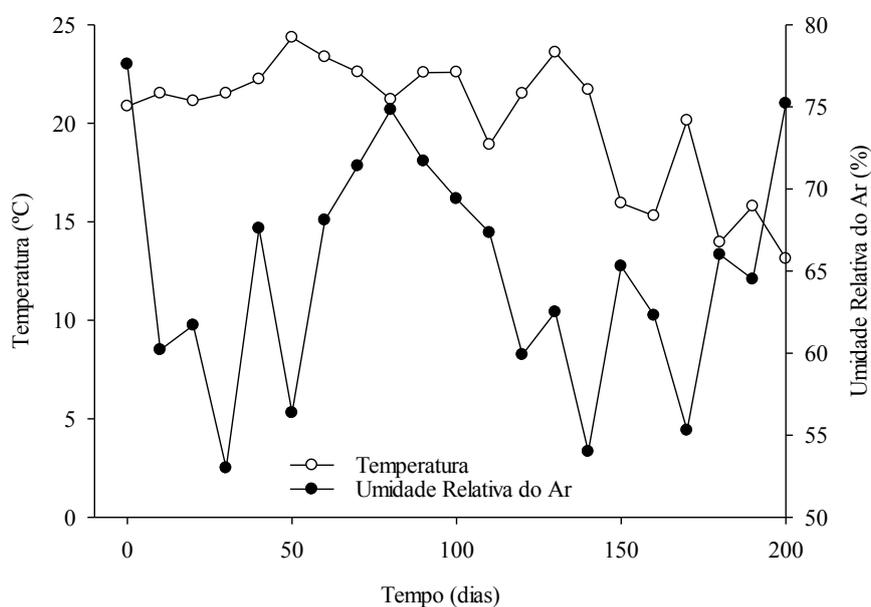
Após a secagem as sementes foram armazenadas em três condições, sendo elas ambiente, frio-seco e hermético. Para a condição ambiente o objetivo foi simular uma prática ainda adotada por produtores rurais, que guardam a semente colhida no ano para fazer a semeadura da lavoura no próximo ano, ou seja, “salva” a semente, o que é amparado pela lei. Lei nº 10711 de 5 de agosto de 2003, entretanto, as condições em que as sementes são armazenadas, nem sempre proporcionam o controle de temperatura e

umidade. Para a execução desta prática, as sementes ficaram armazenadas em uma sala de alvenaria, embaladas em sacos de papel *kraft* com capacidade para 5 kg (40x60cm), submetidas a variações de temperatura e umidade do ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

Para as condições de armazenamento no frio-seco, foram utilizadas embalagens de papel *kraft*, com capacidade para 5 kg (40x60cm), e armazenadas em condições ambientais de câmara fria-seca (10°C e 25% de UR). No ambiente hermético as sementes foram armazenadas dentro de embalagem de polietileno de densidade alta, com capacidade para 1 litro e mantidas em condições de ambiente em uma sala de alvenaria, submetidas a variações de temperatura e umidade do ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

Durante o período de armazenagem das sementes, a temperatura média foi de 20,2°C, variando entre 13 e 23°C, durante os 180 dias de armazenamento. A partir dos 140 dias de armazenamento, aproximadamente, ocorreu queda na temperatura em virtude do início da estação de inverno, implicando na amplitude térmica do armazenamento. Já a umidade relativa do ar variou entre 53 e 75%, obtendo-se média de 64,9%. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar, registrados durante o período de armazenamento, estão apresentados na Figura 2.

Figura 19 - Temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento de sementes de aveia-branca, cultivar UPFA Ouro, em condições ambiente e hermético. Valores médios diários. Dados de novembro de 2019 a junho de 2020.



Fonte: Estação meteorológica Embrapa Trigo

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar, foram coletados da estação meteorológica da Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, estação 83914 – Passo Fundo.

As condições de armazenamento foram organizadas de forma isolada, em um arranjo onde cada condição foi considerada um experimento individual. A composição química foi avaliada aos zero, 60, 120 e 180 dias de armazenamento. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em parcela subdividida, em esquema bifatorial 3x4, que corresponde às três umidades de colheita e quatro períodos de armazenamento para cada condição.

As análises, para avaliação da composição química de sementes, foram realizadas no Centro de Pesquisa em Alimentação (Cepa) da Universidade de Passo Fundo. Os caracteres correspondentes à composição química de grãos de aveia-branca e aveia-preta avaliados foram: conteúdo de proteína, umidade, gordura, fibra, cinzas, amido, atividade de água, pH e número de queda ou “*Falling number*”.

Para atender aos métodos das variáveis analisadas, as amostras de sementes foram descascadas em quantidade suficiente para totalizar 7g de material moído para cada tratamento. As sementes foram moídas em moinho tipo Willey (Marconi, Piracicaba, Brasil), com peneira de 0,5 mm de abertura.

Para as análises de conteúdo de proteína, umidade, gordura, fibra, cinzas e amido da farinha de sementes de aveia, foi adotada a técnica de espectrofotometria de refletância no infravermelho proximal (NIRS), marca Perstorp Analytical, modelo 5000 (Maryland, EUA), a qual tem sido utilizada por várias áreas da ciência, permitindo estimar quantitativamente a composição química de cereais (MARTEN et al., 1985). As curvas de calibração, para a determinação de caracteres de composição química de aveia no NIRS, foram construídas pelo Laboratório de Físico-Química do Cepa, com o emprego do programa “*New Infra soft International Software*” (ISI, 1996), pela análise de 100 amostras de aveia branca, de acordo com as metodologias recomendadas pela AOAC (1997) e AACC (1999). As leituras no NIRS foram realizadas com quatro repetições e a média dos resultados expressos em g 100 g⁻¹, em base seca.

A atividade de água (a_w) foi determinada a 22±2°C em equipamento de laboratório (650, Tetso, Alemanha) de leitura direta. As análises foram realizadas em duplicata.

O pH foi verificado através da leitura direta em medidos de pH de bancada (AJX – 512 pH-metro, Ajmicronal) previamente calibrado, em uma mistura decorrente da homogeneização de 5 g de farinha com 50mL de água destilada por 30 minutos. As análises foram realizadas em duplicata.

Os dados de “número de queda” (*Falling number*) foram realizados de acordo com a AACC (1995), método número 56-81B, pela utilização do aparelho *Falling Number* (Perten Instruments, Suíça), realizado em duplicata e os resultados expressos em segundos. O método do “*Falling Number*” mede a liquefação do amido gelificado de uma suspensão da farinha que é aquecida em banho de água fervente. A alfa-amilase liquefaz o amido gelificado, de acordo com a atividade que possui. O número de queda ou o valor de “*Falling Number*” é obtido por meio da medida do tempo de queda de um bastão dentro

de uma solução de farinha. Se o bastão cai rapidamente, em um tempo que fica inferior a 260 segundos, a farinha tem alta atividade diastática, em um tempo que fica superior de 300 segundos, a farinha possui baixa atividade diastática e o meio termo, entre 260 e 300 segundos, é a faixa mediana de atividade diastática.

Após a tabulação de dados obtidos, as médias foram submetidas ao teste de normalidade, havendo necessidade foram transformadas. Posteriormente, foram submetidas à análise de variância, e nos modelos significativos pelo teste F empregado a comparação de médias por meio do teste Tukey, em nível de 5 % de significância, de cada um dos parâmetros avaliados. Para os dados quantitativos foram realizadas análises de regressão, por meio do programa estatístico Speed Stat2.5 (CARVALHO et al., 2020).

4.4 Resultados e Discussão

Na pesquisa foram avaliadas sementes de aveia-branca UPFA Ouro e aveia-preta AgroPlanalto colhidas em três faixas de umidades (alta - $20 \pm 1\%$, média - $16 \pm 1\%$ e baixa - $12 \pm 1\%$), sendo as duas primeiras foram secas até $12 \pm 2\%$ e armazenadas até 180 dias. O armazenamento foi subdividido em três condições: ambiente, hermético e frio, aonde cada uma corresponde a um experimento isolado. As variáveis avaliadas foram de caracteres químicos em razão dos fatores de variação, as três faixas de umidade ao longo do tempo de armazenamento, em cada condição considerada. Os resultados foram subdivididos em virtude das condições de armazenamento citadas, as quais as sementes de aveia-branca e aveia-preta foram submetidas.

4.4.1 Sementes de aveia armazenadas em condição ambiente

4.4.1.1. Aveia-preta

De acordo com o resumo da análise de variância, sementes de aveia-preta colhidas com diferentes umidades e armazenadas em condições ambiente, apresentaram efeito significativo de forma isolada para os fatores de variação (umidade de colheita e tempo de armazenamento) para as variáveis cinzas, pH e número de queda (Tabela 10). As

variáveis proteína, umidade, gordura, fibra, amido e atividade de água apresentaram efeito significativo para a interação entre umidade de colheita e tempo de armazenamento.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para dados de composição química de sementes de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição ambiente. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio						
	GL	PT	UMD	GD	FB	CZ	AD
Umidade de colheita (UC) ¹	2	0,99**	0,14**	0,10**	0,05**	0,02*	11,88**
Resíduo (a,b)	32	0,04	0,02	0,01	0,01	0,005	0,30
Parcelas	11						
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	1,94**	5,21**	0,80**	0,40**	0,09**	74,38**
UC X TA	6	0,29**	0,25**	0,09**	0,06**	0,007	2,40**
Tratamentos	11	0,86**	1,58**	0,28**	0,15*	0,03**	23,75**
Resíduo (b)	27	0,04	0,02	0,02	0,02	0,005	0,33
Total	47						
CV (%) (a,b)		1,44	1,28	3,58	3,75	2,59	1,14
CV (%) (b)		1,47	1,18	3,65	3,97	2,61	1,21

Fator de Variação	Quadrado médio			
	GL	Aw	pH	Número de queda
Umidade de colheita (UC) ¹	2	1,856E-03**	1,22E-02**	94,04
Resíduo (a,b)	10	4,771E-05	8,33E-04	151,46
Parcelas	5			
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	2,002E-02**	1,00E-01**	2018,597**
UC X TA	6	3,641E-04**	1,39E-03	235,76
Tratamentos	11	5,995E-03**	3,03E-02**	696,223*
Resíduo (b)	9	5,160E-05	7,86E-04	145,49
Total	23			
CV (%) (a,b)		0,42	0,44	4,35
CV (%) (b)		0,47	0,43	4,27

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 16±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Proteína (PT); Umidade (UMD); Gordura (GD); Fibra (FB); Cinza (CZ); Amido (AD); Atividade de água (Aw).

As quantidades de minerais nas farinhas de sementes de aveia-preta armazenadas sob condição ambiente, determinadas pela análise de cinzas diferiram. As sementes colhidas com umidade média e baixa apresentaram médias maiores de cinza, diferindo de sementes colhidas com umidade alta (Tabela 11).

Verificou-se que o pH da farinha oriunda de sementes de aveia-preta armazenadas em condições ambiente ficou entre 6,0 e 7,0, dentro da faixa de pH em que mofo e leveduras se multiplicam com facilidade (SIQUEIRA, 1995), variação significativa observada somente entre sementes colhidas com média e baixa umidade (Tabela 11).

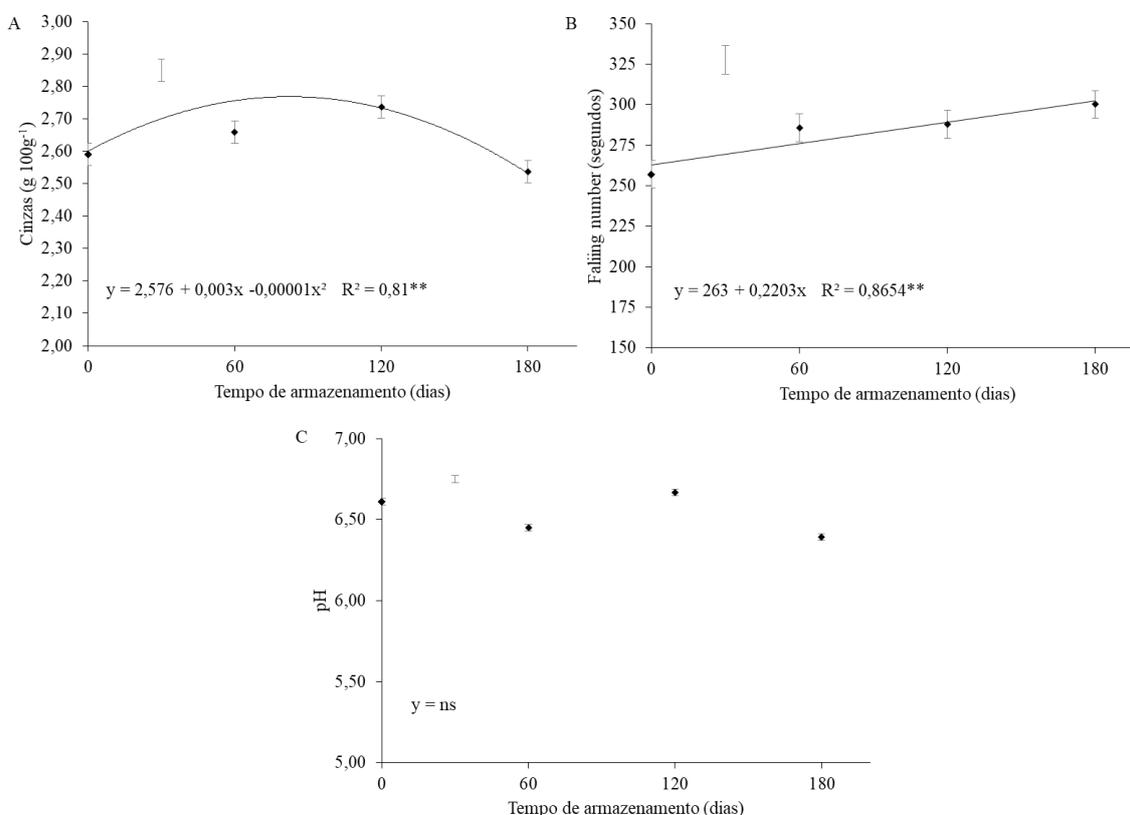
Tabela 11 - Cinzas e pH em virtude da umidade de colheita de aveia-preta (*Avena strigosa*) submetidas as condições de armazenamento ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita (%)	Cinzas (g 100g ⁻¹)	pH
Alta	2,59 b	6,52 ab
Média	2,65 a	6,58 a
Baixa	2,66 a	6,50 b

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Umidade de colheita alta 20±1%; média 16±1% e baixa 12±1%. Médias de tempos de armazenamento

Avaliando-se os dados de cinzas de sementes de aveia-preta armazenadas em condição ambiente, é possível visualizar uma variação de tendência quadrática no teor ao longo do tempo com um aumento até os 120 dias de armazenamento, seguido de uma tendência de redução ao final do experimento (Figura 20A).

Figura 20 - Cinzas (A), número de queda (B) e pH (C) em razão de tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022



*Médias de umidade de colheita (20±1%; 16±1% e 12±1%) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

O número de queda, avalia o efeito da atividade da alfa-amilase, bem como fornece informações sobre as propriedades viscoelásticas do amido gelatinizado de uma suspensão farinácea no processo de aquecimento. A estrutura do amido de grãos de trigo danificados torna-se mais suscetível à ação de amilases, tendo como consequência uma diminuição do poder de gelatinização do amido durante o aquecimento (AL-MAHANESH; RABABEH, 2007; XU et al., 2007).

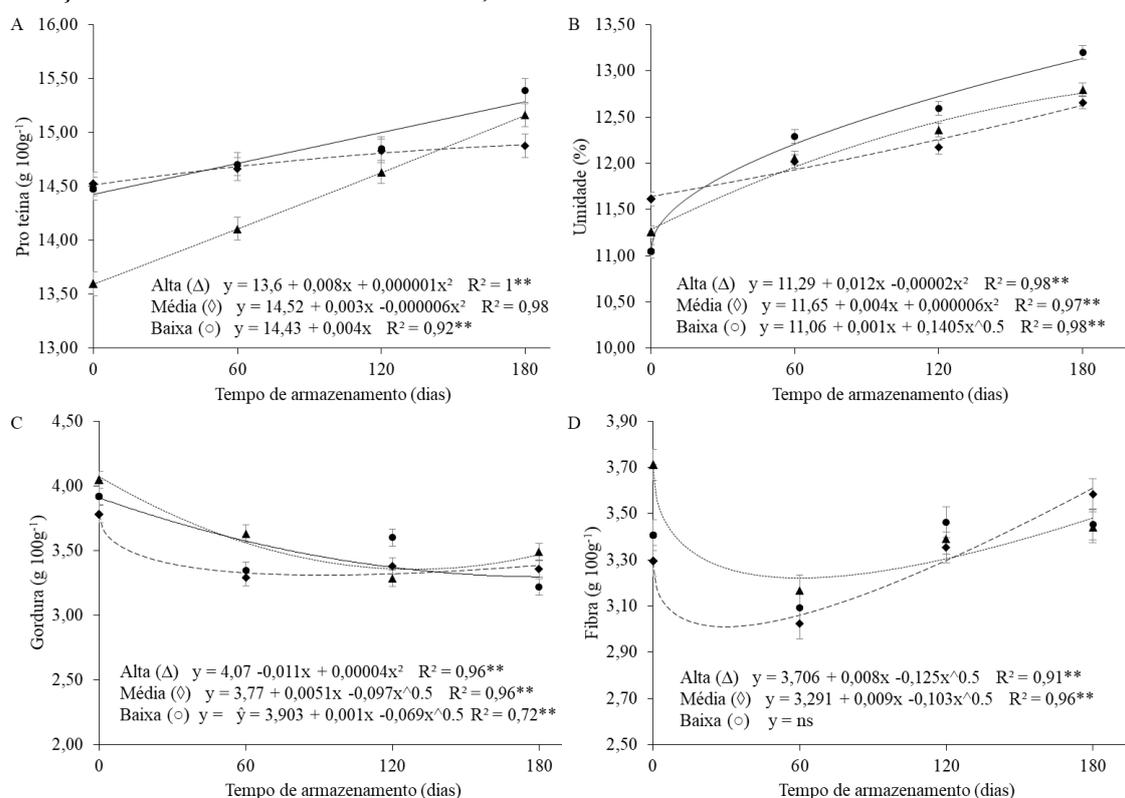
O teste do número de queda estima de forma indireta a concentração da enzima alfa-amilase presente na farinha. Ao longo do tempo de armazenamento a farinha oriunda de sementes de aveia-preta armazenadas em condições ambiente, apresentou um aumento de tendência linear no tempo do número de queda (Figura 20B). Sendo assim apresentou

uma redução no teor de enzimas hidrolíticas, pois quanto maior o tempo, menor o teor da enzima alfa-amilase, que dificulta a digestão do amido, das gorduras e proteínas.

O pH da solução contendo farinha de sementes de aveia-preta colhidas com diferentes umidades não apresentou variação em razão da umidade de colheita e condição de armazenamento. Porém foi possível visualizar o comportamento em virtude de as sementes estarem armazenadas em condição ambiente, que mostrou acentuada oscilação de resultados ao longo do tempo (Figura 20C).

Sementes de aveia-preta colhidas com diferentes umidades variaram quanto ao teor de proteínas no decorrer do armazenamento. O teor de proteínas de sementes colhidas com umidade alta, no tempo zero foi inferior ao teor de proteína de sementes colhidas com média e baixa umidade. Ao final do armazenamento sementes colhidas com a umidade baixa apresentaram os valores maiores de proteína (Figura 21A), resultados estes que não se assemelham com a literatura (RADÜNZ et al., 2004; GUTKOSKI et al., 2009; ABREU et al., 2013). As proteínas, que são os componentes básicos de toda a célula viva, funcionam também como materiais de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015)

Figura 21 - Proteína (A), umidade (B), gordura (C) e fibra (E) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.

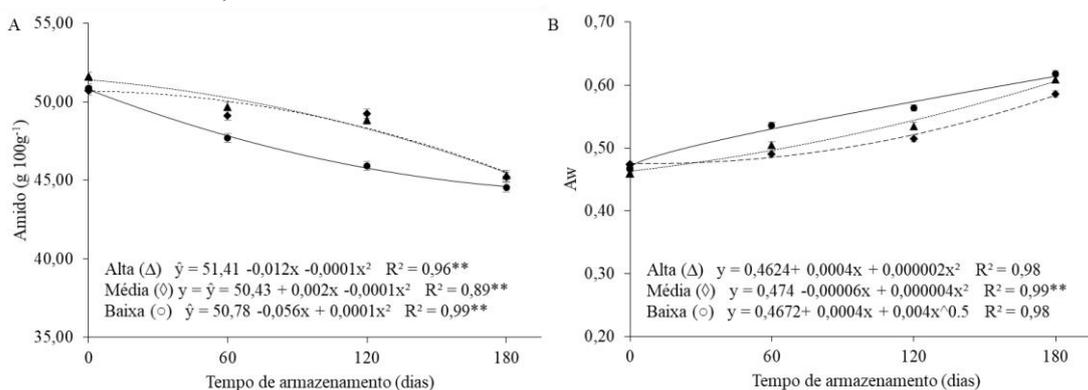


Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Sementes colhidas com umidades alta e baixa apresentaram uma redução no teor de gordura se comparada a relação entre o tempo zero e 180 dias de armazenamento (Figura 21C). Os lipídios (óleos ou gorduras) fazem parte do sistema de membranas celulares, sendo que sua organização afeta diretamente a normalidade dos processos fisiológicos nas sementes, como a germinação, a dormência, a manifestação do vigor, a tolerância à dessecação e o condicionamento fisiológico (BUCKERIDGE et al., 2004; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Nutricionalmente os lipídios da aveia são considerados importantes pela composição em ácidos graxos essenciais, mas quando aliados as enzimas hidrolíticas são responsáveis pela instabilidade no armazenamento de grãos (MOLIN, 2011).

Quando avaliado os resultados de fibras na composição da farinha, oriunda de sementes de aveia-preta, é possível visualizar uma redução no teor de fibras aos 60 dias de armazenamento seguido de um aumento até os 180 dias de armazenamento em condição ambiente (Figura 21D).

Figura 22 - Amido (A) e atividade de água (B) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Sementes de aveia-preta colhidas com umidade baixa apresentaram valores menores de amido em todos os tempos de armazenamento, com redução nos teores ao longo do tempo de armazenamento (Figura 22A).

Os resultados mostraram que a atividade de água aumentou significativamente no decorrer do armazenamento. Sementes de aveia-preta colhidas com umidade baixa apresentaram teores maiores de atividade de água ao longo do armazenamento (Figura 22B). O aumento de umidade (Figura 21B) e de atividade de água (Figura 22B) pode ser atribuído ao tempo e a condições de umidade relativa e a temperatura do ambiente ao qual o alimento é armazenado, interferindo na permeabilidade da embalagem e consequentemente permitindo a absorção de água no armazenamento (TEIXEIRA NETO et al. 2004).

4.4.1.2. Aveia-branca

Analisando-se os dados de aveia-branca, colhidas com diferentes umidades e armazenadas ao longo do tempo em condição ambiente, para as variáveis proteína, gordura, amido e número de queda houve efeito significativo através da análise de variância, de forma isolada para os fatores de variação umidade de colheita e tempo de armazenamento. A interação entre os dois fatores ocorreu para as variáveis umidade, fibras, cinzas, atividade de água e pH (Tabela 12).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, sob condição ambiente. Passo Fundo - RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio						
	GL	PT	UMD	GD	FB	CZ	AD
Umidade de colheita (UC) ¹	2	0,61*	0,65**	0,05**	0,01	0,02**	3,86**
Resíduo (a,b) Parcelas	32	0,08	0,009	0,007	0,006	0,001	0,48
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	51,36**	10,16**	4,27**	2,10**	1,05**	14,13**
UC X TA	6	0,08	0,51**	0,01	0,04**	0,01**	1,19
Tratamentos	11	14,16**	3,17**	1,18**	0,59**	0,29**	5,21**
Resíduo (b)	27	0,10	0,010	0,006	0,004	0,001	0,51
Total	47						
CV(%) (a,b)		2,1	0,78	2,5	4,24	1,45	1,42
CV(%) (b)		2,3	0,81	2,17	1,89	1,36	1,46

Fator de Variação	Quadrado médio			
	GL	Aw	pH	Número de queda
Umidade de colheita (UC) ¹	2	4,208E-03**	1,58E-02*	367,791*
Resíduo (a,b) Parcelas	10	8,500E-06	2,78E-03	15,75
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	2,254E-02**	7,35E-02**	421,833*
UC X TA	6	2,800E-03**	4,23E-02**	86,29
Tratamentos	11	8,439E-03**	4,60E-02**	228,984*
Resíduo (b)	9	7,361E-06	2,33E-03	73,53
Total	23			
CV(%) (a,b)		0,59	0,81	1,28
CV(%) (b)		0,55	0,74	2,76

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 17±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020. Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Proteína (PT); Umidade (UMD); Gordura (GD); Fibra (FB); Cinza (CZ); Amido (AD); Atividade de água (Aw).

Sementes de aveia-branca colhidas com umidade média apresentaram os teores maiores de proteína, diferindo estatisticamente apenas de sementes colhidas com umidade baixa (Tabela 13). De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), as proteínas, que são os componentes básicos de toda a célula viva, funcionam também como materiais de reserva. Durante o armazenamento, a fração proteica sofre reações com outros componentes químicos das próprias sementes. Algumas destas reações caracterizam o processo de putrefação das sementes, conferindo-lhes odores desagradáveis e fortes. Essas

transformações podem provocar o escurecimento das sementes, a diminuição do teor de nitrogênio proteico e o aumento do conteúdo de nitrogênio não proteico (ELIAS et al., 2002).

Tabela 13 - Proteína, gordura, amido e número de queda em resposta à umidade de colheita de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) submetidas a condições de armazenamento ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita (%)	Proteína (g 100g ⁻¹)	Gordura (g 100g ⁻¹)	Amido (g 100g ⁻¹)	Número de queda (seg)
Alta	13,96 ab	3,37 b	49,09 b	303,25 b
Média	14,11 a	3,43 ab	48,74 b	311,88 a
Baixa	13,73 b	3,48 a	49,71 a	316,63 a

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Umidade de colheita alta 20±1%; média 17±1% e baixa 12±1%. Médias das variáveis resposta nos tempos de armazenamento 0, 60, 120 e 180 dias.

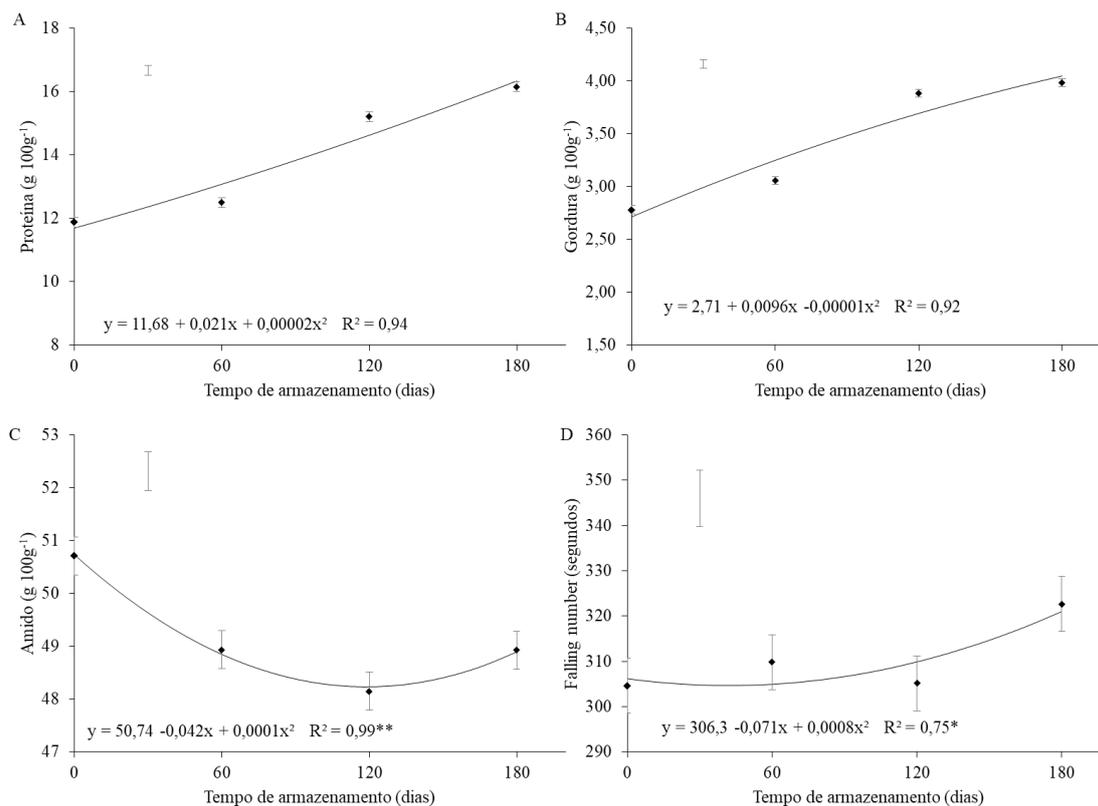
Quanto ao teor de gordura, sementes de aveia-branca colhidas com umidade baixa apresentaram os teores maiores de gordura, diferindo estatisticamente de sementes colhidas com umidade alta que apresentaram os menores (Tabela 13). Elias et al. (2002) afirmam que os lipídios caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração de sementes durante o armazenamento, seja pela redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais.

O amido presente em sementes de aveia-branca colhidas com umidade baixa, foi superior que em sementes colhidas com média e alta umidade. Em relação ao número de queda sementes colhidas com umidade média e baixa apresentaram o maior tempo de queda do bastão dentro da solução contendo farinha de aveia, o que caracteriza baixa atividade diastática (Tabela 13). Sementes colhidas com alta umidade apresentaram alta atividade diastática, quando comparado com sementes colhidas com umidade média e baixa.

No experimento com sementes de aveia-branca colhidas com diferentes umidades, quando as mesmas foram armazenadas sob condições ambiente, houve um aumento nos teores de proteínas (Figura 23A) e gordura (Figura 23B) ao longo do tempo de armazenamento. As proteínas são estruturas nitrogenadas constituídas por aminoácidos,

unidos por ligação peptídica, possuindo importantes funções de enzimas, hormônios, neurotransmissores, transportadores através das membranas celulares, formação das células e tecidos do corpo e de órgão (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2005).

Figura 23 - Proteína (A), gordura (B), amido (C) e número de queda (D) em virtude do tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



*Médias de unidade de colheita (20±1%; 17±1% e 12±1%) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

Junior et al. (2014) trabalhando com grãos de milho armazenados com diferentes umidades também observou um aumento no teor de proteína no decorrer do tempo de armazenamento, justificado o aumento pelo fato de que, quando é realizada a análise de proteína bruta, também se analisa a proteína fúngica, que por sua vez é quantificada juntamente com a proteína bruta do grão. Assim, o conteúdo determinado representa a soma total da proteína do grão mais a da proteína fúngica (Gutkoski et al., 2009). A proteína bruta serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e

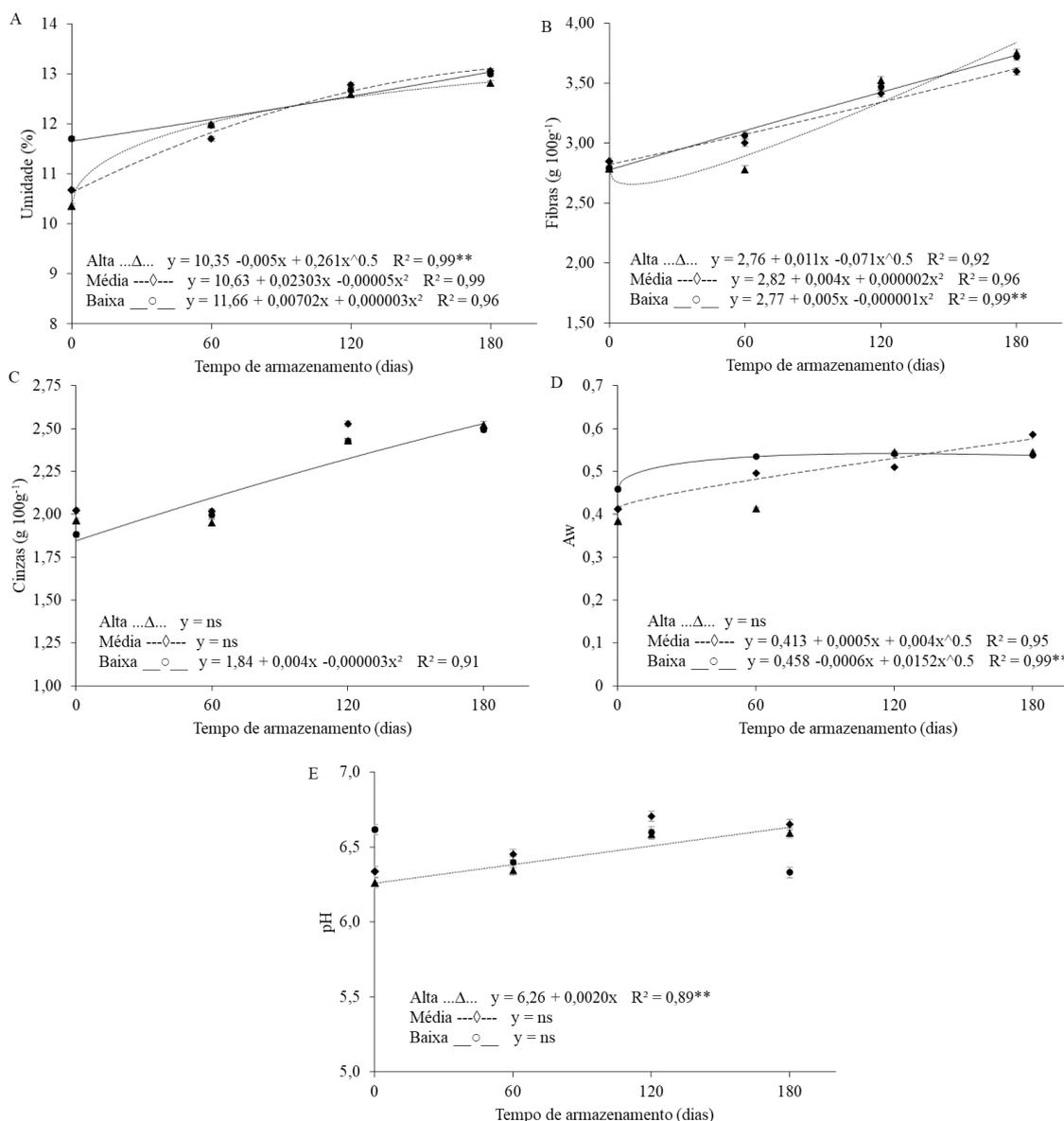
o metabolismo de fungos. Como na condição ambiente há oxigênio em virtude de trocas gasosas, pode ocorrer o crescimento de fungos, levando ao aumento na proteína bruta das sementes.

Em relação ao aumento do teor de gordura, de acordo com List e Mounts (1993), a principal hipótese para este aumento seria que fosfolipídios são destruídos durante o armazenamento desses grãos e o aumento pode ser resultado dessa destruição, formando compostos que podem tornar-se extraíveis em éter de petróleo, os quais não eram inicialmente.

O amido de sementes de aveia-branca reduziu até 120 dias de armazenamento, porém aos 180 dias apresentou um acréscimo de $0,78 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (Figura 23C). Para o número de queda é possível verificar um aumento no tempo de queda do bastão dentro da solução contendo farinha de aveia, ao longo do tempo de armazenamento, o que caracteriza atividade diastática alta ou teor de amido danificado na amostra (Figura 23D).

Na interação de dados dos fatores de variação umidade de colheita e tempo de armazenamento para sementes de aveia-branca, colhidas com umidade baixa, que não passaram pelo processo de secagem, é possível visualizar que no tempo zero a umidade de sementes foi superior se comparada com as sementes colhidas com umidades média e baixa e que passaram pelo processo de secagem (Figura 24A). Posterior ao tempo zero, indiferente da umidade de colheita, todas as sementes ganharam umidade ao longo do tempo de armazenamento, em virtude de estarem armazenadas em condição ambiente, o que influencia as reações bioquímicas que regulam a conservação das sementes (MARTIN; LAGO. 2008).

Figura 24 - Umidade (A), fibras (B), cinzas (C), atividade de água (D) e pH (E) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição ambiente. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Ao longo do tempo de armazenamento observa-se que houve um aumento dos teores de fibra, nas três umidades de colheita das sementes (Figura 24B). Quanto ao teor de cinzas, o comportamento se deu de forma semelhante ao teor de fibras, porém para sementes colhidas com umidade alta e média, não houve efeito significativo para a análise

de regressão. Sementes colhidas com umidade baixa apresentaram uma tendência linear de crescimento do teor de cinzas ao longo do tempo de armazenamento (Figura 24C). Sabe-se que os minerais em geral se depositam em maior quantidade nas camadas externas do grão, onde se encontram geralmente associados às fibras.

Resultados semelhantes foram observados por Radünz et al. (2004), no estudo de diferentes métodos de armazenamento em diferentes períodos, a partir dos quais concluíram que, independentemente do sistema de armazenamento, as sementes de milho apresentavam incremento significativo no teor de cinzas, o que refletiu em redução de qualidade.

Para o atributo atividade de água, que é considerada uma importante propriedade no controle de qualidade de alimentos, pois expressa o teor de água que se encontra no estado livre. Sementes de aveia-branca colhidas com umidades média e baixa e armazenadas sob condições ambientais apresentaram um aumento nos valores de água livre disponível, conforme o tempo de armazenamento avançou (Figura 24D).

Somente sementes de aveia-branca colhidas com umidade alta, apresentaram efeito significativo para a curva de regressão da interação entre os fatores de variação, apresentando um aumento no pH da solução (Figura 24E).

Quando armazenadas sob condições ambiente, sementes de aveia-preta e aveia branca apresentaram comportamentos semelhantes para as variáveis proteína, umidade amido e número de queda.

4.4.2 Sementes de aveia armazenadas sob condição hermética

4.4.2.1. Aveia-preta

Quando armazenadas sob condições herméticas, sementes de aveia-preta, colhidas com diferentes umidades e armazenadas por 180 dias, apresentaram interação significativa entre os fatores umidade de colheita e tempo de armazenamento, para as

variáveis teor de proteínas, umidade, fibras, cinzas, amido, atividade de água, pH e número de queda (Tabela 14). A variável gordura apresentou efeito significativo de forma isolada para os fatores de variação.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, sob condição hermética. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio						
	GL	PT	UMD	GD	FB	CZ	AD
Umidade de colheita (UC) ¹	2	1,03**	1,57**	0,23*	0,19**	0,01	0,51
Resíduo (a,b)	32	0,03	0,04	0,05	0,02	0,01	0,25
Parcelas	11						
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	1,56**	8,06**	0,56**	0,22**	0,06**	89,96**
UC X TA	6	0,29**	0,19**	0,11	0,07**	0,01*	1,20**
Tratamentos	11	0,77**	2,59**	0,25**	0,13**	0,02**	25,28**
Resíduo (b)	27	0,04	0,03	0,05	0,01	0,01	0,23
Total	47						
CV(%) (a,b)		1,24	1,56	6,43	4,20	3,44	1,02
CV(%) (b)		1,33	1,47	6,29	3,58	3,35	0,99

Fator de Variação	Quadrado médio			
	GL	Aw	pH	Número de queda
Umidade de colheita (UC) ¹	2	2,147E-03**	7,90E-03**	512,167**
Resíduo (a,b)	10	1,167E-05	3,96E-04	23,833
Parcelas	5			
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	2,083E-02**	1,28E-01**	1490,778**
UC X TA	6	1,311E-03**	3,08E-03**	64,444**
Tratamentos	11	6,785E-03**	3,80E-02**	534,848**
Resíduo (b)	9	1,131E-05	5,10E-04	11,06
Total	23			
CV(%) (a,b)		0,65	0,31	1,74
CV(%) (b)		0,64	0,35	1,19

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 16±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Proteína (PT); Umidade (UMD); Gordura (GD); Fibra (FB); Cinza (CZ); Amido (AD), Atividade de água (Aw).

A umidade de colheita de sementes de aveia-preta influenciou os teores de gordura das sementes. Sementes colhidas com umidade alta e baixa apresentaram as maiores

médias de gordura na composição, diferindo de sementes colhidas com umidade média (Tabela 15).

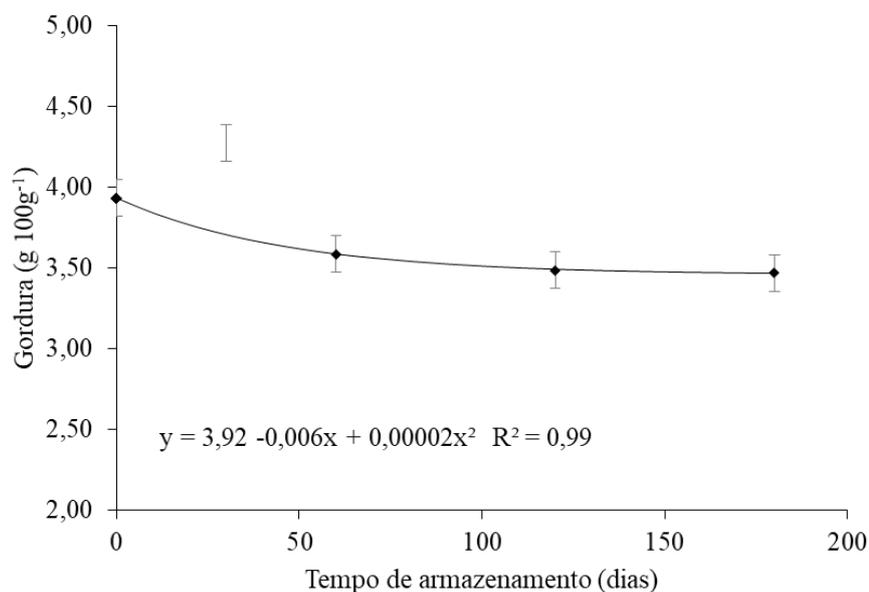
Tabela 15 - Gordura em virtude da umidade de colheita de aveia-preta (*Avena strigosa*) submetidas as condições de armazenamento hermético. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita (%)	Gordura (g 100g ⁻¹)
Alta	3,66 a
Média	3,48 b
Baixa	3,72 a

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Umidade de colheita alta 20±1%; média 16±1% e baixa 12±1%. Médias de tempos de armazenamento

Ao longo do tempo de armazenamento sob condições herméticas, sementes de aveia-preta apresentaram uma redução no teor de gordura (Figura 25). A instabilidade química de lipídios constitui um dos fatores preponderantes para a queda de desempenho de sementes de várias espécies. Algumas, como as gramíneas, apesar do predomínio de amido no endosperma, apresentam lipídios no embrião, tornando-as também propensas à deterioração (MARCOS FILHO, 2015).

Figura 25 - Gordura em virtude de tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022.

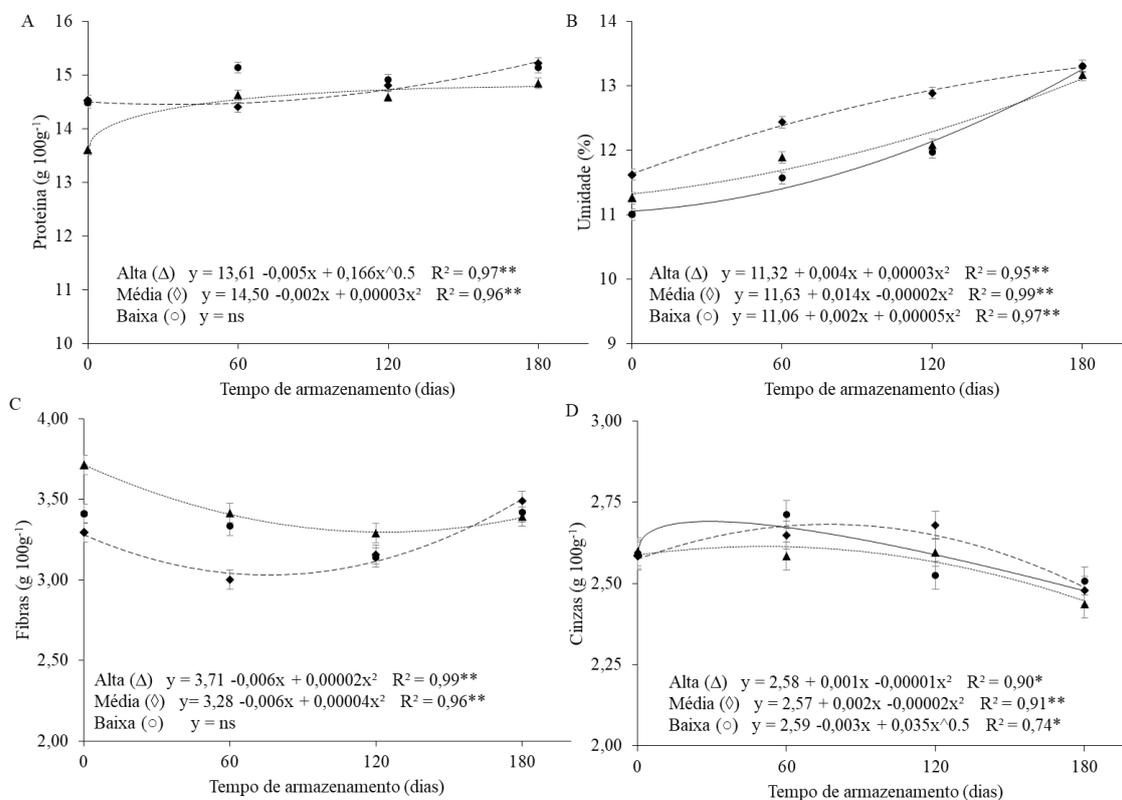


*Médias de umidade de colheita (20±1%; 16±1% e 12±1%) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

Ao final do período de armazenamento sementes de aveia-preta, colhidas com diferentes umidades, apresentaram um leve aumento no teor de proteínas. Sementes colhidas com umidade alta apresentaram os menores teores logo após a colheita, seguida de secagem artificial (Figura 26A).

Em relação a umidade da farinha oriunda de sementes colhidas com diferentes umidades, mesmo quando armazenadas sob condições herméticas, houve um aumento na porcentagem da umidade ao longo do período de armazenamento das sementes. Quando colhidas com umidades alta e média, apresentaram umidade superior durante o armazenamento (Figura 26B). O que pode ser observado neste estudo é a redução da eficiência do sistema hermético utilizado, evidenciando a troca de umidade das sementes com o ambiente em que estavam armazenadas.

Figura 26 - Proteína (A), umidade (B), fibras (C) e cinzas (D) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

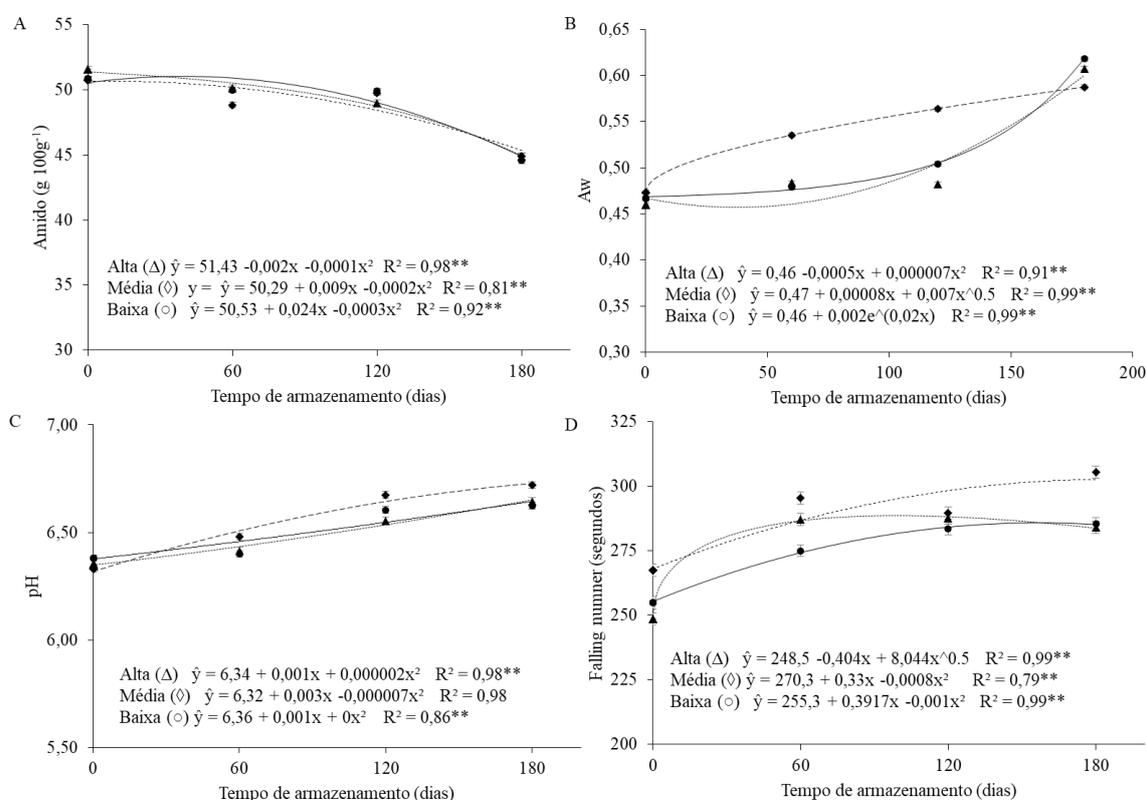
Os valores finais de fibras foram semelhantes para todas as umidades de colheita de sementes de aveia-preta (Figura 26C). Quando colhidas com umidades baixa e média houve um aumento no teor de cinzas no decorrer do armazenamento. Sementes de aveia-preta colhidas com umidade alta apresentaram valores maiores de fibras no tempo zero, com redução ao longo do tempo de armazenamento.

A composição de cinzas de amostras de sementes de aveia-preta, colhidas com umidades alta e média, apresentou um aumento até 120 dias de armazenamento, evidenciando o consumo da matéria orgânica das sementes até este período, por conseqüências as perdas de qualidade foram maiores durante o armazenamento (Figura

26D). Como já mencionado, a atividade metabólica de grãos e de microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até CO₂, água e outros produtos, com liberação de calor sendo a deterioração acelerada em cereais com índices de umidade superiores a 13-14%. Desta forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida (MUIR et al., 2000).

O amido presente em sementes de aveia-preta, indiferente da umidade de colheita das sementes, apresentou uma redução acentuada durante o armazenamento (Figura 27 A). Sementes de aveia-preta colhidas com umidades alta e baixa, quando armazenadas sob condições herméticas, apresentaram comportamento semelhante para a variável atividade de água, com uma elevação após 120 dias de armazenamento (Figura 27 B). Os substratos com teor de atividade de água inferior 0,60, como foi observado no estudo, estão dificilmente propícios ao crescimento microbiano (BOBBIO, BOBBIO, 1992; GARCIA, 2004b). Porém aos 180 dias os resultados são muito próximos a 0,60, indicando a maior deterioração das sementes.

Figura 27 - Amido (A), atividade de água (B), pH (C) e número de queda (D) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Quando avaliado o pH da solução com farinha, oriunda de sementes de aveia-preta colhidas com diferentes umidades e armazenadas sob condição hermética, houve um aumento no pH da solução, indiferente da umidade de colheita das sementes (Figura 27C). Entretanto sementes colhidas com umidade baixa apresentaram as médias maiores de pH aos 60, 120 e 180 dias de armazenamento. Valores de pH entre 6,0 e 7,0 demonstraram que as amostras se enquadram na faixa de pH em que os mofo e leveduras se multiplicam com facilidade (AMORIN et al. 2012).

Para número de queda da farinha de sementes de aveia-preta (Figura 27D), quando colhidas com umidades média e baixa e armazenadas sob condições herméticas, houve uma tendência de aumento do tempo decorrido para a queda do bastão na solução

contendo a farinha, comportamento este visto, também, para sementes de aveia-preta armazenadas sob condição ambiente (Figura 20B).

4.4.2.2. Aveia-branca

Através da análise de variância para sementes de aveia-branca colhidas com diferentes umidades e armazenadas ao longo do tempo, sob condição hermética, a variável proteína apresentou efeito isolado com a umidade de colheita, da mesma forma que a variável gordura apresentou efeito significativo para o fator de variação tempo de armazenamento. Já a variável pH apresentou efeito significativo para ambos os fatores de variação, também de forma isolada (Tabela 16).

Para as demais variáveis analisadas (umidade, fibras, cinzas, amido, atividade de água e número de queda) no presente estudo, houve efeito significativo para a interação entre umidade de colheita e tempo de armazenamento.

Tabela 16 - Resumo da análise de variância de atributos da composição química para sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição hermética. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio						
	GL	PT	UMD	GD	FB	CZ	AD
Umidade de colheita (UC) ¹	2	0,72**	1,40**	0,01	0,04**	0,02**	2,08**
Resíduo (a,b)	32	0,03	0,04	0,006	0,01	0,001	0,37
Parcelas	11						
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	4,00	9,87**	5,79**	1,48**	1,10**	20,56**
UC X TA	6	0,07	0,40**	0,01	0,03**	0,007**	0,84*
Tratamentos	11	11,73**	3,16**	1,58**	0,43**	0,30**	6,45**
Resíduo (b)	27	0,03	0,03	0,01	0,01	0,001	0,31
Total	47						
CV (%) (a,b)		1,31	1,57	2,47	2,75	1,49	1,21
CV (%) (b)		1,31	1,50	2,51	2,41	1,47	1,10

Fator de Variação	Quadrado médio			
	GL	Aw	pH	Número de queda
Umidade de colheita (UC) ¹	2	2,81E-03**	1,68E-02**	199,500*
Resíduo (a,b)	10	4,47E-05	3,38E-04	29,38
Parcelas	5			
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	2,82E-02**	1,37E-01**	908,375**
UC X TA	6	2,29E-03**	1,24E-03	88,833*
Tratamentos	11	9,45E-03**	4,10E-02**	332,466**
Resíduo (b)	9	4,99E-05	3,79E-04	23,35
Total	23			
CV (%) (a,b)		1,34	0,28	1,77
CV (%) (b)		1,42	0,30	1,58

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 17±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Proteína (PT); Umidade (UMD); Gordura (GD); Fibra (FB); Cinza (CZ); Amido (AD), Atividade de água (Aw).

Sementes de aveia-branca, colhidas mais próximo a maturidade fisiológica apresentaram teores maiores de proteína, não diferindo de sementes colhidas com umidade média (Tabela 17). Em relação ao pH da solução contendo farinha, oriunda de sementes de aveia-branca armazenadas sob condição hermética, quando colhidas com umidades alta e baixa apresentaram os valores menores de pH, diferindo estatisticamente

de sementes colhidas com umidade média. O pH é um fator determinante para a multiplicação dos microrganismos. A grande maioria dos deterioradores se multiplica otimamente em pH próximo a neutralidade (6,6 a 7,5). Os valores observados para as sementes colhidas com média umidade estão mais próximos da neutralidade, ficando mais próximo da faixa favorável para o desenvolvimento dos microrganismos,

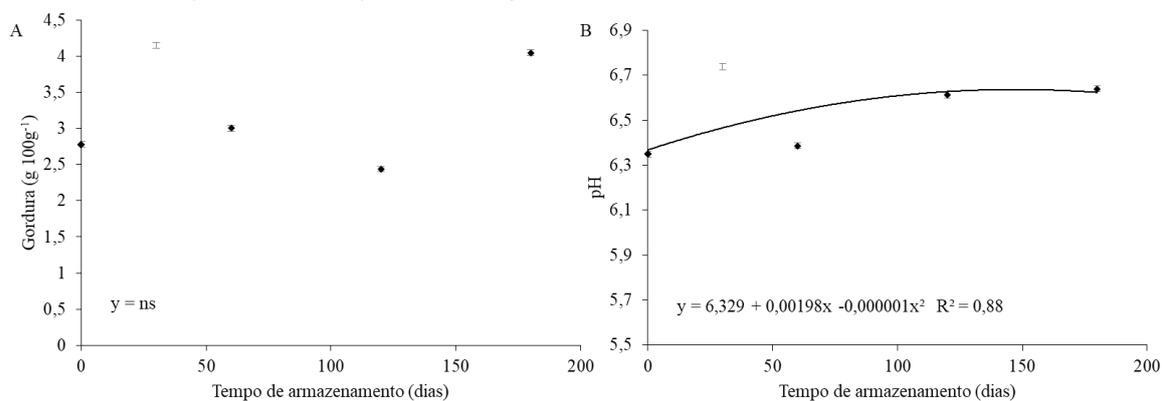
Tabela 17 - Proteína e pH em virtude da umidade de colheita de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) submetidas as condições de armazenamento hermético. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita (%)	Proteína (g 100g ⁻¹)	pH
Alta	13,20 a	6,46 b
Média	13,17 a	6,55 a
Baixa	12,82 b	6,48 b

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Umidade de colheita alta 20±1%; média 17±1% e baixa 12±1%. Médias de tempos de armazenamento

A curva de regressão da variável gordura não apresentou efeito significativo para o tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (Figura 28A). Em relação ao pH é possível visualizar um aumento em relação ao tempo de armazenamento (Figura 28B). De acordo com o pH, os alimentos podem ser classificados como alimentos de baixa acidez (pH superior a 4,5), alimentos ácidos (pH entre 4,0 e 4,5) e alimentos muito ácidos (pH inferior a 4,0) (FRANCO; LANDGRAF, 2008; JAY et al. 2005). Os alimentos de baixa acidez são os mais propícios à multiplicação microbiana e, portanto, à deterioração

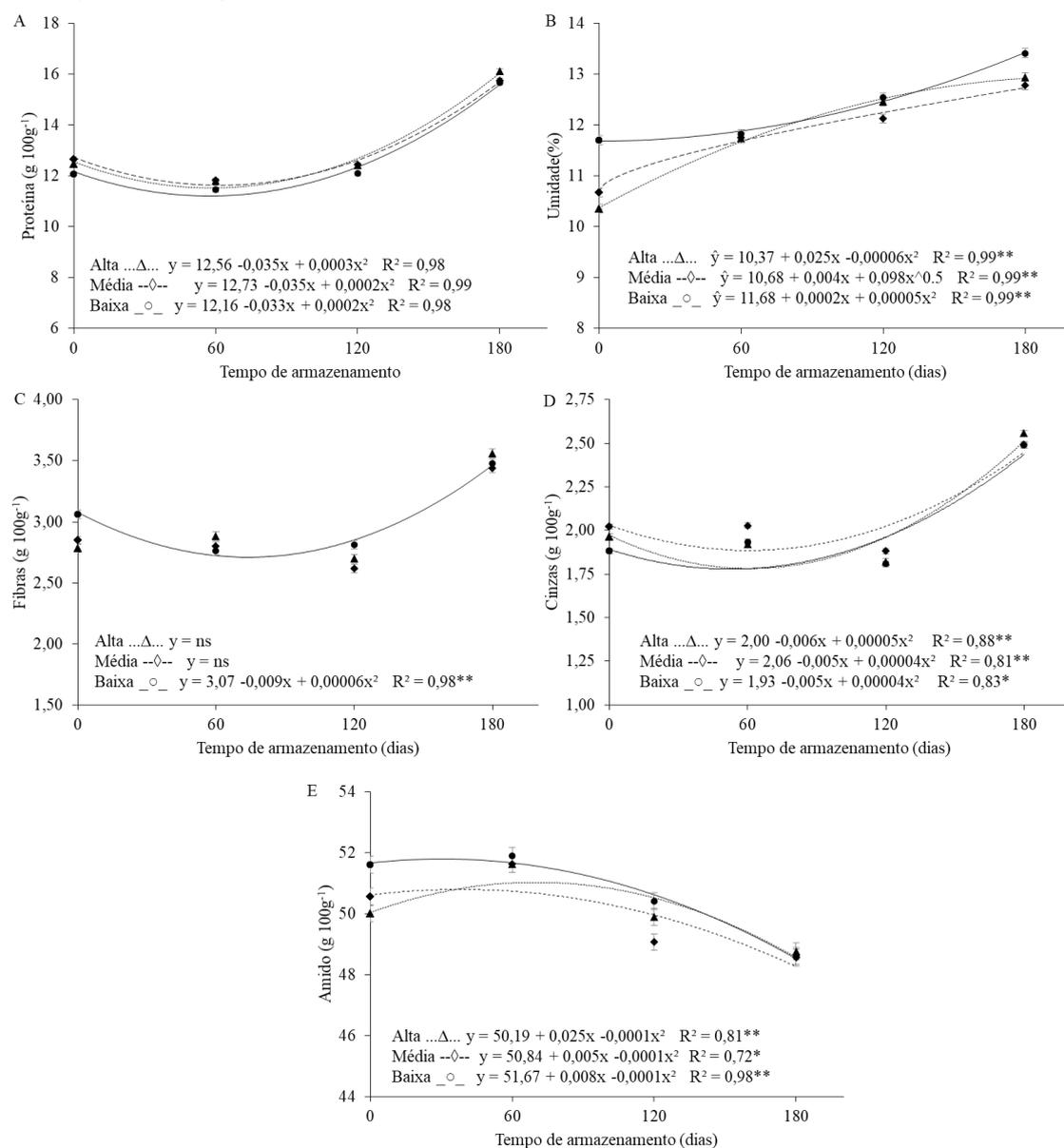
Figura 28 - Gordura (A) e pH (B) em razão de tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022.



*Médias de umidade de colheita (20±1%; 17±1% e 12±1%) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

Assim como para sementes de aveia-branca armazenadas sob condição ambiente (Figura 23A), quando armazenadas sob condições herméticas as sementes colhidas com umidades diferentes também apresentaram aumento no teor de proteína em virtude do tempo de armazenamento (Figura 29 A), demonstrando que não houve distinção entre as condições ambiente e hermético para a variável proteína em sementes de aveia-branca.

Figura 29 - Proteína (A), umidade (B), fibras (C), cinzas (D) e amido (E) em razão de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Sementes de aveia-branca, quando colhidas com umidades alta e média sofreram o processo de secagem artificial, em virtude disto no tempo zero a umidade da farinha oriunda dessas sementes apresentaram porcentagem menor de umidade. Ao decorrer do tempo de armazenamento, sementes colhidas com umidade baixa apresentaram ganho

elevado de umidade, com percentual maior ao final do armazenamento, mesmo armazenadas sob condições herméticas (Figura 29B), neste sentido, o atraso na colheita proporciona decréscimo na qualidade. Sementes degradadas tendem ao equilíbrio com a umidade relativa do ar em teores d'água mais elevados que sementes íntegras (PESKE; VILLELA, 2006).

O teor de fibra de sementes de aveia-branca, colhidas com umidade baixa, aumentou com o armazenamento das sementes sob condições herméticas. As curvas de regressão para as umidades alta e média não apresentaram efeito significativo (Figura 29C).

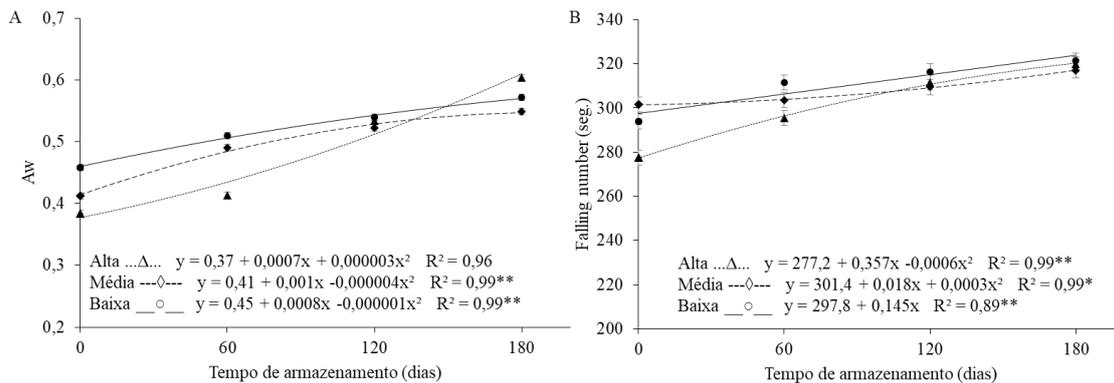
Diferente de sementes de aveia-preta que apresentaram uma redução no teor de cinzas, sementes de aveia-branca colhidas com umidade alta apresentaram um acréscimo significativo no percentual de cinzas nas sementes ao final do armazenamento (Figura 29D). De acordo com Elias et al. (2002), durante o armazenamento o conteúdo mineral representado pelo teor de cinzas é a fração que apresenta as variações menores no seu conteúdo total. As atividades metabólicas das sementes e dos organismos associados consomem matéria orgânica, metabolizando-a até dióxido de carbono, água, calor e outros produtos, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida.

Durante o armazenamento hermético, da mesma forma que sementes de aveia-preta (Figura 27 A), as de aveia-branca, colhidas com umidades diferentes apresentaram uma redução no teor de amido das sementes com o passar do tempo de armazenamento (Figura 29E). Sementes colhidas com umidade baixa apresentaram os teores maiores de amido, quando comparadas com as colhidas com umidades alta e média.

Apresentando estrita relação com a umidade (Figura 29B) a atividade de água de sementes de aveia-branca, colhidas com diferentes umidades, apresentou um acréscimo com o armazenamento (Figura 30 A). Ao final do armazenamento sementes colhidas com umidade alta apresentaram os valores maiores de atividade de água. A quantidade de água

livre que não se encontra comprometida com as moléculas constituintes do produto, está disponível para as reações físicas, químicas e biológicas (WELTI; VERGARA, 1997), tornando-se o fator responsável pela deterioração dos alimentos. O conteúdo de umidade pode ser utilizado como fator indicativo de propensão à deterioração ou contaminação do alimento.

Figura 30 - Atividade de água (A) e número de queda (B) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição hermética. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Assim como a atividade de água, o número de queda também apresentou um acréscimo ao longo do armazenamento sob condição hermética (Figura 30 B). Sementes colhidas com umidade baixa apresentaram os valores maiores de número de queda ao longo do armazenamento, representando uma atividade diastásica baixa da farinha de aveia.

4.4.3 Sementes de aveia armazenadas sob condição fria-seco

4.4.3.1. Aveia-preta

Quando colhidas com diferentes umidades e armazenadas sob condições de frio-seco, sementes de aveia-preta apresentaram efeito significativo para o fator de variação tempo de armazenamento para as variáveis fibras, cinzas e número de queda (Tabela 18). Quanto ao teor de proteína, umidade, gordura, amido, atividade de água e pH houve forte evidência de efeito da interação entre umidade de colheita e tempo de armazenamento sob condição frio-seco.

Tabela 18 - Resumo da análise de variância para atributos da composição química para sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição frio-seco. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio						
	GL	PT	UMD	GD	FB	CZ	AD
Umidade de colheita (UC) ¹	2	1,33**	0,11*	0,001	0,050	0,004	0,23
Resíduo (a,b)	32	0,04	0,02	0,04	0,02	0,01	0,13
Parcelas	11						
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	2,28**	10,92**	0,69**	0,13**	0,10**	88,04**
UC X TA	6	0,33*	0,18**	0,14**	0,07	0,01	1,01**
Tratamentos	11	1,04**	3,08**	0,26**	0,08*	0,03**	24,61**
Resíduo (b)	27	0,03	0,020	0,04	0,03	0,01	0,13
Total	47						
CV (%) (a,b)		1,28	1,27	5,32	4,58	3,35	0,74
CV (%) (b)		1,16	1,14	5,40	5,01	3,54	0,75

Fator de Variação	Quadrado médio			
	GL	Aw	pH	Número de queda
Umidade de colheita (UC) ¹	2	1,267E-05	1,60E-02	324,54*
Resíduo (a,b)	10	1,829E-05	9,54E-04	19,54
Parcelas	5			
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	3,755E-02**	1,21E-01**	1848,70**
UC X TA	6	1,316E-03**	4,76E-03*	103,04
Tratamentos	11	1,096E-02**	3,84E-02**	619,40**
Resíduo (b)	9	9,569E-06	8,90E-04	83,43
Total	23			
CV (%) (a,b)		0,84	0,47	1,56
CV (%) (b)		0,61	0,46	3,23

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 16±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Proteína (PT); Umidade (UMD); Gordura (GD); Fibra (FB); Cinza (CZ); Amido (AD), Atividade de água (Aw).

Sementes de aveia-preta colhidas com umidade alta e média apresentaram altos valores de número de queda, indicando baixa atividade da enzima alfa-amilase, enquanto sementes colhidas com umidade baixa indicam alta atividade da enzima, situação que comumente resulta do processo de germinação pré-colheita (Tabela 19).

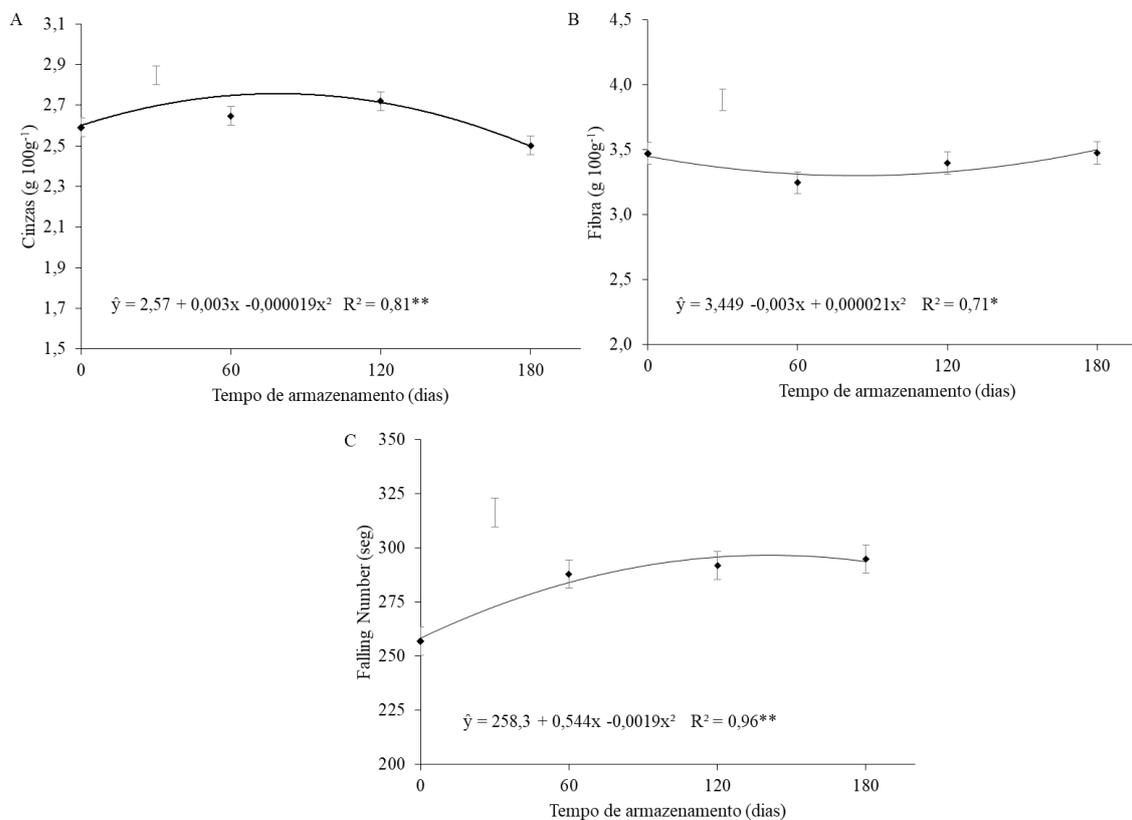
Tabela 19 - Número de queda em razão da umidade de colheita de aveia-preta (*Avena strigosa*) submetidas a condições de armazenamento frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita (%)	Número de queda (seg)
Alta	284,38 ab
Média	288,50 a
Baixa	276,00 b

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Umidade de colheita alta $20 \pm 1\%$; média $16 \pm 1\%$ e baixa $12 \pm 1\%$. Médias de tempos de armazenamento

A determinação do teor de cinzas assume valores maiores, em virtude do consumo da matéria orgânica. O que pode ser observado neste estudo é que sementes de aveia-preta armazenadas sob condições de frio-seco, apresentaram deterioração maior das sementes até 120 dias de armazenamento, tempo este em que se encontra os valores mais elevados de cinzas da amostra (Figura 31A).

Figura 31 - Cinzas (A), fibra (B) e número de queda (C) em virtude de tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



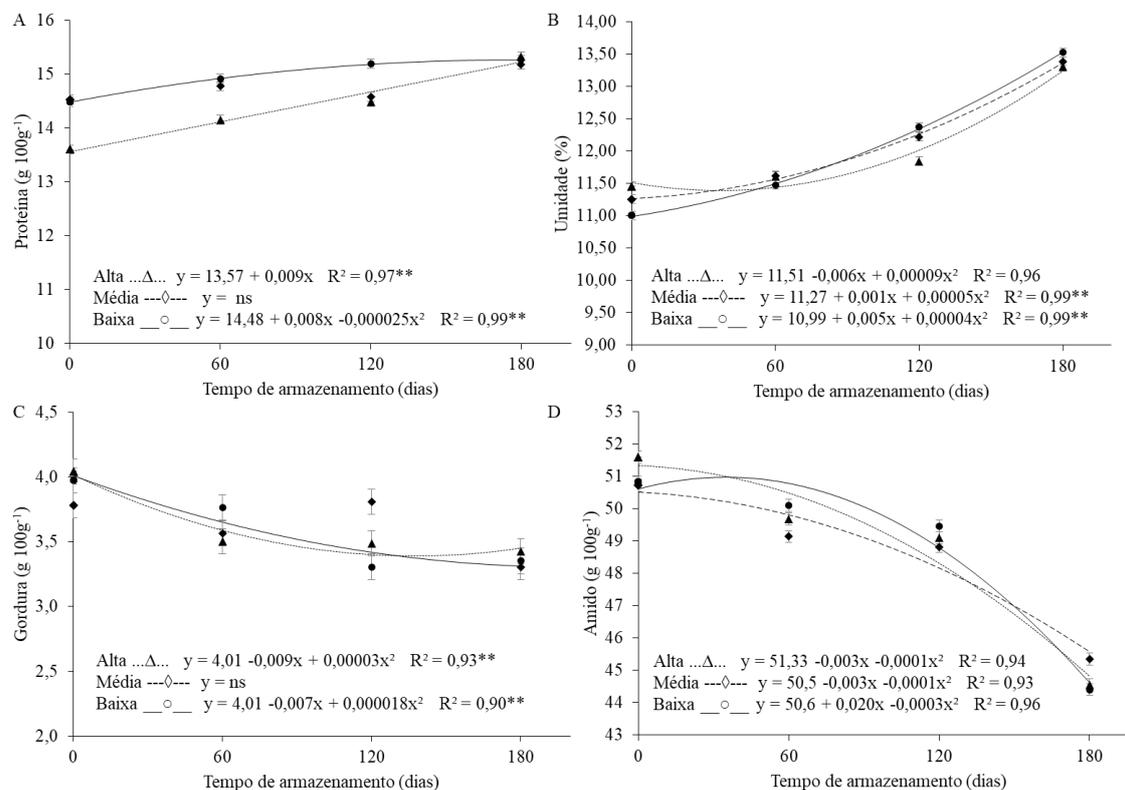
*Médias de umidade de colheita (20±1%; 16±1% e 12±1%) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

O teor de fibras das sementes de aveia-preta colhidas com diferentes umidades não apresentou variação significativa ao longo do tempo de armazenamento (Figura 31B). O mesmo já não é observado para o número de queda, em virtude do armazenamento houve um acréscimo no tempo do número de queda, com redução da atividade diastásica da farinha (Figura 31C).

Mesmo sob temperaturas baixas, as sementes de aveia-preta apresentaram um aumento no teor de proteínas no decorrer do tempo de armazenamento (Figura 32A). Quando colhidas com umidade alta, sementes de aveia-preta tiveram um acréscimo de 1,6 g 100g⁻¹ no teor de proteína, no decorrer do armazenamento. Sementes colhidas com

umidade baixa também apresentaram um acréscimo ao longo do armazenamento, porém o mesmo foi menor ($0,8 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$).

Figura 32 - Proteína (A), umidade (B), gordura (C) e amido (D) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita $20 \pm 1\%$; Média – Umidade de colheita $16 \pm 1\%$; Baixa – Umidade de colheita $12 \pm 1\%$.

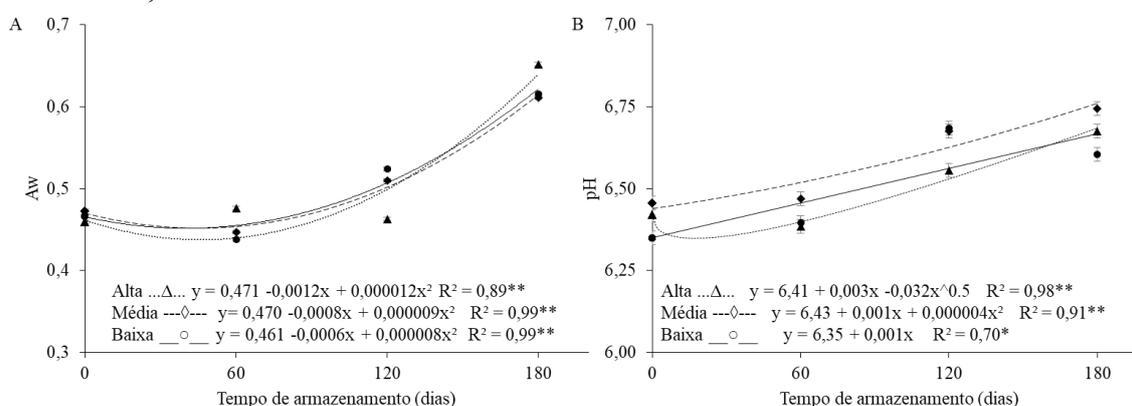
Quando armazenadas sob condição de frio-seco, assim como nas condições de ambiente (Figura 2B) e hermético (Figura 7B), sementes colhidas com umidade baixa foram as que mais ganharam umidade ao longo do armazenamento (Figura 32B), o ganho foi de 2,5% de umidade aos 180 dias de armazenamento.

Na condição de armazenamento frio a taxa de respiração das sementes e as trocas como meio externo deveriam ser menores, levando a menor deterioração do teor de gordura e consumo de reservas como o amido destas sementes, porém no estudo em questão esse resultado não foi observado.

As sementes de aveia-preta sofreram o processo de deterioração, com redução do teor de gordura e amido com o armazenamento (Figura 32C e D). As sementes colhidas com umidades média e baixa apresentaram os menores valores de gordura aos 180 dias de armazenamento. Para o teor de amido o mesmo foi visto para sementes colhidas com umidades alta e baixa.

As sementes apresentaram ganho de umidade no armazenamento mesmo sob condição de frio, por causa de um acréscimo na atividade de água. Ao final do armazenamento sementes de aveia-preta, colhidas com umidade alta, apresentaram os valores maiores de atividade de água (Figura 33A), mesmo sendo secadas. A atividade de água influencia a “vida útil” do produto em que valores próximos a 1 elevam as alterações químicas, físicas e microbiológicas ou enzimáticas, levam a deterioração e a diminuição de qualidade do produto e a sua inaceitabilidade, portanto, o controle de temperatura, umidade e atividade de água são fatores essenciais na preservação da qualidade do produto (SARANTOPOULOS et al., 2001).

Figura 33 - Atividade de água (A) e pH (B) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 16±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

O pH da solução contendo farinha de sementes de aveia-preta, armazenadas sob condições de frio, também apresentou um ganho ao longo do armazenamento chegando a 6,75, para sementes colhidas com umidade média. Para Carvalho (2010) o pH de 4,5 é

o ponto fundamental para a proliferação de microrganismo sendo que valores menores inibem o desenvolvimento de algumas bactérias patogênicas, valores maiores se desenvolvem bactérias, inclusive patogênicas, bolores e leveduras. Abreu (2015) ressalta que o pH determina a deterioração do alimento com crescimento de microrganismos, atividade das enzimas, parâmetro este que influencia no estado de conservação do produto.

4.4.3.2. Aveia-branca

Através da análise de variância para sementes de aveia-branca, colhidas com diferentes umidades de colheita e armazenadas por 180 dias sob condição de frio-seco, houve efeito significativo de forma isolada para os fatores de variação (UC e TA) apenas para a variável amido. Há fortes evidências da interação significativa entre os fatores de variação para todas as demais variáveis testadas no experimento (Tabela 20).

Tabela 20 - Resumo da análise de variância para os atributos da composição química de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*) em razão de umidade de colheita e de tempo de armazenamento, em condição frio-seco. Passo Fundo-RS, 2022

Fator de Variação	Quadrado médio						
	GL	PT	UMD	GD	FB	CZ	AD
Umidade de colheita (UC) ¹	2	0,71**	0,50**	0,01	0,002	0,03**	7,29**
Resíduo (a,b)	32	0,03	0,02	0,02	0,01	0,002	0,84
Parcelas	11						
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	58,01**	9,73**	4,65**	2,43**	1,25**	24,11**
UC X TA	6	0,67**	0,59**	0,09**	0,13**	0,006**	1,52
Tratamentos	11	16,31**	3,07**	1,32**	0,73**	0,35**	8,73**
Resíduo (b)	27	0,03	0,02	0,01	0,01	0,002	0,79
Total	47						
CV (%) (a,b)		1,28	1,08	3,63	2,95	1,83	1,88
CV (%) (b)		1,25	1,06	3,47	3,07	1,77	1,82

Fator de Variação	Quadrado médio			
	GL	Aw	pH	Número de queda
Umidade de colheita (UC) ¹	2	1,18E-03**	5,15E-03*	274,66**
Resíduo (a,b)	10	4,08E-05	8,00E-04	21,58
Parcelas	5			
Tempo de armazenamento (TA) ²	3	2,80E-02**	8,87E-02**	751,61**
UC X TA	6	1,29E-03**	2,31E-02**	162,44*
Tratamentos	11	8,56E-03**	3,77E-02**	343,53**
Resíduo (b)	9	4,59E-05	9,22E-04	28,50
Total	23			
CV (%) (a,b)		1,29	0,44	1,52
CV (%) (b)		1,37	0,47	1,75

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

¹ Umidade de colheita 20±1%, 17±1% e 12±1%. ²Tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias); Armazenamento: 11/2019 a 05/2020.

Graus de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Proteína (PT); Umidade (UMD); Gordura (GD); Fibra (FB); Cinza (CZ); Amido (AD), Atividade de água (Aw).

Quando colhidas próximo a maturidade fisiológica e armazenadas sob condições de frio-seco, sementes de aveia-branca apresentaram os menores teores de amido, diferindo de sementes de aveia-branca colhidas com baixa umidade (Tabela 21). Comportamento este também observado para sementes de aveia-branca armazenadas sob condição ambiente (Tabela 2), ficando evidente que o ambiente de armazenamento não

influenciou no teor de amido das sementes de aveia-branca, colhidas com diferentes umidades.

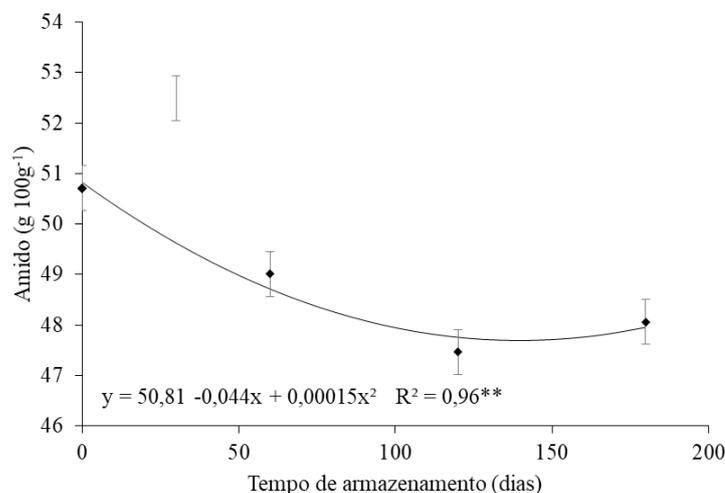
Tabela 21 - Amido em virtude da umidade de colheita de aveia-branca (*Avena sativa*) submetidas as condições de armazenamento frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.

Umidade de colheita (%)	Amido (g 100g ⁻¹)
Alta	48,49 b
Média	48,36 b
Baixa	49,59 a

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Umidade de colheita alta 20±1%; média 17±1% e baixa 12±1%. Médias de tempos de armazenamento

No decorrer do tempo de armazenamento as sementes de aveia-branca reduziram seu teor de amido (Figura 34), onde ele deve ter sido utilizado em grande parte na respiração, para produção de energia, bem como na síntese de outras moléculas complexas (POPINIGIS, 1985).

Figura 34 - Amido em virtude de tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.

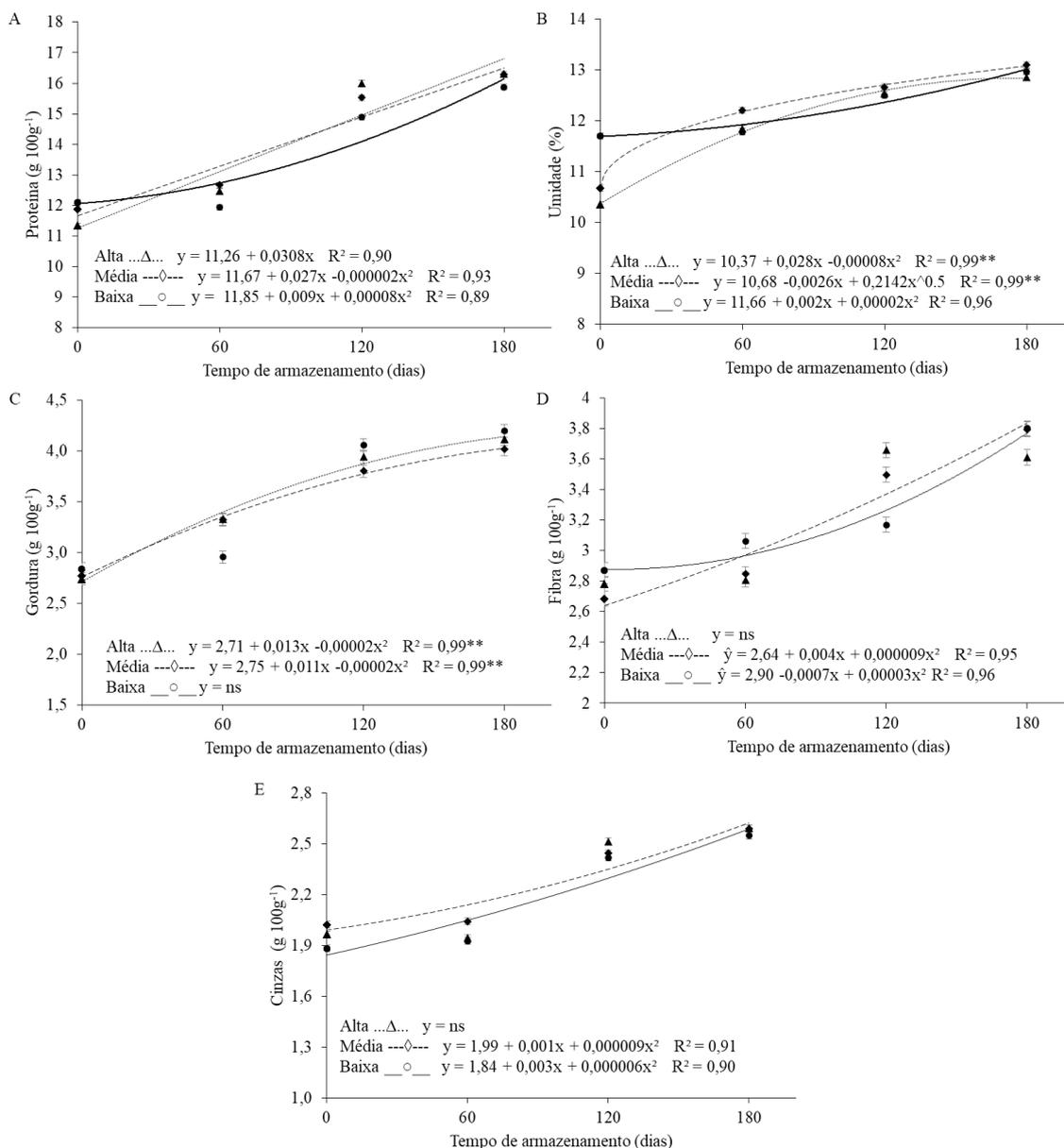


*Médias de umidade de colheita (20±1%; 17±1% e 12±1%) **Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Armazenamento 11/2019 a 05/2020 em Passo Fundo, RS.

Assim como para as demais condições de armazenamento (Figura 4A, 5A, 10A e 10 B), sementes de aveia-branca colhidas com diferentes umidades e armazenadas sob

condição de frio-seco apresentaram um acréscimo no teor de proteína e umidade das sementes com o decorrer do tempo de armazenamento (Figura 35 A e 35B).

Figura 35 - Proteína (A), umidade (B), gordura (C), fibra (C) e cinzas (D) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição fria-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



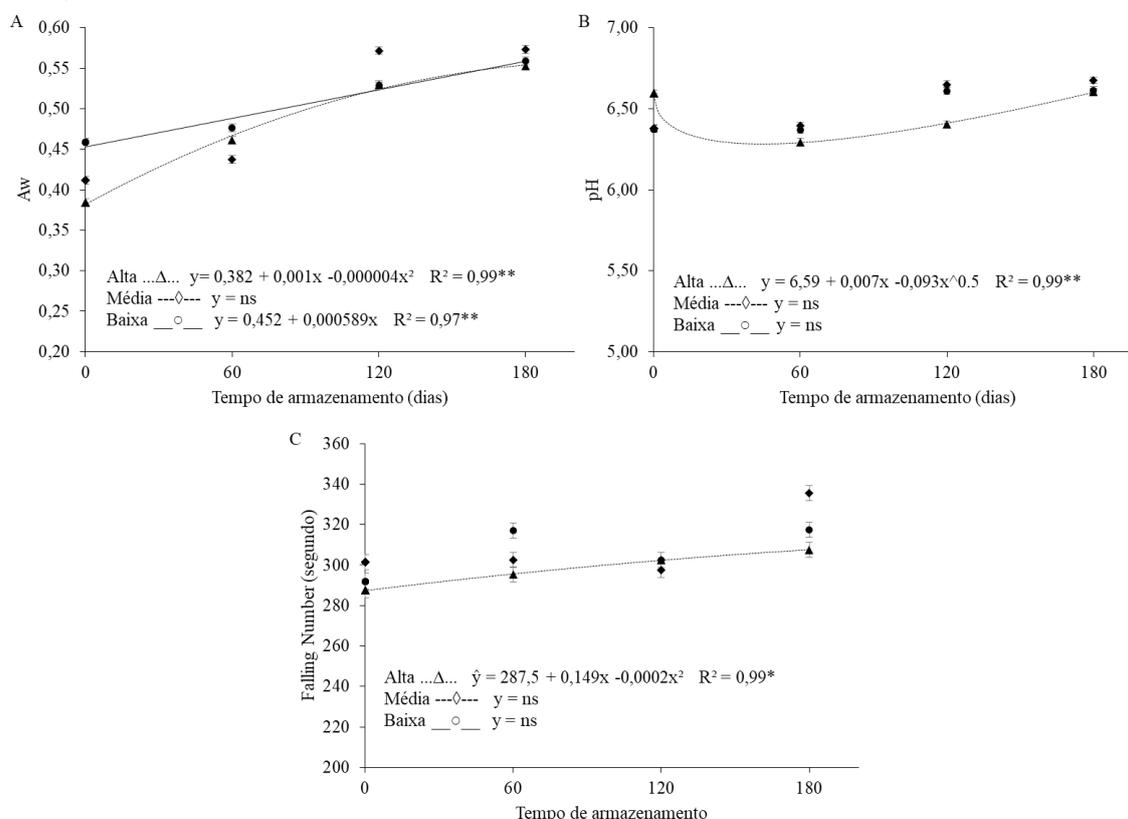
Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

O teor de gordura da farinha de aveia-branca, oriunda das sementes colhidas com diferentes umidades também apresentou um acréscimo com o armazenamento das sementes sob condição frio-seco (Figura 35C). Hou & Chang (2004), ao analisarem a composição química dos grãos de soja armazenados em diferentes condições ambientais, verificaram aumento do teor de lipídios quando os grãos foram armazenados a 30 °C e 84% de U.R., sendo este aumento de 17,18 para 19,90% após seis meses, atingindo 20,36% após nove meses. Razões para este aumento de lipídios durante os períodos de armazenamento não foram citadas.

Sementes de aveia-branca, colhidas com umidade alta não apresentaram efeito significativo para a curva de regressão entre os fatores de variação para a variável fibra. Sementes colhidas com média e baixa umidade se ajustaram ao modelo quadrático apresentando um aumento no teor de fibras ao decorrer do armazenamento (Figura 35D). O mesmo comportamento pode ser visto para a variável cinzas (Figura 35E).

Mesmo quando armazenadas sob condição de frio, sementes de aveia-branca colhidas com diferentes umidades apresentaram aumento na atividade de água. Sementes colhidas com umidade média apresentaram maior atividade de água ao final do armazenamento, estando a água prontamente disponível para reações, ocasionando o processo de deterioração das sementes (Figura 36A).

Figura 36 - Atividade de água (A), pH (B) e número de queda (C) em virtude de umidade de colheita e tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca (*Avena sativa*), em condição frio-seco. Passo Fundo – RS, 2022.



Alta – Umidade de colheita 20±1%; Média – Umidade de colheita 17±1%; Baixa – Umidade de colheita 12±1%.

Sob o sistema de armazenamento frio-seco, as sementes de aveia colhidas com alta umidade apresentaram uma tendência de declínio no pH das sementes até 60 dias, seguido de um aumento a partir desta data até o final do armazenamento (Figura 36B). Para as umidades média e baixa os dados não se ajustaram a nenhuma modelo de regressão testado.

Ao final do período de armazenamento sementes de aveia-branca colhidas com umidade alta apresentaram um acréscimo de 20 segundos no número de queda ou número de queda da solução contendo farinha oriunda das sementes (Figura 36C). Isso se justifica pela redução da atividade da enzima alfa-amilase. A enzima é importante na hidrólise do amido, sendo responsável por 90% da atividade amilolítica em semente de milho.

4.5 Conclusões

Em virtude do tempo de armazenamento é possível concluir que as sementes de aveia-preta e de aveia-branca sofrem alterações negativas na umidade, atividade de água (a_w) e pH, o que sugere que estariam em condição favorável ao desenvolvimento microbiano e conseqüentemente deterioração das sementes.

Em relação à composição química das sementes de aveia-preta e de aveia-branca, em razão da umidade de colheita não há uma disparidade em relação às três faixas de umidade (alta, média e baixa), em condições de armazenamento ambiente, hermético e frio-seco, sendo assim as sementes podem ser colhidas o mais próximo da maturidade fisiológica, secadas artificialmente e logo após armazenadas. Com isso é possível inferir que o produtor poderá realizar a colheita antecipada, retirando antecipadamente as sementes do campo, reduzindo assim o tempo de exposição a fatores abióticos e bióticos do ambiente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A umidade de colheita, influencia diretamente a qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca e aveia-preta, assim como o ambiente de armazenamento. Logo após a colheita as sementes colhidas mais úmidas apresentam qualidade fisiológica superior em relação às sementes colhidas com $12\pm 1\%$ de umidade. Ao longo do tempo de armazenamento, as sementes as colhidas mais secas apresentam um acréscimo na expressão da qualidade, em virtude da superação da dormência, porém aos 180 dias as sementes colhidas com $20\pm 1\%$ de umidade se destaca mais, apresentando qualidade fisiológica superior avaliada por determinadas testes de vigor.

Diante disso é possível que o agricultor retire suas sementes antecipadamente do campo, possibilitando adiantar os manejos pré-semeadura das culturas sucessoras de verão. Entretanto deve levar em consideração a secagem artificial, que deverá ser realizada nas sementes colhidas mais próximas da maturidade fisiológica, para garantir a qualidade final das sementes.

Este trabalho avaliou, baseado em dogmas da ciência em sementes os preceitos sobre a colheita próxima à maturidade fisiológica, fornecendo bases para mudanças de paradigmas. Isso representa alternativas ao cultivo da aveia no sistema de produção, na gestão da propriedade, na renda do produtor rural, no escalonamento de colheita e por consequência na semeadura da cultura de verão, conservando a qualidade das sementes ou mesmo do grão que irá para a indústria.

Ao final deste trabalho sugere-se a correlação entre as variáveis analisadas da qualidade fisiológica com a qualidade químicas das sementes colhidas com diferentes umidades e armazenadas ao longo do tempo em diferentes condições.

7 CONCLUSÃO GERAL

O momento da colheita e o tempo de armazenamento de sementes de aveia-branca e aveia-preta influenciam a qualidade fisiológica e química das sementes.

Sementes de aveia-preta e aveia-branca colhidas com umidade alta e média apresentam melhor qualidade fisiológica superior em relação às sementes colhidas com baixa umidade, logo após a colheita, assim como ao final do período de armazenamento.

O armazenamento de sementes de aveia em condições frio-seco e hermético preserva a qualidade fisiológica e a composição química das sementes não ocorrendo acentuadas oscilações ao longo do tempo de armazenamento.

REFERÊNCIAS

AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved** methods. 9.ed. Saint Paul, 1995. v.2.

AACC- American Association of Cereal Chemists. **Approved methods**, 9 ed. Saint Paul: AACC, 1999.

ABRASEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS.
Estatísticas. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br>>. Acesso em: 22 out. 2019.

ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M. PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p.240-247, 2013.

ABREU. P. A. A. Caracterização dos Fatores Nutricionais e Antinutricionais de Sementes de frutos do cerrado. Dissertação apresentada á coordenação do programa de pós-graduação, em ciência e tecnologia de alimentos, 2015.

AGUIAR, R. W. de S. et al. Effect of carbon dioxide on quality of rice seeds. **Bioscience Journal**, v.31, n. 5, p. 1413-1422, 2015.

AHRENS, D. C. **Temperaturas limite para secagem de sementes de aveia branca**. Tese (Doutorado – Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

AL-MAHANESH, M. A.; RABABAH, T. M. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. *J. Food Eng., California*, v. 79, n. 4, p. 1467-1473, 2007

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

AMORIM, A.G.; SOUSA, T.A.; SOUZA, A.O. Determinação de pH e acidez titulável da farinha de semente de abóbora. Viiconnepsi 2012.

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**, 16 ed. Washington: AOAC, v.1 e 2, 1997.

AOSA - Association of Official Seed Analysts (1983) Seed vigour testing handbook. East Lasing, AOSA. 88p.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; GOUVEIA, J. P. G.; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.

BARBIERI, R. L., Aveia. In BARBIERI, R. L.; STUMPF, E.R.T. (Ed.) **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008, 211p.

BAUDET, L.M.L.; VILLELA, F.A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A. MENEGHELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2019

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. (1992). Química do processamento de alimentos. 2. ed. São Paulo: Varela

BORGES, S.; BORGES, E. E. L.; CORREA, P. C.; BRUNE, A. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 475-481, 2009.

BRASIL. Instrução normativa nº45, de 17 de setembro de 2013. (Normas, Padrões de Qualidade e Identidade de Sementes de Espécies Forrageiras de Clima Temperado). Diário Oficial da União: Brasília, seção 1, p.4-5.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

BUCKERIDGE, M. S. et al. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, cap.2, p. 31-50, 2004.

BUSTOS, F.M BENIN, G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; LORENCETTI, C.; VIEIRA, E.A.; COIMBRA, J.L.M.; VALÉRIO, I.P.; FLOSS, E.L.; BERTAN, I.; SILVA, G.O. da. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.295-302, 2005.

CAETANO, G. S.; SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Higroscopicidade de sementes de caju-de-árvore-do-cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 437-445, 2012.

CANTOS, A. A.; TUNES, L. M.; BARBIERI, A. P. P.; TAVARES, L. C. Avaliação de testes de vigor em sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 2, p. 1-11. 2011.

CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F. DA S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p.272-278. 2012.

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q.; MENDES, F.Q.; TAVARES, L.F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 20(3): e327420312, 2020.

CARVALHO, I. T. Microbiologia dos alimentos. Recife: EDUFRPE, 2010. 86 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p

CBPA - COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Indicações técnicas para cultura da aveia. Guarapuava: **A comissão: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária**, 2006. 82p.

CBPA - COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Indicações técnicas para cultura da aveia. In: XXXIV REUNIÃO DA COMISSÃO DE PESQUISA EM AVEIA, 2014, Passo Fundo. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. 136p.

CBPA – Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. **Indicações técnicas para cultura da aveia**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006, 82p.

CHATTHA, S. H. et al. Effect of different packing materials and storage conditions on the viability of wheat seed (TD-1 variety). **Science, Technology and Development**, v. 31, n. 1, p. 10-18, 2012.

COFFMAN, F.A. **Oats and oats improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 650p, 1961.

CORADI, P. C.; PEREIRA, T. L. L.; CAMILO, L. J. Quality of seeds of jatobá-do-cerrado processed and stored in diferents forms. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 665-684, 2016.

DAL MOLIN, V. T. S. **Avaliação química e sensorial do grão de aveia em diferentes formas de processamento**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil, 2011.

DALL'AGNOL, A. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. Brasília, DF: **Embrapa**, p. 71, 2016.

DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; SOUZA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n.3, p. 45-55. 1987.

DAN, LG.M.; DAN, H.A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 32, n.2, p. 131-139, 2010.

DANIELWSKI, R.; CARAFFA, M.; MORAES, C.S.; LÂNGARO, N.C.; CARVALHO, I. Q. Informações técnicas para a cultura da aveia. 40º Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de aveia. Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), 190 p., 2021.

DE FRANCISCO, A. C.; FEDERIZZI, L. C.; SETTI, T. Development of Oat Production in Brazil: Interaction between Agriculture, Academia, and Industry. St. Paul, Minnesota: **Cereal Food World**, 2019.

DE MORI, C. A cultura da aveia: cenário internacional e brasileiro. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 32, 2012, Passo Fundo. Palestra... Passo Fundo: CBPA, 2012. 1 CD-ROM.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Revista Seed News**. v. 6, p. 24-31. 2002.

DEMITO, A. Manejo Pós colheita de Sementes: manutenção da germinação e vigor. Cool seed. 2019.

DEMITO, A.; AFONSO, A.D.L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.7-14, 2009.

DIAS, D.C.F.S.; OLIVEIRA, G.L.; VALLORY, G.G.; SILVA, L.J.; SOARES, M.M. Physiological changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 041-049, 2016.

EDMOND, J. B.; DRAPALLA, W. J. The effects of temperature, sun, and soil, and acetone on germination of okra seed. Proceedings of the **American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v. 17, p. 428-443, 1958.

EGLI, D. B.; HAMMAN, B.; RUCKER, M. Seed Vigor and Uniformity of Seedling Emergence in Soybean. **Seed Technology**, v. 32, n. 2, p. 87-95. 2010.

ELIAS, M. C. et al. Armazenamento de grãos. In: ELIAS, M.C. Armazenamento e conservação e conservação de grãos em médias e pequenas escalas. Pelotas: UFPel, cap. 4, p. 95-108, 2002.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M. de; VANIER, N.L.; FERREIRA, C.D. Tecnologias de pré armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. PÓLO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ALIMENTOS DA REGIÃO SUL - COREDE-SUL / SCT-RS. Pelotas, Ed. UFPel, 2015. 102 p.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**. London, v. 45 p. 13-30, 1980.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 03 de dez. 2021.

FARONI, L. R. Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 5, p.34-41, 1998.

FEDERIZZI, L.C.; MILACH, S.C.K.; PACHECO, M.T.; NETO, J.F.B; SERENO, M.J.C.M. Melhoramento da Aveia. **In: Melhoramento de Espécies Cultivadas**. p. 131 – 157; Editor Aluizio Borém: UFV, Minas Gerais, 1999.

FERRARI FILHO, A. **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento.** Dissertação (Mestrado – Horticultura), Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, p.191-218, 2002.

FRANCO, B.D.G.M., LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo, Editora Atheneu, 2008.

FREITAS, R. A. Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. Tecnologia de sementes de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, p.155-182, 2009.

FREITAS, R.A.; DIAS, D.C.F.S.; CECON, P. R.; REIS, M. S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 94-101, 2000.

GARCIA, D. C.; SOUZA, A. C.; BARROS, A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N. L. A. A Secagem de sementes. **Revista Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004a.

GARCIA, D. M. **Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granja de integração avícola** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004b.

GRZYBOWSKI, C.R.S.; FARINACIO, R.; PANOBIANCO, M. Reduction in the period for evaluation of the physiological quality of newly harvested black oat seeds. **J. Seed Sci.** v. 37, p. 244-248. 2015.

GUTKOSKI, L. C.; EICHELBERGER, L.; SANTIN, J. A.; PORTELLA, J. A.; SPIER, F.; COLUSSI, R. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambado com ar natural forçado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 29, p. 879-885, 2009.

GUTKOSKI, L.C. Composição química. In: GUTKOSKI, L.C.; PEDO, I. Aveia: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000. 191 p.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A. Efeito do cozimento por extrusão na estabilidade oxidativa de produtos de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.1, p.119-127, 1999.

HAFEEL, R.F.; PRASANTHA, B.D.R.; DISSANAYAKE, D.M.N. Effect of Hermetic-Storage on Milling Characteristics of Six Different Varieties of Paddy. **Tropical Agricultural Research**, v. 20, n.1, p. 102-114, 2008.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). Seed biology. New York: **Academic Press**, v.3, p.119-152, 1972.

HOU, H. J.; CHANG, K.C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 28, p. 473-488, 2004.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>> Acesso em 20 de nov. 2021.

IPEA. Barreiras fitossanitárias sobre as importações no Brasil: o caso da aveia. Brasília, 2018.

JAY, J.M. LOESSNER, M.J., GOLDEN, D.A. Modern food Microbiology. 7th Ed. New York, Springer, 2005.

JUVINO, A. N. K.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; SALES, J. DE F. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p.844-850, 2014.

KAPPES, C.; A.R.F., O.; FERREIRA, J.P.; PORTUGAL, J.R.; ALCARDE, A. M.; ARF, M.V.; VILELA, R.G. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicação de paraquat em pré-colheita. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p.9-18,2012.

KRZYANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. A Semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades – **Série Sementes. Circular técnica 55**. Londrina, PR, 2008.

LIN, S.S. & CARVALHO, F.I.F. Efeito do período de colheita sobre a qualidade e rendimento do produto final de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.14, n.2, p.151-158, 1978.

LIST, G. R.; MOUNTS, T. L. Origin of the nonhydratable soybean phosphatides: whole beans or extraction? *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Champaign, v. 70, p. 639-641, 1993.

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

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. 11. Ed. 2005. 1242 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes, 1999. cap.3, p.1-24.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARINI, L. J.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Efeito da temperatura de secagem e relação de intermitência na inativação enzimática e viscosidade de pasta de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 55-60, 2007b.

MARINI, L. J.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; SANTIN, J. A. Qualidade de grãos de aveia sob secagem intermitente em altas temperaturas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, 2007a.

MASETTO, T. E.; GORDIN, C. R. B.; QUADROS, J. B.; REZENDE, R. K. S.; SCALON, S. P. Q. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 646-652, 2013.

McDONALD, M.B. Orthodox Seed Deterioration and Its Repair. In: BENECH-ARNOLD, R.L.; SÁNCHEZ, R. A. **Handbook of seed physiology**: applications to agriculture. Binghamton: Food Products Press, p. 273-304, 2004.

MIELEZRSKI, F.; MARCOS-FILHO, J. Assessment of physiological potential of stored pea (*Pisum sativum* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p.42-50, 2013.

- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, Cap.2, p. 1-21. 1999.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; CASTRO, M.M. Armazenamento de sementes de aveia preta produzidas em solos de diferentes fertilidades. **Revista Brasileira de Sementes** v. 26, n. 2, p. 07-14. 2004.
- NEDEL, J.L. Fundamentos da qualidade de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D'A; ROTA, G.R.M. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária (UFPel), p. 94-136. 2003.
- OLIVEIRA, A. C. S.; COELHO, F. C.; VIEIRA, H. D.; RUBIM, R. F. Armazenamento de sementes de milho em embalagens reutilizáveis, sob dois ambientes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 1, p. 17-28, 2011.
- OLIVEIRA, L. C.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; MAZZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C. Efeito da temperatura de secagem na qualidade dos grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 313-319, 2010.
- PÁDUA, G.P.; VIEIRA, R.D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p. 255-262, 2001.
- PASCUALI, L.C. Estimativa do potencial de armazenamento de soja, através do vigor das sementes. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. UFPel. Pelotas, 52p. 2012.
- PESKE, S. T. Colheita : quando, como ? **Seed News**, Pelotas, v.18, n.5, p. 28-34, 2014.
- PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. In: 5 ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2019.
- PETRENKO, V. Influence of storage conditions on germination of winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in relation to agriculture systems. *Žemės Ūkio Mokslai*, v. 21, n. 3, p. 173–180, 2014.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: Agiplan, 1977. 289p.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior/ Ministério da Educação e Cultura (ABEAS/MEC), 2ª.ed., p. 157, 194-195. 1985.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: ICEA, 2000, 601p.

RADÜNZ, L. L.; et al. Métodos de armazenamento de grãos de milho e qualidade química. *Revista Brasileira de Armazenamento*. Viçosa, v. 29, n. 2, p. 152-158, 2004.

RAMOS, A., ZANON, A. Dormência em sementes de espécies florestais nativas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 1984. Belo Horizonte, MG. Anais... ABRATES, p. 241-265, 1984.

RUPOLLO, G. et al. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.1, p. 118-125, 2006.

SANTOS, C. M. R., MENEZES, N. L. de; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**.v. 26, n. 1, pp. 110-119. 2004.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis. Campinas: ITAL, 2001. 215 p.

SARATH, K.L.L.; GONELI, A.L.D.; HARTMANN FILHO, C.P.; MASETTO, T. E.; OBA, G.C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v. 38 n. 3, p. 233-240, 2016.

SCARIOT, M. A.; PASINATO, C.; GALON, L.; DIONELLO, R. G.; RADUNZ, L. L. Immediate and latent damages of drying temperature in the quality of black oat (*Avena strigosa* Schreb.) seeds. *Agronomía Colombiana*, v. 38, n. 2, 2020.

SCARIOTI, M.A.; RNADÜZ, L.L.; DIONELLO, R.G.; TONI, J.R.; MOSSI, A.J.; REICHERT JUNIOR, F. W. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system. **Journal of Stored Products Research**, v. 75, p. 29-34, 2018.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S.; ROSENTHAL, M.D. Emergência no campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, 2000.

SILVA, F.S. da. et al. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p. 45-56, 2010.

SILVA, H.W.; VALE, L.S.R.; SILVA, C.F.; SOUZA, R.C.; SOARES, R.S. Drying kinetics and physiological quality of ‘Cabacinha’ pepper seeds during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 292-297, 2018.

SILVA, J. S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas, Viçosa: **Aprenda Fácil**, 2008. 560p.

SIMIONI, D.; WEBBER, F. H.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, L. C.; AOSANI, E. Caracterização química de cariopses de aveia branca. **Alimentação e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 2, p. 191-196, 2007.

SIQUEIRA, R. S. Manual de microbiologia de alimentos. Embrapa, 1995. 159p.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446–453, 2014.

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, V. Ambiente controlado para armazenamento e qualidade de sementes de soja em Roraima. **Embrapa Roraima: Boa Vista**, 2006. (Comunicado Técnico, 14).

STRELEC, I. Influence of temperature and relative humidity on grain moisture, germination and vigour of three wheat cultivars during one year storage. **Poljoprivreda**, v. 16, n. 2, p. 20-24, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAVARES, C.J.; ARAÚJO, A.C.F.; JAKELAITIS, A.; RESENDE, O.; SALES, J.F.; FREITAS, M. A. M. Qualidade de sementes de feijão-azuki dessecadas com saflufenacil e submetidas ao armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1197–1202, 2015.

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.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. N.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TUNES, L. M. et al. Armazenabilidade de sementes de cevada colhidas em diferentes épocas. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 403-412, 2010.

TUTTLE, K. M. et al. Grain dormancy loss is associated with changes in ABA and GA sensitivity and hormone accumulation in bread wheat, *Triticum aestivum* (L.). **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 179-193, 2015.

USDA. United States Department of Agriculture, Grain: World Markets and Trade., 2020. Disponível: < <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/zs25x844t/j3860r71x/7h14b7488/grain.pdf> >. Acesso: 03 jan. 2022.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. **The new Oxford book of food plants**. New York: Oxford University, 1997, 234p.

VERGARA, R. O.; CAPILHEIRA, A. F.; GADOTI, G. I.; VILELLA, F. A. Intermittence periods in corn seed drying process. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 193-198, 2018.

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. cap. 4, p. 1-26.

VILLELA, F.A.; PERES, W.B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: A.G. Ferreira & F. Borghetti (eds.). **Germinação do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, pp. 265- 281. 2004.

WELTI, J.; VERGARA, F. Atividade de água / Conceito y aplicación em alimentos com alto contenido de humedad. In: AGUILERA, J.M. Temas em Tecnologia de Alimentos. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile, 1997. p.11-26.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. V. Viscoelastic properties of wheat gliadin and gluten suspension. *Food Chem.*, Reading, v. 101, n. 3, p. 1025-1030, 2007.

ZONTA, J.B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L.A.S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 724-734, 2011.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803–809, 2015.



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV