

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FABIANA BARRIONUEVO

**INFLUÊNCIA DA RUPTURA DO TEGUMENTO NA QUALIDADE DE SEMENTES
DE SOJA**

PATO BRANCO

2023

FABIANA BARRIONUEVO

**INFLUÊNCIA DA RUPTURA DO TEGUMENTO NA QUALIDADE DE SEMENTES
DE SOJA**

Influence of tegument rupture on the quality of soybean seeds

Trabalho de conclusão de curso de Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Pós-graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Giovani Benin.

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco**



FABIANA BARRIONUEVO

INFLUÊNCIA DA RUPTURA DO TEGUMENTO NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 10 de Fevereiro de 2023

Dr. Giovanni Benin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Adriana Paula D Agostini Contreiras Rodrigues, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Cristian Rafael Brzezinski, Doutorado - Gdm Genética do Brasil Ltda

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 10/02/2023.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Celso e Marlei.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus pelo Dom da vida, saúde e proteção.

A minha família, em especial meus pais Celso e Marlei, por todo apoio, amor e incentivo. Vocês abraçaram a ideia junto comigo e tornaram essa trajetória mais leve e regada de muito amor.

Ao meu noivo, Eduardo por estar junto comigo em todos os momentos, não medindo esforços para me ajudar e incentivar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Giovani Benin, por todo o conhecimento, confiança e orientação, obrigada por sempre compartilhar seu conhecimento ao longo de toda minha trajetória na UTFPR.

Agradeço aos colegas de pós-graduação, em especial, Maiara Cecilia Panho, pelo imenso suporte e dedicação durante a execução da pesquisa.

A todos os professores da PPGAG que são excelentes profissionais, estando sempre dispostos a nos ajudar e repassar os seus conhecimentos.

A CAMISC pela oportunidade de estudo e desenvolvimento pessoal e profissional, em especial, Tiago Almeida, Marlize e Nicolý, que deram todo o suporte necessário para que fosse possível realização deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para que eu pudesse alcançar essa conquista.

Muito obrigada!

Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei.
(Almir Sater; Renato Teixeira)

RESUMO

A cultura da soja ganha cada vez mais importância no cenário brasileiro e mundial, visto que tem sido o principal produto exportado nos últimos anos. O Brasil tem se consolidado como o maior produtor mundial da cultura, o produto na maioria das vezes é exportado em grãos, mas o óleo e o farelo são os principais derivados, os quais são amplamente utilizados para alimentação humana e animal. O aumento da produtividade Brasileira se dá pelos avanços de cultivares com alto potencial produtivo e a expansão das áreas. A produtividade da soja está associada a boa implantação da cultura no campo, a qual está totalmente associada a qualidade das sementes. Nos últimos anos, algumas cultivares apresentam um rasgo no tegumento. Existem poucos estudos sobre a influência deste rasgo na qualidade das sementes e qual é o prejuízo ao longo do tempo de armazenamento. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar sementes de três cultivares de soja com diferentes percentuais de rasgo do tegumento, submetidas a diferentes tempos de armazenamento, produzidas em três campos de produção. As análises foram realizadas no laboratório de sementes da CAMISC (Cooperativa Agrícola Mista São Cristóvão). Foram utilizadas as cultivares 57159RSF IPRO, 58160RSF IPRO e 64161RSF IPRO. Após a colheita e o beneficiamento, as sementes passaram por uma análise visual, separando amostras com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de rasgo, para análises de germinação, vigor (Envelhecimento acelerado), teste de tetrazólio (Viabilidade e vigor) e índice de velocidade de hidratação. A análise dos dados foi realizada dividindo os dados em dois estudos: I) Fatorial 3x3x4 (campo de produção x cultivar x tempo de armazenamento) e II) Fatorial 4 x 5 (tempo de armazenamento x rasgo no tegumento). Para os fatores qualitativos, foram realizadas a análise de comparação de médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e para o fator quantitativo foi realizado ajuste de regressão. Os resultados obtidos com este estudo indicam que o rasgo no tegumento das sementes varia dependendo do campo de produção e da cultivar. A cultivar BMX Cromo TF IPRO apresenta uma maior intensidade de rasgo e conseqüentemente uma menor qualidade fisiológica. O local de produção que propicia a melhor qualidade de sementes foi Palmas – PR. Sendo assim, lotes de sementes com rasgo no tegumento devem passar por rigorosos controles de qualidade durante o armazenamento para evitar prejuízos a sementeiros e agricultores.

Palavras-chave: Sementes. Tegumento. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The soybean crop is gaining more and more importance in the Brazilian and world scenario, since it has been the main exported product in recent years. Brazil has established itself as the world's largest producer of the crop, the product is most often exported in grains, but oil and bran are the main derivatives, which are widely used for human and animal food. The increase in Brazilian productivity is due to the advances in cultivars with high productive potential and the expansion of areas. Soybean productivity is associated with good implantation of the crop in the field, which is totally associated with seed quality. In recent years, some cultivars show a tear in the tegument. There are few studies on the influence of this trait on seed quality and what is the damage over time of storage. Thus, the objective of this work was to evaluate seeds of three soybean cultivars with different percentages of tegument tear, submitted to different storage times, produced in three production fields. The analyzes were carried out in the seed laboratory of CAMISC (Cooperativa Agrícola Mista São Cristóvão). The cultivars 57159RSF IPRO, 58160RSF IPRO and 64161RSF IPRO were used. After harvesting and processing, the seeds underwent a visual analysis, separating samples with 0%, 25%, 50%, 75% and 100% tear, for analysis of germination, vigor (accelerated aging), tetrazolium test (Viability and vigor) and hydration velocity index. Data analysis was carried out by dividing the data into two studies: I) Factorial 3x3x4 (production field x cultivar x storage time) and II) Factorial 4 x 5 (storage time x Tegument tear). For the qualitative factors, an analysis was performed to compare means using the Tukey test at a 5% error probability level, and for the quantitative factor, a regression adjustment was performed. The results obtained from this study indicate that the tear in the seed coat varies depending on the production field and cultivar. The cultivar BMX Cromo TF IPRO has a higher intensity of tearing and consequently a lower physiological quality. The production site that provides the best seed quality was Palmas - PR. Therefore, lots of seeds with a tear in the tegument must undergo strict quality controls during storage to avoid damage to seedlings and farmers.

Keywords: Seeds. Coat. Physiological quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Separação manual dos lotes de sementes de soja com a presença de rasgo no tegumento	22
Figura 2- Viabilidade - TZ (%) das cultivares de sementes de soja BMX Cromo (A), BMX Lança (B), e BMX Fibra (C) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias).....	28
Figura 3 - Vigor - TZ (%) das cultivares de soja BMX Cromo (A), BMX Lança (B) e BMX Fibra (C) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias).	29
Figura 4- Germinação (%) das cultivares BMX Cromo (A), BMX Lança (B) e BMX Fibra (C) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas - PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR.....	31
Figura 5 - Envelhecimento acelerado (%) das cultivares de soja BMX Cromo (A), BMX Lança (B) e BMX Fibra (C) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR.....	32
Figura 6 - Sementes com rasgo no tegumento das três cultivares de soja avaliadas, BMX Cromo TF IPRO (A), BMX Lança IPRO (B) e BMX Fibra IPRO (C)	34
Figura 7 – Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (e) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função da percentagem de rasgo do tegumento (0,25,50, 75 e 100%) produzidas em Palmas – PR.....	38
Figura 8 - Rasgo no tegumento da semente de soja e dano por umidade no eixo embrionário demonstrado pelo teste de tetrazólio	39
Figura 9 - Índice de velocidade de hidratação (g água min) Palmas – PR (A), Água Doce – SC (B) e Clevelândia – PR (C) das sementes da cultivar de soja BMX Cromo (57I59RSF IPRO) com percentagens de rasgo no tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%)	40
Figura 10- Viabilidade – TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas – PR.....	41
Figura 11- Viabilidade -TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função da percentagem de rasgo do tegumento (0,25,50, 75 e 100%) produzidas em Água Doce – SC.....	43
Figura 12- Vigor – TZ (A), germinação (B), envelhecimento acelerado (C) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Água Doce – SC.....	44
Figura 13 - Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função da percentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Clevelândia – PR .	45
Figura 14- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Clevelândia – PR	46

Figura 15 – Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (e) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60 RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Palmas - PR.....	48
Figura 16- Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas - PR.....	49
Figura 17- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60 RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Água Doce – SC...	50
Figura 18- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Água Doce - SC	51
Figura 19 – Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60 RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Clevelândia - PR..	52
Figura 20- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas no Clevelândia - PR	53
Figura 21 - Índice de velocidade de hidratação (g água min) Palmas - PR (A), Clevelândia - PR (B) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) com porcentagens de rasgo no tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%).....	54
Figura 22- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Palmas – PR.....	56
Figura 23- Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas – PR.....	57
Figura 24- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Água Doce – SC...	58
Figura 25- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Água Doce -SC	59
Figura 26- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Clevelândia – PR .	60
Figura 27- Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Clevelândia – PR	61
Figura 28 - Índice de velocidade de hidratação (g água min ⁻¹) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) produzidas em Clevelândia - PR com porcentagens de rasgo no tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%)	62
Figura 29- Fotografias do tegumento das cultivares de soja BMX Cromo TF IPRO, BMX Fibra IPRO e BMX Lança IPRO obtidas pelo Microscópio eletrônico de varredura (MEV)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cultivares avaliadas, latitude, longitude e Municípios/UF dos campos produção de sementes de soja	21
Tabela 2 – Percentual de rasgo do tegumento nos lotes originais das cultivares de soja BMX Cromo (57159RSF IPRO), BMX Lança (58160RSF IPRO) e BMX Fibra (64161RSF IPRO).....	22
Tabela 3 – Segregação dos lotes de semente de soja de acordo com o percentual de rasgo no tegumento	23
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Cromo (57159RSF IPRO), BMX Lança (58160RSF IPRO) e BMX Fibra (64161RSF IPRO) armazenadas por 0, 60, 120 e 180 dias, produzidos em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR	26
Tabela 5 - Equações, coeficientes de determinação (R^2), das figuras de regressão de viabilidade - TZ, vigor – TZ, germinação e envelhecimento acelerado	33
Tabela 6 - Médias para viabilidade - TZ (%), vigor - TZ (%), germinação (%), envelhecimento acelerado (%) de BMX Fibra, BMX Lança e BMX Cromo produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR armazenadas por 180 dias	36
Tabela 7- Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Cromo (57159RSF IPRO) armazenadas por 0, 60, 120 e 180 dias, produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR.....	37
Tabela 8- Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Lança (58160RSF IPRO) armazenadas por 0, 60, 120 180 dias, produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR	46
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Fibra (64161RSF IPRO) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR e armazenadas por 0, 60, 120 e 180 dias	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMX	BRASMAX GENÉTICA	
cm	CENTÍMETRO	
CV	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	
CONAB	COMPANHIA DE NACIONAL DE ABASTECIMENTO	
CAMISC	COOPERATIVA AGRÍCOLA MISTA SÃO CRISTÓVÃO	
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA	
EA	ENVELHECIMENTO ACELERADO	
GERM	GERMINAÇÃO	
g	GRAMA	
°C	GRAUS CELSIUS	
GL	GRAUS DE LIBERDADE	
h	HORA	
IVH	ÍNDICE DE VELOCIDADE DE HIDRATAÇÃO	SU
MEV	MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA	MÁ
mL	MILILITRO	RI
min	MINUTO	O
PMET	PONTO DE MÁXIMA EFICIÊNCIA TÉCNICA	
%	PORCENTAGEM	
PR	UNIDADE DA FEDERAÇÃO – PARANÁ	
SC	UNIDADE DA FEDERAÇÃO – SANTA CATARINA	1
TZ	TESTE DE TETRAZÓLIO	INT
UBS	UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTE	RO
VIAB	VIABILIDADE	DU
VIG	VIGOR	ÇÃ
		O
		2
		RE
VISÃO BIBLIOGRÁFICA.....		15
2.1 Importância econômica da cultura da soja		15
2.2 Importância da qualidade das sementes de soja.....		16
2.3 Influência do armazenamento na qualidade das sementes		17
2.4 Importância das estruturas de proteção das sementes soja.....		18
2.5 Efeitos dos rasgos no tegumento na qualidade das sementes de soja		19
3 MATERIAL E MÉTODOS		21
3.1 Material e locais de condução dos campos de produção de sementes		21
3.2 Condução experimental		21
3.2.1 Local de condução, preparo do material vegetal e armazenamento		21
3.3 Caracteres avaliados.....		23

3.3.1 Teste de hipoclorito	23
3.3.2 Germinação	23
3.3.3 Teste de envelhecimento acelerado (EA).....	23
3.3.4 Teste de Tetrazólio	24
3.3.5 Velocidade de hidratação de sementes (Atmosfera úmida)	24
3.4 Análise de dados	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Estudo 1- Influência do tempo de armazenamento, campo de produção e cultivares de soja, na qualidade fisiológica de sementes de lotes originais...	26
4.2 Estudo 2 - Avaliação da influência do rasgo no tegumento e do tempo de armazenamento da qualidade das sementes nos três campos de produção..	36
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE A - Tabela de análise de variância IVH	70

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max (L.) Merrill*] ganha cada vez mais importância no cenário brasileiro e mundial, visto que tem sido o principal produto exportado no Brasil nos últimos anos, com cerca de 86,65 milhões de toneladas. Isso deve-se ao fato da grande área plantada, as boas condições de clima e manejo e o grande investimento dos produtores rurais na cultura (CONAB, 2021). Atualmente, no Brasil, são plantados 41,50 milhões de hectares e produzidos cerca de 127,00 milhões de toneladas, o que torna o Brasil o maior produtor mundial da cultura da soja (USDA, 2022).

A oleaginosa é matéria-prima de inúmeros produtos. Seu grão é rico em óleo, proteínas, ácidos graxos e vitaminas, sendo utilizado para inúmeras finalidades, como na alimentação humana e animal, produção de biocombustíveis, lubrificantes, entre outros (ÁVILA *et al.*, 2007). Tem grande participação em diversos setores do mercado, no entanto, a principal utilização é como matéria prima na produção de óleo e farelo (PÍPOLO *et al.*, 2015).

Um fator muito importante na cultura da soja é a qualidade das sementes, a qual está associada a bom estabelecimento da cultura no campo, e que quando associado a condições ambientais adequadas, propiciam elevadas produtividades. A qualidade das sementes é composta pelos atributos genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários e, quando estes possuem elevados padrões de qualidade, são um grande diferencial no desenvolvimento da cultura (SILVA *et al.*, 2011).

Uma boa implantação da cultura depende da qualidade das sementes. Neste sentido, é importante que todas as estruturas das sementes estejam intactas, favorecendo o bom desenvolvimento das plântulas. A principal estrutura de proteção da semente é o tegumento, que funciona como uma barreira física que protege o embrião do meio externo, evitando que ele sofra com impactos, ataques insetos e patógenos, e controlando a velocidade de absorção de água (TEIXEIRA, 2021). A qualidade das sementes está diretamente relacionada com a integridade do tegumento, principalmente tendo em vista sementes que possuem no tegumento fendas, trincas, fissuras ou cicatrizes, que permitem maior permeabilidade de água assim reduzindo o potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2005).

Anualmente, são disponibilizadas para cultivo um grande número de cultivares, dentre as quais algumas vem apresentando alta taxa de rasgo no

tegumento. Esse rasgo, conhecido também como ruptura fisiológica, que é desencadeado por condições ambientais em cultivares que são predispostas geneticamente, ou seja, é uma característica fenotípica que pode influenciar a qualidade fisiológica das sementes (ZORATO, 2018).

Neste contexto, saber como o rasgo no tegumento pode impactar o potencial fisiológico de sementes de diferentes cultivares, produzidas em ambientes de cultivo distintos, é de fundamental importância, pois é através das sementes que toda tecnologia é transferida para campo.

Desta forma, o objetivou-se no presente trabalho avaliar sementes de três cultivares de soja, com diferentes percentuais de rasgo no tegumento, produzidas em três ambientes, e submetidas a diferentes tempos de armazenamento, quanto a qualidade fisiológica das sementes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica da cultura da soja

A soja pertence à família Fabaceae, é uma planta herbácea incluída na classe das dicotiledôneas, gênero *Glycine L.* e da espécie *Glycine max (L.) Merrill* (GONZAGA *et al.*, 2020). A domesticação da cultura teve início no nordeste da Ásia e a sua disseminação ocorreu pelas navegações, do Oriente para o Ocidente (CHUNG; SINGH, 2008). Em torno dos anos de 1882 iniciou-se os primeiros cultivos no Brasil, no Estado da Bahia posteriormente se expandindo para regiões do sudeste.

Historicamente, é uma leguminosa de alto valor agregado, sendo a principal oleaginosa produzida no mundo, com canais de comercialização bastante consolidados, os quais garantem aos seus produtores a segurança de investir em grandes áreas plantadas da cultura. A soja é um alimento que apresenta composição química quase completa, sendo um fornecedor de ácidos graxos, vitaminas e principalmente proteínas (ÁVILA *et al.*, 2007). A composição média dos seus grãos pode variar de acordo com a variedade e as condições em que são cultivadas, mas em média é de 40% de proteína, 21% de lipídeos, 33% de carboidrato e 5% de cinzas na base seca (HAMMOND *et al.*, 2005).

No Brasil atualmente são plantados cerca de 41,50 milhões de hectares, sendo realizado o cultivo da soja na maioria dos estados Brasileiros, fazendo com que a cultura se torne muito importante para economia (USDA, 2022). O Estado do Paraná é o terceiro maior produtor de soja, produzindo 19,1 milhões toneladas (CONAB, 2021).

Com isso, o complexo soja, formado pela soja em grãos e seus derivados, são os principais produtos exportados movimentando toda economia Brasileira. Devido à grande importância econômica da cultura e a expansão das áreas de cultivo no país, há um crescimento da percepção da importância de se investir em sementes de qualidade elevada, visto que, segundo Bagateli (2015), o uso de sementes com alto vigor assegurar o bom estabelecimento da cultura do campo e proporciona acréscimos de até 35 % no rendimento de grãos.

2.2 Importância da qualidade das sementes de soja

A utilização de sementes de cultivares com alto potencial produtivo tem sido um dos principais responsáveis pelos grandes avanços da agricultura. Para que as sementes possam ser consideradas de qualidade, é importante que possua um conjunto de atributos que são a qualidade fisiológica, genética, física e sanitária, fundamentais para um bom estabelecimento da cultura a campo (KRZYŻANOWSKI *et al.*, 2008).

A qualidade fisiológica das sementes pode ser definida como a capacidade de desempenhar funções vitais, como germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1977). Geralmente é avaliada por meio de dois parâmetros fundamentais: Viabilidade e vigor: a viabilidade é a capacidade da semente germinar em condições favoráveis, já o vigor é um conjunto de características que determinam a capacidade da planta em apresentar um bom desempenho quando situações adversas de ambiente. Assim, se a semente possui elevada qualidade fisiológica, pode proporcionar um estabelecimento adequado de plantas no campo, evitando frustrações na hora do plantio.

A qualidade das sementes pode ser afetada por diversos fatores durante todo o processo de produção, iniciando pelos fatores genéticos, onde diferentes variedades de uma mesma espécie podem apresentar maior ou menor vigor e longevidade, passando pelas adversidades ocorridas no desenvolvimento das sementes e após a maturidade fisiológica, que expõem as sementes ao ataque de pragas e microrganismos e finalizando com a ocorrência de danos mecânicos nos processos de colheita e beneficiamento (MERTZ *et al.*, 2009).

Segundo Marcos Filho (2005), o elevado potencial fisiológico das sementes pode proporcionar um aumento da produção de soja e os testes de vigor são utilizados principalmente para identificar o desempenho de lotes de sementes durante o armazenamento. Por sua vez, é importante salientar que existe uma alta variabilidade entre os genótipos de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes, o qual pode estar associado a maior tolerância a danos mecânicos, permeabilidade do tegumento e sua composição química (TRZECIAK, 2012).

A integridade física da semente é fundamental para que ela tenha um pleno desenvolvimento na emergência das plântulas no campo. Inúmeros fatores podem influenciar a qualidade física, mas na maioria das vezes os principais danos de

natureza física encontradas nas sementes de soja são oriundos de colheita mecanizada. Os danos podem atingir apenas o tegumento, causando uma ruptura (Dano imediato) ou até mesmo podem atingir as estruturas internas da semente, como o eixo embrionário sendo capaz de comprometer a capacidade da planta de se desenvolver (Dano latente). Muitas vezes os danos mecânicos na soja se dão pelo arranjo morfológico das sementes, onde conferem pouca proteção ao eixo embrionário, por se localizar em um tegumento pouco espesso (LOPES *et al.*, 2011).

A qualidade sanitária de um lote de sementes é determinada pelo grau de ocorrência de microrganismos e insetos que causam doenças ou danos à semente no armazenamento, ou que são transmitidos pela semente, e que são capazes de causar doenças (ABREU, 2005). Estes microrganismos quando associados às sementes pode causar a redução do poder germinativo, do vigor, da emergência com consequente efeito negativo sobre estande plantas na lavoura e por consequência diminuir rendimento da cultura (TALAMINI; CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

2.3 Influência do armazenamento na qualidade das sementes

Conhecer o comportamento das características fisiológicas das sementes durante o armazenamento é muito importante para seleção de sementes com altos níveis de vigor, auxiliando na tomada de decisão a respeito do comportamento das sementes diante de adversidades climáticas (RODRIGUES, 2020). No armazenamento, o processo de deterioração é inevitável, porém ele pode ser preservado dependendo das condições de armazenagem e as características da semente (SMANIOTTO *et al.*, 2014). Durante o armazenamento é importante que ocorra o monitoramento da temperatura e umidade das sementes, assim é possível reduzir a atividade respiratória da massa de sementes e minimizar as perdas quantitativas e qualitativas durante o armazenamento.

Em grande parte das regiões brasileiras, as condições climáticas adversas, principalmente relacionadas a temperatura e umidade, não permitem o armazenamento de sementes por longos períodos. As condições ideais para armazenamento de sementes de soja são em condições refrigeradas, cerca de 20°C, que reduz a incidência de patógenos e o processo de respiração das sementes, permitindo assim que a qualidade das sementes seja preservada por mais tempo (FERREIRA *et al.*, 2017). Geralmente as sementes de soja que são

armazenadas em temperatura ambiente em armazéns convencionais apresentam um decréscimo acentuado na qualidade fisiológica, gerando prejuízos ao setor sementeiro (CARDOSO *et al.*, 2012).

Entretanto, manter sementes em temperaturas baixas exige alto investimento, se tornando inviável para alguns produtores de sementes, preferindo assim investir em condições como isolamento térmico, que permitem que as temperaturas de armazenagem fiquem amenas não exigindo um alto investimento (HENNING *et al.*, 2020).

2.4 Importância das estruturas de proteção das sementes soja

A semente de soja é formada por três partes: tegumento (barreira protetora), tecido de reserva (cotilédones) e eixo-embrionário (plúmula, hipocótilo e radícula). A principal estrutura de proteção da semente é o tegumento, que é originado dos integumentos do óvulo, onde a primina dá origem a testa (integumento externo) com característica espessa e resistente e a secundina origina o tegma (integumento interno) com aspecto delgado e delicado. Analisando-o com corte transversal é possível observar que se distingue em três camadas: A epiderme formada pelas células paliçádicas, a hipoderme: formada pelas células em ampulheta e as células parenquimatosas (BAKER *et al.*, 1985).

O tegumento apresenta função de proteção durante a embebição, evitando ruptura das células e perda de substâncias intracelulares além de proteger o eixo embrionário. As características morfológicas do tegumento variam para cada genótipo e essas características podem influenciar na penetração da água e no mecanismo de controle de umidade (CARVALHO *et al.*, 2019).

Devido a pequena espessura, o tegumento da soja gera pouca proteção para o embrião, acarretando possíveis danos, já que uma semente com tegumento danificado pode na maioria das vezes facilitar a entrada de patógenos no interior das sementes e prejudicar a qualidade fisiológica (FRANÇA NETO, HENNING, 2018). Mas isso não tira sua importância na qualidade da semente, pois, o envoltório da semente possui um papel significativo no processo de germinação, quando atua como regulador de absorção de água, quanto ao dano mecânico e na proteção contra microrganismos (ZORATO, 2018).

Além disso, o tegumento da semente tem papel preventivo importante, uma vez que é um envoltório protetor associado ao vigor e longevidade para a soja. De

acordo com Teixeira (2021), sementes de soja que apresentam rasgo no tegumento tem o potencial de armazenamento negativamente afetado, principalmente se apresentam deterioração no local do rasgo, como a presença de danos por umidade no embrião.

2.5 Efeitos dos rasgos no tegumento na qualidade das sementes de soja

Nos últimos anos, com o avanço do melhoramento genético, vem sendo observado que algumas cultivares de soja apresentam um “rasgo” no tegumento, o qual é caracterizado por ser um defeito físico, detectado a partir da fase reprodutiva R6, onde há rompimento de algumas camadas do tegumento. A ruptura do tegumento de sementes de soja é uma consequência fenotípica, ou seja, tem causas genéticas e está relacionada com as condições ambientais durante a formação e maturação da semente (ZORATO, 2018).

Em determinadas condições, pode ocorrer descompasso entre o crescimento do tegumento e dos cotilédones, bem como no processo de perda de umidade no período pré-colheita com a presença de temperatura elevada, causando assim o rompimento das duas camadas mais externas do tegumento, permanecendo intacta a camada mais interna (CAPITANIO, 2017). A ocorrência do rasgo é favorecida em ambientes com alta disponibilidade de água e nutrientes durante a formação das sementes, principalmente quando associado com altas temperaturas (TEIXEIRA, 2021).

O rasgo sofre as consequências da deterioração por umidade, contribuindo para que o dano afete a parte interna da semente, danificando o eixo embrionário, parte vital para a germinação da semente, tornando a semente menos vigorosa ou até mesmo inviável (MACHADO *et al.*, 2018). Além disso, a presença de rasgo pode reduzir a longevidade de um lote de sementes, independente do ambiente de armazenamento (TEIXEIRA *et al.*, 2019). Além de contribuir para o aumento da deterioração por facilitar a entrada de água, as sementes com rasgo tendem a lixiviar mais exsudatos, tornando a mais atrativa para microrganismos saprófitas e ou patogênicos (TEIXEIRA *et al.* 2021).

Na área de atuação da cooperativa CAMISC, tem sido observado presença de rasgo nas cultivares 64I61RSF IPRO, 58I60RSF IPRO e 57I59RSF IPRO. Não se conhece as possíveis consequências para a qualidade de sementes em nível regional e nem a evolução dos danos a longo do tempo de armazenamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material e locais de condução dos campos de produção de sementes

Foram selecionados 9 campos de produção de sementes de soja das cultivares BMX Fibra IPRO (64I61RSF IPRO), BMX Lança IPRO (58I60RSF IPRO) e BMX Cromo TF IPRO (57I59RSF IPRO), da safra 2020/2021, que apresentavam rasgo no tegumento (Tabela 1). Os campos de produção pertencem a Cooperativa Agrícola Mista São Cristóvão (CAMISC).

Tabela 1 - Cultivares avaliadas, latitude, longitude e Municípios/UF dos campos produção de sementes de soja

Cultivar	Latitude	Longitude	Município/UF	Clima ¹	Campos
57I59RSF IPRO	26°33'56.1"S	51°47'08.3"W	Palmas - PR	Cfb	1
57I59RSF IPRO	26°43'40.9"S	51°36'25.0"W	Água Doce - SC	Cfb	2
57I59RSF IPRO	26°23'21.1"S	52°23'13.9"W	Clevelândia – PR	Cfb	3
58I60RSF IPRO	26°33'40.5"S	51°48'26.9"W	Palmas - PR	Cfb	1
58I60RSF IPRO	26°43'52.6"S	51°38'41.9"W	Água Doce - SC	Cfb	2
58I60RSF IPRO	26°25'38.1"S	52°23'43.5"W	Clevelândia – PR	Cfb	3
64I61RSF IPRO	26°33'07.7"S	51°49'08.9"W	Palmas - PR	Cfb	1
64I61RSF IPRO	26°45'08.0"S	51°39'36.0"W	Água Doce - SC	Cfb	2
64I61RSF IPRO	26°25'40.2"S	52°20'23.3"W	Clevelândia – PR	Cfb	3

Nota: ¹Classificação climática segundo Koppen (ALVARES *et al.*, 2013)
Fonte: Autoria própria (2023)

3.2 Condução experimental

3.2.1 Local de condução, preparo do material vegetal e armazenamento

A pesquisa foi conduzida no laboratório de análises de sementes da CAMISC, situada no município de Mariópolis – PR (-52.55 26° 20' 1" S; 52° 33' 19" O; 850m). O experimento foi conduzido em delineamento blocos ao acaso, com três repetições.

Após o recebimento das sementes no laboratório, foram separadas 5 kg de sementes para compor o lote original, de cada campo de produção de sementes e de cada cultivar. O percentual de rasgo contido no lote original de cada cultivar está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Percentual de rasgo do tegumento nos lotes originais das cultivares de soja BMX Cromo (57I59RSF IPRO), BMX Lança (58I60RSF IPRO) e BMX Fibra (64I61RSF IPRO)

Cultivares	Rasgo no lote original
BMX Cromo TF IPRO	43%
BMX Lança IPRO	34%
BMX Fibra IPRO	27%

Fonte: A autoria própria (2023)

Foram separadas 15 kg de sementes, as quais passaram por uma análise visual, separando-as em lotes com e sem rasgo, para todas as cultivares e todos os campos avaliados, evitando sementes com danos mecânicos aparentes (Figura 1).

Figura 1 - Separação manual dos lotes de sementes de soja com a presença de rasgo no tegumento



Fonte: A autoria própria (2023)

Com as sementes oriundas da separação visual, foram compostas amostras com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de rasgo (Tabela 3). Após a separação dos lotes, as sementes foram armazenadas em sacos de rafia (polipropileno trançado), em temperatura ambiente, junto aos lotes originais, por um período de 180 dias. As avaliações (descritas no item 3.3) foram realizadas nos períodos de armazenamento: 0, 60, 120 e 180 dias.

Tabela 3 – Segregação dos lotes de semente de soja de acordo com o percentual de rasgo no tegumento

(%) Rasgo	Composição das amostras para análise
0%	100 sementes sem rasgo
25%	25 sementes com rasgo + 75 sementes sem rasgo
50%	50 sementes com rasgo + 50 sementes sem rasgo
75%	75 sementes com rasgo + 25 sementes sem rasgo
100%	100 sementes com rasgo

Fonte: Aatoria própria (2023)

3.3 Caracteres avaliados

3.3.1 Teste de hipoclorito

Para realização do teste foi utilizado recipientes plásticos, peneira, solução de hipoclorito de sódio (5,25%) e água. A solução de trabalho foi obtida através da dosagem de 25 mL da solução de hipoclorito de sódio (5,25%) e 975 mL de água, para obter 1 litro de solução. Foram separadas duas amostras de 100 sementes cada e submersas na solução de trabalho, depois de 10 minutos foi realizado a avaliação e contagem das duas repetições separando as sementes que apresentaram danos no tegumento da semente e conseqüentemente embeberam, segundo a metodologia descrita por Krzyzanowski, França Neto e Da Costa, (2004).

3.3.2 Germinação

Para a realização do teste de germinação, foram separadas quatro subamostras de 50 sementes cada. As amostras foram distribuídas uniformemente sob quatro folhas de papel germitest previamente umedecidas com água destilada, na quantidade equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Em seguida, as sementes foram envoltas no papel germitest, e os rolos foram acondicionados em germinador, na posição vertical, e mantidos em temperatura de 25 °C. Após 5 dias da instalação dos testes foi realizado a contagem. Os resultados foram expressos em percentagem de germinação (G), conforme indicado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.3.3 Teste de envelhecimento acelerado (EA)

Para o teste de envelhecimento acelerado (EA) foram utilizadas 200 sementes, e essas foram subdivididas em quatro subamostras de 50 sementes.

Foram utilizadas caixas de poliestireno transparente com tampa (gerbox), contendo 40 mL de água destilada. Sobre os recipientes foi utilizada uma tela de 2 mm para a sustentação das sementes. As caixas foram mantidas à temperatura de 41 °C por 48 h de acordo com a metodologia descrita por Krzyzanowski *et al.*, (2021). Após esse período, as sementes foram submetidas a germinação, de acordo com o procedimento descrito no item 3.3.2. A contagem do número de sementes germinadas foi realizada no 5º dia após a instalação do teste, e os resultados foram expressos em percentagem conforme indicado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.3.4 Teste de Tetrazólio

Para o teste de tetrazólio foram utilizadas duas repetições de 50 sementes cada. Inicialmente, as sementes foram acondicionadas em papel germitest previamente umedecido com água destilada, e mantidas em câmara de germinação a 25°C pelo período de 16 horas. Após essa primeira etapa, as sementes foram submersas em solução de tetrazólio (1g/1000mL⁻¹), a temperatura de 40°C pelo período de 2h 30min. Na sequência, as sementes foram avaliadas individualmente, a partir de cortes através do eixo embrionário, sendo observada a diferenciação da cor dos tecidos, de acordo com a metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.3.5 Velocidade de hidratação de sementes (Atmosfera úmida)

A avaliação considerou metodologia descrita por Vieira *et al.* (1982), com modificação no número de sementes em cada amostra, de 100 para 50 sementes, como proposto por Costa *et al.* (2002). A hidratação foi conduzida colocando-se as sementes sobre tela suspensa no interior de caixas plásticas de 11 x 11 x 3,5 cm chamados gerbox, normalmente utilizadas no teste de envelhecimento acelerado, contendo 40 mL de água no fundo. As caixas foram colocadas em germinador regulado a 20°C, determinando-se as massas das sementes, em intervalos de uma, duas, quatro, seis, oito até vinte e quatro horas após o início do processo. Foram calculados, a seguir, os teores de água atingidos pelas sementes em cada momento, a partir da massa final obtida e teor de água inicial das sementes anteriormente à instalação do teste. Ao final da análise, de acordo com adaptação

de Nakagawa *et al.* (2007), determinou-se o índice de velocidade de hidratação (IVH), baseando-se na fórmula do índice de velocidade de germinação (IVG), de Maguire (1962), com a substituição do dado de germinação pelo de quantidade de água absorvida.

3.4 Análise de dados

Foram realizados dois estudos: no primeiro, avaliou-se a influência de locais de produção, cultivares e o tempo de armazenamento dos lotes originais e no segundo estudo foi avaliado a influência do rasgo no tegumento no armazenamento de sementes.

No estudo 1, os dados foram submetidos a análise de pressupostos de homogeneidade de variâncias (Bartlett) e normalidade dos resíduos (Oneill Mathews). Quando verificado atendimento, foram realizadas análise de variância, em esquema fatorial 3x3x4 (campo de produção x cultivar x tempo de armazenamento). Quando observada interação significativa ($p < 0,05$) para os três fatores, foram realizadas análise de regressão para o fator tempo de armazenamento dentro de cada nível dos fatores campo x cultivar. Quando houve ajuste de regressão quadrático, foi calculado o PMET (Ponto de máxima eficiência técnica) através da fórmula $x = -b_1/2b_2$, substituindo o valor de x na equação para encontrar o valor de y. Quando observada interação entre os fatores cultivar x campo ($p < 0,05$), estes foram submetidos a teste de comparação de médias (Tukey 5% de probabilidade).

No estudo 2, os dados foram submetidos a análise de pressupostos de homogeneidade de variâncias (Bartlett) e normalidade dos resíduos (Oneill Mathews). Quando verificado atendimento, foram realizadas análise de variância em esquema fatorial 4 x 5 (tempo de armazenamento x rasgo no tegumento). Quando observada interação significativa ($p < 0,05$), os dados foram submetidos a análise através da superfície de resposta e, quando na ausência de interação ($p > 0,05$), os dados foram submetidos a análise de regressão para cada fator isolado.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no software R (R CORE DEVELOPMENT TEAM, 2021), v. 4.1.2, com auxílio dos pacotes ExpDes.pt (FEREIRA, 2021). Os gráficos foram gerados no Microsoft Excel®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo 1- Influência do tempo de armazenamento, campo de produção e cultivares de soja, na qualidade fisiológica de sementes de lotes originais

Na tabela 4 observa-se o resumo da análise de variância para os caracteres de qualidade fisiológica de sementes, sendo elas viabilidade (VIAB), vigor (VIG), germinação (GERM) e envelhecimento acelerado (EA). Verificou-se interação tripla entre cultivar, tempo de armazenamento e campo de produção para todas as variáveis analisadas.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Cromo (57I59RSF IPRO), BMX Lança (58I60RSF IPRO) e BMX Fibra (64I61RSF IPRO) armazenadas por 0, 60, 120 e 180 dias, produzidos em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR

Fator de variação	GL	Quadrado médio			
		Teste de tetrazólio			
		Viabilidade TZ (%)	Vigor TZ (%)	Germinação (%)	Envelhecimento Acelerado (%)
Bloco	2	19,54	202,78	243,29	22,75
Cultivar	2	68681,48*	79802,78*	120605,79*	67511,11*
Tempo	3	42944,44*	107341,67*	16840,52*	1203497,22*
Campo	2	10692,59*	677,78 ^{ns}	84207,18*	125033,33*
Cultivar*Tempo	6	7285,19*	10521,30*	4682,95*	22151,85*
Cultivar*Campo	4	42464,82*	125388,89*	10895,16*	276461,11*
Tempo*Campo	6	2396,30*	6381,48*	3456,56*	77766,67*
Cultivar*Tempo*Campo	12	1492,59*	700,56*	3303,78*	20657,41*
Resíduo	70	524,90	691,35	652,34	2353,10
CV (%)		2,72	3,59	3,26	7,95

Nota: GL: Graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; *: significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns}: não significativo

Fonte: A autoria própria (2023)

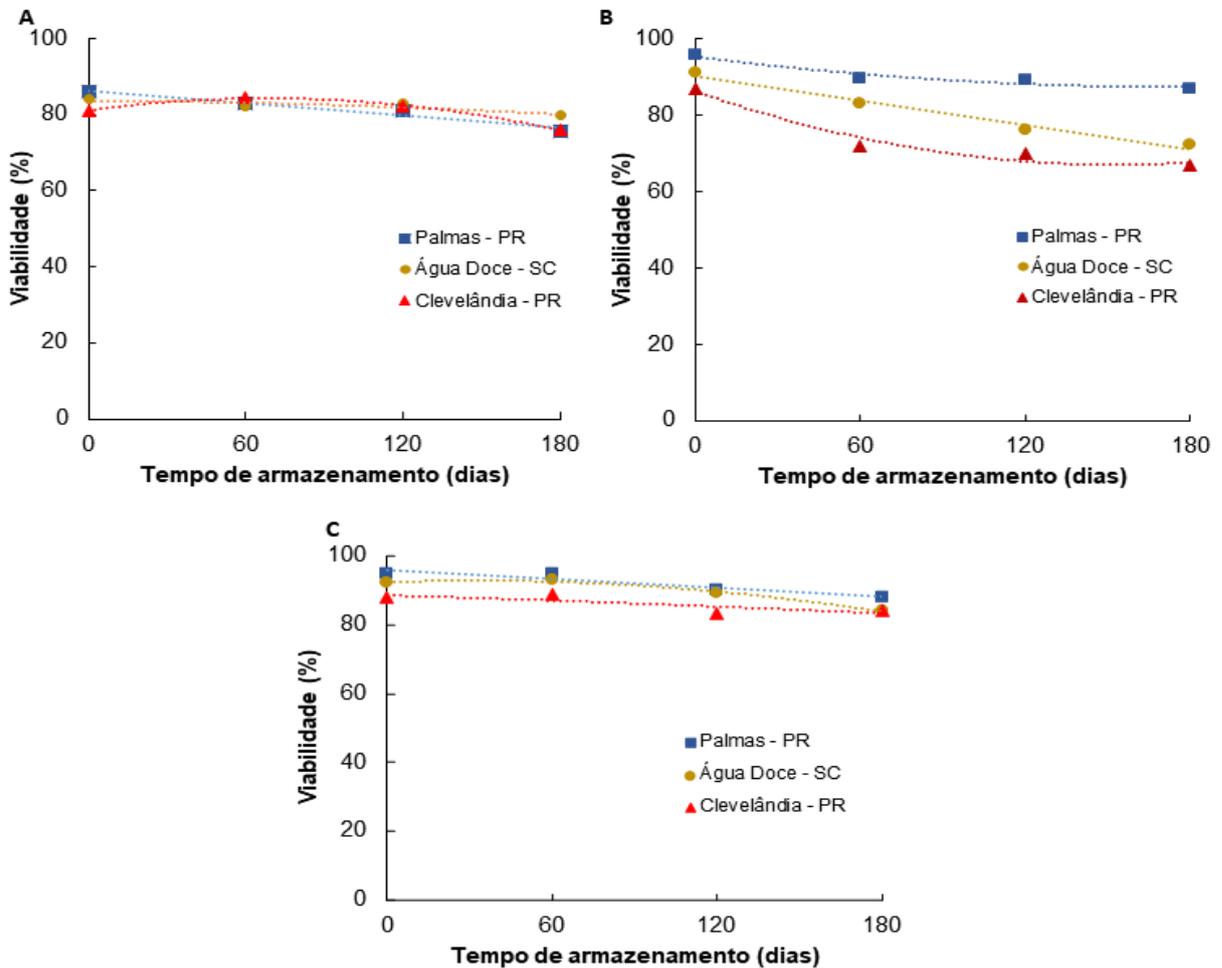
A cultivar BMX Cromo TF IPRO, produzida em Palmas -PR, apresentou ajuste linear, com um decréscimo de 0,055% na viabilidade de sementes dia⁻¹. Para Clevelândia – PR, a máxima viabilidade de sementes foi observada aos 65 dias de armazenamento, que resultaram em uma viabilidade de aproximadamente 84%, ou seja, a partir deste período de armazenamento, a viabilidade das sementes decresce. E para as sementes produzidas em Água Doce – SC, não foi possível calcular a máxima eficiência técnica, pois os resultados obtidos ficaram fora dos limites estudados (Figura 2A).

Já para as sementes da cultivar BMX Lança IPRO, produzidas em Palmas – PR, houve ajuste de uma equação quadrática, onde a mínima viabilidade foi de 89 % aos 131 dias de armazenamento. Em Água Doce – SC, houve uma queda linear de 0,107% de viabilidade dia⁻¹ armazenado. Em Clevelândia – PR foi observada uma redução mais acentuada, resultando em uma curva quadrática, onde a mínima foi de 67% de viabilidade para 145 dias de armazenamento (Figura 2B).

Para a cultivar BMX Fibra IPRO em Palmas – PR, não foi possível calcular a máxima eficiência técnica, entretanto em Água Doce - SC a máxima foi de 93% de viabilidade aos 34 dias de armazenamento. Já para Clevelândia – PR, o tempo de armazenamento ocasionou uma redução de 0,004% de viabilidade por dia⁻¹ (Figura 2C).

Segundo Sheeren *et al.* (2010) e Coradi *et al.* (2020), os principais fatores que afetam o potencial fisiológico das sementes durante o armazenamento são constituição química, qualidade inicial, teor de água, condições ambientais e presença de fungos e insetos. A velocidade de deterioração está atrelada a qualidade inicial da semente, de modo que lotes armazenados no mesmo ambiente podem apresentar comportamentos distintos, quanto maior a qualidade inicial maior é a tolerância ao processo de deterioração durante o processo de armazenamento (SHELAR *et al.*, 2008).

Figura 2- Viabilidade - TZ (%) das cultivares de sementes de soja BMX Cromo (A), BMX Lança (B), e BMX Fibra (C) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias).



Fonte: Autoria própria (2023)

O vigor das sementes armazenadas por 180 dias das três cultivares avaliadas é apresentado na Figura 3. A cultivar BMX Cromo TF IPRO em Palmas – PR apresentou ajuste linear, com um decréscimo de $0,076\% \text{ dia}^{-1}$. Em Água Doce – SC, representado por uma equação quadrática observou-se o ponto de mínima em 67% de vigor aos 141 dias de armazenamento e, em Clevelândia – PR, o ponto de mínima de 61% de vigor aos 111 dias armazenados (Figura 3A).

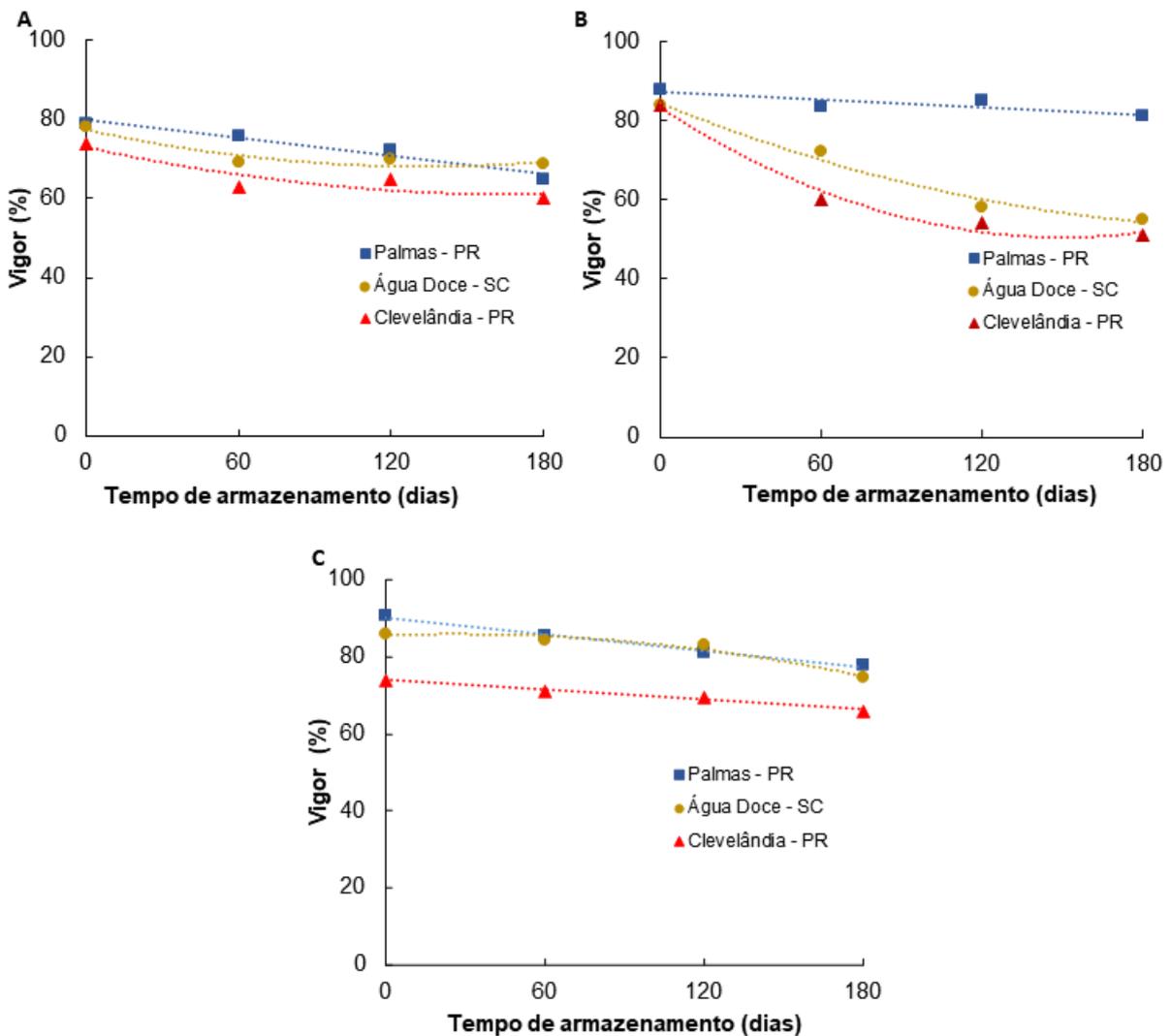
Para a cultivar BMX Lança IPRO, em Palmas – PR, houve ajuste linear com um decréscimo de $0,031\% \text{ dia}^{-1}$ armazenado. Em Água Doce – SC e Clevelândia – PR, houve ajuste quadrático, entretanto, não foi possível obter o ponto de máxima eficiência (Figura 3B).

Para a cultivar BMX Fibra IPRO, os campos de Palmas – PR e Clevelândia – PR, observou-se queda durante o período de armazenamento de $0,07\%$ e $0,04\%$

dia⁻¹ armazenado, respectivamente. Já em Água Doce – SC, o máximo vigor (86%) foi observado aos 24 dias armazenados (Figura 3C).

Quando a semente atinge o ponto de maturidade fisiológica, os processos de deterioração tornam-se ativos e inicia-se a perda do seu potencial fisiológico. Para a maioria das variáveis analisadas, observou-se redução do potencial fisiológico à medida que se aumenta o tempo de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Pascuali, (2012) e Ferreira *et al.*, (2017), onde observaram que a perda de qualidade de sementes, principalmente quando se trata de vigor, fica mais intensa após um período de armazenamento.

Figura 3 - Vigor - TZ (%) das cultivares de soja BMX Cromo (A), BMX Lança (B) e BMX Fibra (C) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias).

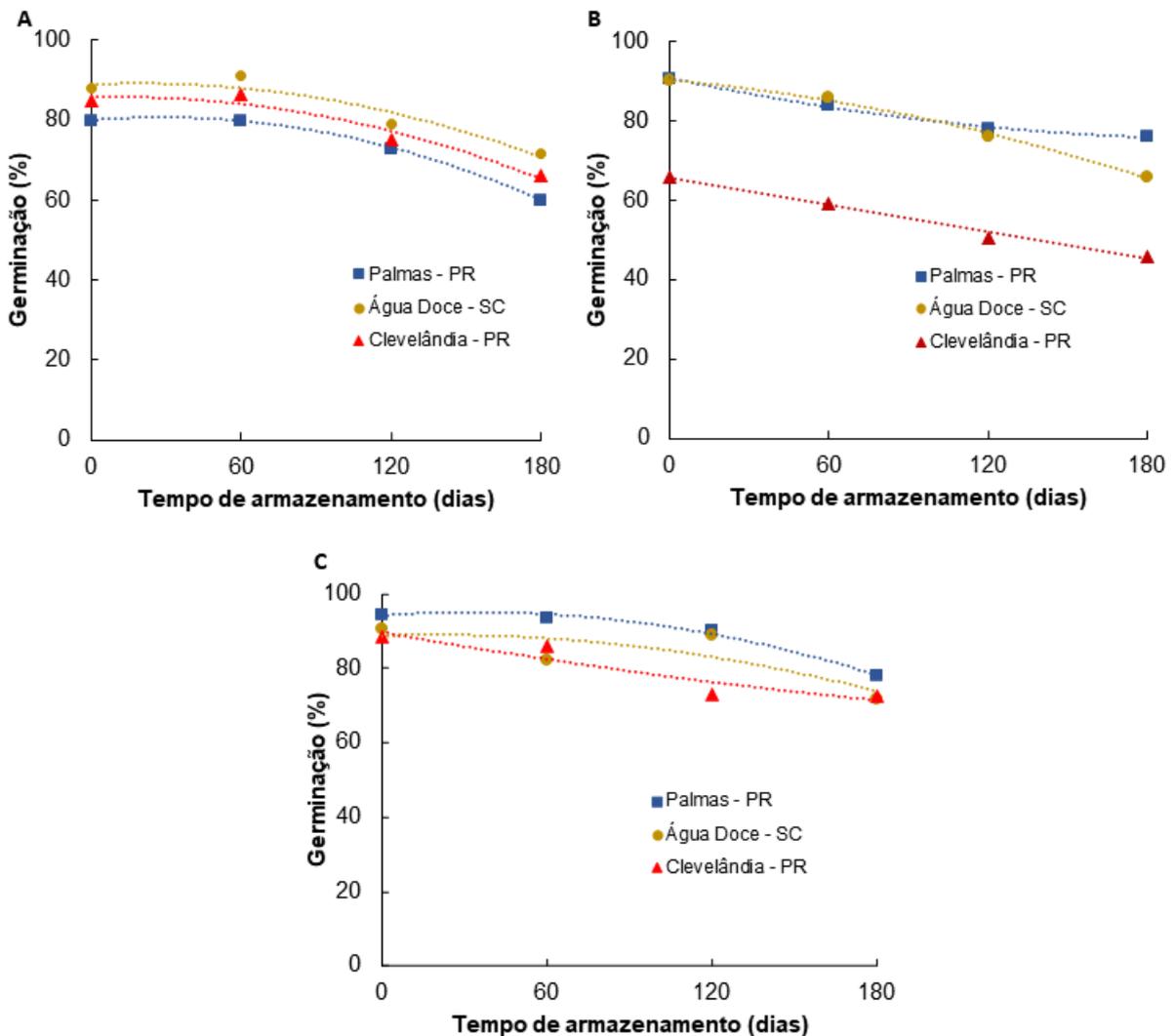


Fonte: Autoria própria (2023)

Observou-se redução da porcentagem de germinação, à medida que se avançou o tempo de armazenamento. Para a cultivar BMX Cromo TF IPRO, em Palmas – PR, a máxima germinação foi de 79% obtida aos 28 dias de armazenamento. Em Água Doce - SC, a máxima foi de 90% aos 20 dias de armazenamento e em Clevelândia – PR, não foi possível obter o ponto de máxima eficiência técnica (Figura 4A). Para a cultivar BMX Lança IPRO, em Clevelândia – PR, observou-se redução $0,106\% \text{ dia}^{-1}$ armazenado. Em Palmas – PR e Água Doce – SC, observou redução de nos níveis de germinação ao longo do tempo, entretanto, não foi possível obter os pontos de máxima devido os pontos calculados ficarem fora dos limites estudados (Figura 4B). A cultivar BMX Fibra IPRO apresentou ajuste quadrático para os três locais. Em Palmas – PR a máxima germinação foi de 95% aos 33 dias de armazenamento; em Água Doce – SC observou-se máxima de 89% aos 19 dias armazenadas e para Clevelândia – PR não foi possível obter o ponto de máxima eficiência (Figura 4C).

Esses dados corroboram com os encontrados por Silva *et al.* (2010) e Pascuali (2012), também observaram comportamento distinto de parâmetros fisiológicos de qualidade de sementes em resposta ao tempo de armazenamento.

Figura 4- Germinação (%) das cultivares BMX Cromo (A), BMX Lança (B) e BMX Fibra (C) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas - PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR

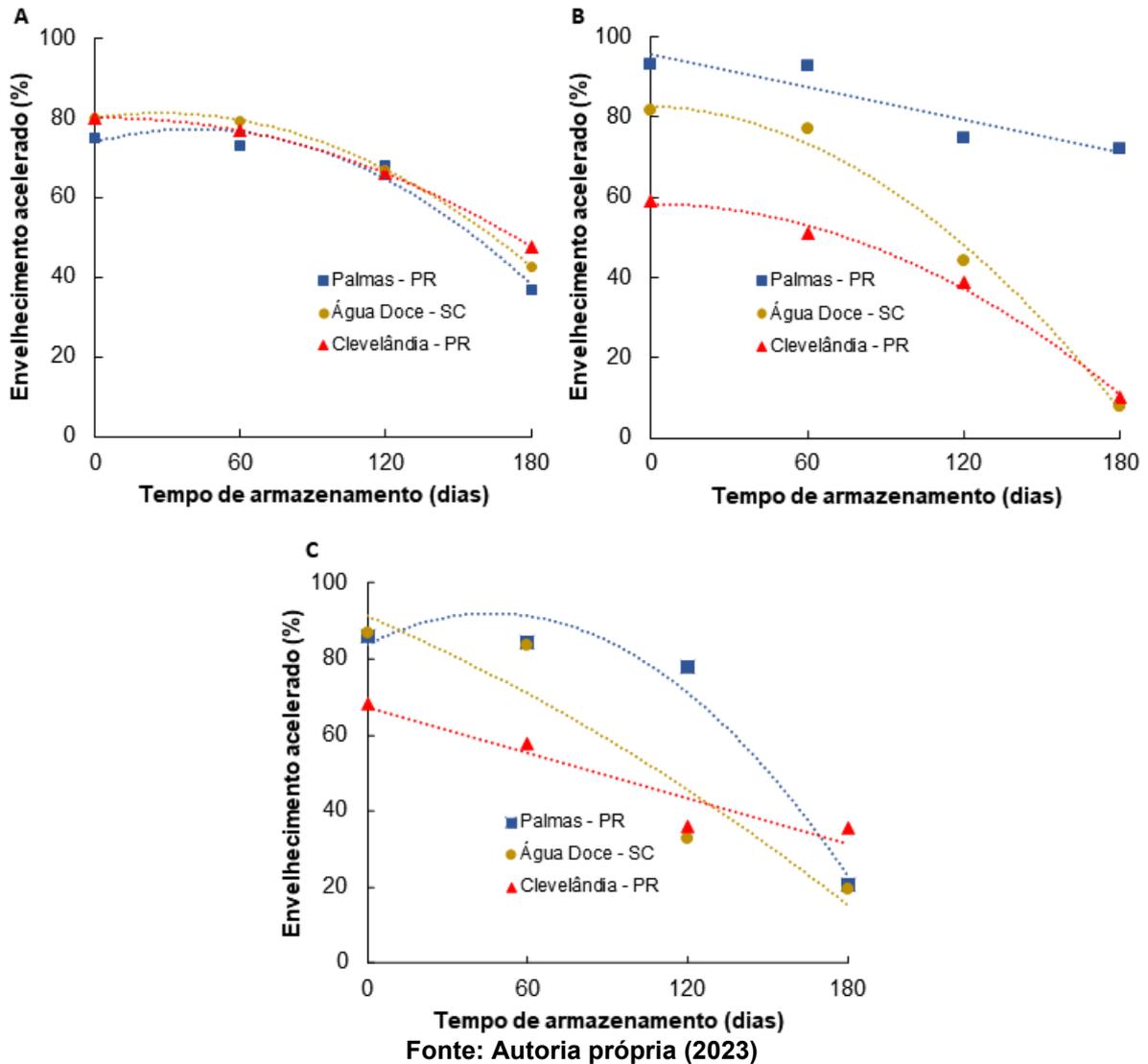


Fonte: Autoria própria (2023)

No teste de envelhecimento acelerado (Figura 5), o ponto de máxima em Palmas – PR foi de 84% aos 41 dias armazenados. Em Água Doce – SC a máxima foi de 81% de vigor aos 28 dias armazenados e para Clevelândia – PR a máxima foi de 80% aos 4 dias armazenadas (Figura 5A). Para a cultivar BMX Lança IPRO, em Palmas – PR, houve ajuste linear com queda de 0,136% dia⁻¹ armazenado. Já em Água Doce – SC e Clevelândia – PR, não foi possível calcular o ponto de máxima eficiência, contudo, é possível observar a partir dos 120 dias armazenadas a redução na qualidade foi mais acentuada chegando a resultados inferiores a 10% (Figura 5B). Em Palmas – PR a cultivar BMX Fibra IPRO apresentou a máxima de 91 % de vigor aos 46 dias armazenado. Em Água Doce – SC não foi possível calcular o ponto de máxima eficiência, pois os resultados ficaram fora dos limites

estudados e, para Clevelândia – PR, houve ajuste linear, com queda de vigor de 0,199% dia⁻¹ armazenado (Figura 5C).

Figura 5 - Envelhecimento acelerado (%) das cultivares de soja BMX Cromo (A), BMX Lança (B) e BMX Fibra (C) ao longo do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR



Os presentes resultados mostram que a qualidade e a longevidade no armazenamento das sementes são dependentes do local e cultivar. Contudo, de modo geral, a qualidade fisiológica das sementes diminui à medida em que se aumenta o tempo de armazenamento. Os coeficientes de determinação e as equações de regressão para as variáveis viabilidade, vigor, germinação, envelhecimento acelerado, conduzidas em três campos de cultivo, são apresentados na Tabela 5.

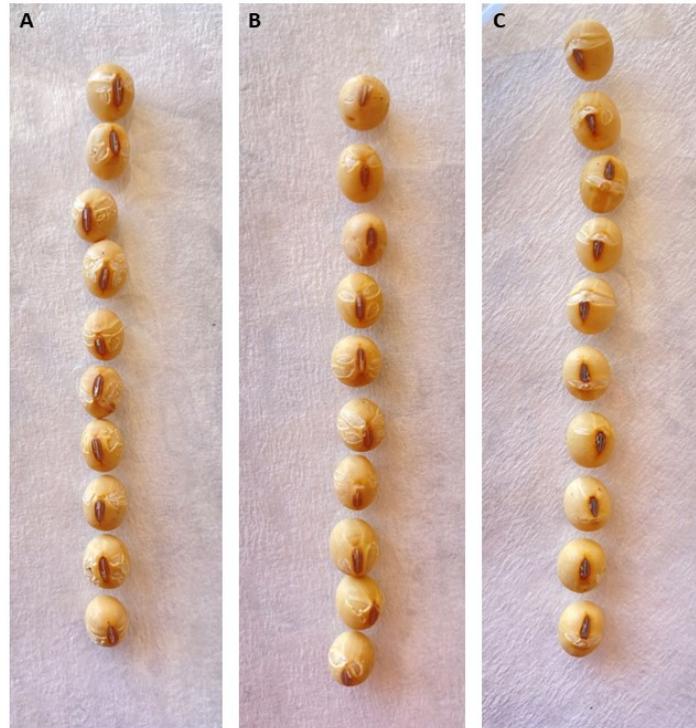
Tabela 5 - Equações, coeficientes de determinação (R²), das figuras de regressão de viabilidade - TZ, vigor – TZ, germinação e envelhecimento acelerado

Cultivar	Variável	Local de cultivo	Equações	R ² (%)
BMX Cromo	Viabilidade	Campo 1	$y = -0,055x + 86,367$	96,0
BMX Cromo	Viabilidade	Campo 2	$y = -0,00009x^2 - 0,0033x + 83,63$	74,0
BMX Cromo	Viabilidade	Campo 3	$y = -0,0007x^2 + 0,0914x + 81,15$	99,0
BMX Lança	Viabilidade	Campo 1	$y = 0,0004x^2 - 0,1047x + 95,383$	95,0
BMX Lança	Viabilidade	Campo 2	$y = -0,1067x + 90,267$	97,0
BMX Lança	Viabilidade	Campo 3	$y = 0,0009x^2 - 0,2608x + 86,35$	96,0
BMX Fibra	Viabilidade	Campo 1	$y = -0,0433x + 95,9$	89,0
BMX Fibra	Viabilidade	Campo 2	$y = -0,0004x^2 + 0,0272x + 92,467$	99,0
BMX Fibra	Viabilidade	Campo 3	$y = -0,000003x^2 - 0,0229x + 88,625$	66,0
BMX Cromo	Vigor	Campo 1	$y = -0,0756x + 79,8$	96,0
BMX Cromo	Vigor	Campo 2	$y = 0,0005x^2 - 0,1408x + 77,38$	87,0
BMX Cromo	Vigor	Campo 3	$y = 0,0010x^2 - 0,2217x + 73,70$	98,0
BMX Lança	Vigor	Campo 1	$y = -0,0306x + 87$	71,0
BMX Lança	Vigor	Campo 2	$y = 0,0006x^2 - 0,275x + 84,33$	98,0
BMX Lança	Vigor	Campo 3	$y = 0,0019x^2 - 0,5042x + 82,58$	94,0
BMX Fibra	Vigor	Campo 1	$y = -0,0711x + 90,233$	99,0
BMX Fibra	Vigor	Campo 2	$y = -0,0005x^2 + 0,0244x + 85,633$	96,0
BMX Fibra	Vigor	Campo 3	$y = -0,0425x + 73,95$	98,0
BMX Cromo	Germinação	Campo 1	$y = -0,0009x^2 + 0,0508x + 80,05$	99,0
BMX Cromo	Germinação	Campo 2	$y = -0,0007x^2 + 0,0275x + 88,983$	92,0
BMX Cromo	Germinação	Campo 3	$y = -0,0005x^2 - 0,0047x + 85,88$	93,0
BMX Lança	Germinação	Campo 1	$y = 0,0004x^2 - 0,1542x + 90,917$	99,0
BMX Lança	Germinação	Campo 2	$y = -0,0004x^2 - 0,0592x + 90,283$	99,0
BMX Lança	Germinação	Campo 3	$y = -0,1006x + 65,133$	95,0
BMX Fibra	Germinação	Campo 1	$y = -0,0008x^2 + 0,0528x + 94,33$	99,0
BMX Fibra	Germinação	Campo 2	$y = -0,0006x^2 + 0,0232x + 88,892$	65,0
BMX Fibra	Germinação	Campo 3	$y = 0,0002x^2 - 0,1308x + 89,817$	88,0
BMX Cromo	Envelhecimento acelerado	Campo 1	$y = 0,002x^2 + 0,1642x + 73,85$	97,2
BMX Cromo	Envelhecimento acelerado	Campo 2	$y = -0,0016x^2 + 0,0886x + 79,983$	100
BMX Cromo	Envelhecimento acelerado	Campo 3	$y = -0,001x^2 + 0,0081x + 79,98$	100
BMX Lança	Envelhecimento acelerado	Campo 1	$y = -0,1361x + 95,5$	87,0
BMX Lança	Envelhecimento acelerado	Campo 2	$y = -0,0022x^2 - 0,0269x + 82,883$	99,2
BMX Lança	Envelhecimento acelerado	Campo 3	$y = -0,0015x^2 - 0,0025x + 58,35$	99,0
BMX Fibra	Envelhecimento acelerado	Campo 1	$y = -0,0039x^2 + 0,3586x + 83,683$	96,0
BMX Fibra	Envelhecimento acelerado	Campo 2	$y = -0,0007x^2 - 0,3008x + 91,283$	90,0
BMX Fibra	Envelhecimento acelerado	Campo 3	$y = -0,1994x + 67,367$	90,0

Fonte: Autoria própria (2023).

Dentre as cultivares avaliadas, BMX Fibra IPRO, apresentou a maior qualidade fisiológica ao longo do armazenamento, principalmente pela intensidade e tamanho de rasgo ser menor comparado com as demais cultivares (Tabela 2, Figura 6). A cultivar BMX Cromo TF IPRO (Figura 6A), por sua vez, teve a maior intensidade de rasgo, o que explica a queda na qualidade fisiológica mais acentuada ao longo do tempo de armazenamento.

Figura 6 - Sementes com rasgo no tegumento das três cultivares de soja avaliadas, BMX Cromo TF IPRO (A), BMX Lança IPRO (B) e BMX Fibra IPRO (C)



Fonte: Autoria própria (2023)

As sementes produzidas em Palmas – PR apresentaram os melhores resultados de viabilidade para as três cultivares avaliadas. Contudo, não foi observada diferença entre Palmas – PR e Água Doce – SC para BMX Fibra IPRO. Já para BMX Cromo IPRO, não foi observada diferença entre os campos de produção. A cultivar BMX Fibra IPRO apresentou desempenho superior nos três campos avaliados (Palmas - PR, Água Doce – SC e Clevelândia -PR), apenas não diferindo da cultivar BMX Lança IPRO em Palmas – PR (Tabela 6).

Em Palmas – PR, as cultivares BMX Fibra IPRO e BMX Lança IPRO apresentaram as maiores médias de vigor. Em Água Doce – SC e Clevelândia – PR, a cultivar BMX Fibra IPRO apresentou a maior média de vigor, sendo que Clevelândia - PR não diferiu estatisticamente da cultivar BMX Cromo TF IPRO. A cultivar BMX Fibra IPRO apresentou o melhor desempenho em Palmas – PR e Água Doce – SC. Já a cultivar BMX Lança IPRO apresentou médias de vigor maiores quando cultivada em Palmas – PR. Já para BMX Cromo TF IPRO, não foi observada diferença significativa entre os campos de produção (Tabela 6).

Os dados de germinação (Tabela 6) indicam que em Palmas -PR as melhores cultivares foram a BMX Fibra IPRO e BMX Lança IPRO. E em Água Doce

– SC, não houve diferença entre as cultivares avaliadas. Em Clevelândia – PR, a cultivar com melhor desempenho foi BMX Fibra IPRO, que não diferiu estatisticamente de BMX Cromo TF IPRO. BMX Fibra IPRO, em Palmas – PR, apresentou os melhores percentuais de germinação, que não diferiu das sementes produzidas em Água Doce – SC. BMX Lança IPRO apresentou melhor desempenho de germinação Palmas – PR e Água Doce – SC. Já para BMX Cromo TF IPRO, o melhor desempenho foi em Água Doce -SC, não diferindo de Clevelândia – PR.

A cultivar com melhor desempenho para variável envelhecimento acelerado (Tabela 6) em Palmas – PR foi BMX Lança IPRO. Em Água Doce – SC não foram observadas diferenças entre as cultivares. Em Clevelândia – PR, a cultivar com melhor desempenho foi BMX Cromo TF IPRO, que não diferiu de BMX Fibra IPRO. De modo geral, Palmas – PR, resultou em sementes de melhor qualidade fisiológica. Capelin *et al.* (2022), relatam que ambientes de produção de sementes de maior altitude (acima de 846 m), como é o caso de Palmas - PR, que possui uma altitude média de 1050 m, resultam em sementes com alto teor de proteína, além de melhorarem a qualidade fisiológica das sementes.

Em relação as cultivares é possível verificar que cada cultivar apresentou comportamento distinto, sendo que para BMX Cromo TF IPRO não teve sua qualidade fisiológica significativamente alterada pelo local de cultivo. Por outro lado, as cultivares BMX Lança IPRO e BMX Fibra IPRO apresentaram qualidade fisiológica superior em Palmas - PR. Isso indica a importância de realizar um planejamento para implantação de campos de sementes, selecionando cultivares para campos de produção que obtém melhor desempenho.

BMX Cromo TF IPRO, apresentou os maiores percentuais de rasgo no tegumento nos lotes originais (Tabela 2). Os resultados deste estudo indicam que lotes de sementes que apresentam altos índices de rasgo no tegumento devem ser acompanhados com rigorosos controles de qualidade para evitar problemas com sua longevidade. De maneira semelhante, Texeira (2021) observou que lotes com sementes que contém rasgo no tegumento apresentam uma menor longevidade em relação a lotes de sementes com tegumento íntegro.

Tabela 6 - Médias para viabilidade - TZ (%), vigor - TZ (%), germinação (%), envelhecimento acelerado (%) de BMX Fibra, BMX Lança e BMX Cromo produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR armazenadas por 180 dias

Variável	Cultivar	Campo de produção		
		Palmas - PR	Água Doce- SC	Clevelândia - PR
Viabilidade (%)	BMX Cromo	81,42 aB	82,17 aB	80,92 aB
	BMX Lança	90,92 aA	80,67 bB	74,25 cC
	BMX Fibra	92,00 aA	89,67 abA	86,17 bA
Vigor (%)	BMX Cromo	73,00 aB	71,42 aB	66,00 aAB
	BMX Lança	84,25 aA	67,17 bB	61,42 bB
	BMX Fibra	83,83 aA	82,00 aA	70,17 bA
Germinação (%)	BMX Cromo	73,25 bB	82,42 aA	78,75 abA
	BMX Lança	82,58 aA	79,42 aA	56,08 bB
	BMX Fibra	89,17 aA	83,54 abA	80,08 bA
Envelhecimento acelerado (%)	BMX Cromo	63,25 aB	67,25 aA	67,58 aAB
	BMX Lança	83,25 aA	52,75 bA	39,75 bC
	BMX Fibra	67,25 aB	55,75 bA	52,42 bB

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autoria própria (2023)

Independente da forma como as sementes são armazenadas após a maturidade fisiológica, ocorrem diversas alterações que degeneram a semente e este processo é contínuo, variável entre espécies, entre lotes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote, podendo ter diversas origens de natureza bioquímica, física ou fisiológica (TRZECIAK, 2012). Os dados de viabilidade, vigor, germinação e envelhecimento acelerado indicam, de maneira geral, que independentemente do campo de produção e da cultivar analisada, que as sementes ao longo do tempo de armazenamento tendem a perder qualidade, fato esse observado também em outros estudos (KAEFER *et al.*, 2019; CAPELIN, 2021). Contudo, é possível observar que lotes de sementes que apresentam rasgo no tegumento tem qualidade inicial prejudicada além disso seu processo de deterioração fica mais intensificado durante o armazenamento, principalmente se a semente for armazenada por longos períodos.

4.2 Estudo 2 - Avaliação da influência do rasgo no tegumento e do tempo de armazenamento da qualidade das sementes nos três campos de produção

Para a cultivar BMX Cromo TF IPRO, houve interação significativa entre tempo de armazenamento e rasgo no tegumento para todas as variáveis analisadas,

nos três campos de produção, exceto para germinação em Clevelândia – PR, indicando, de modo geral, que durante o armazenamento as sementes apresentam desempenho diferenciado conforme o percentual de rasgo no tegumento. Os coeficientes de variação apresentam baixa magnitude (2,9% a 12,4%), indicando boa confiabilidade das inferências testadas e elevada precisão experimental (Tabela 7).

Tabela 7- Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Cromo (57I59RSF IPRO) armazenadas por 0, 60, 120 e 180 dias, produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR

Fator de variação/Local de cultivo	GL	(Palmas -PR)				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor(%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	37,30*	14,55 ^{ns}	6,65 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Tempo	3	270,00*	331,63*	934,10*	3032,00*	24,24*
Rasgo	4	363,60*	819,60*	212,95*	760,65*	202,69*
Tempo*Rasgo	12	40,64*	36,14*	21,35*	58,20*	12,81*
Resíduo	38	9,02	16,41	6,25	5,15	0,94
Total	59	53,72	90,84	70,53	220,97	18,24
CV (%)		3,58	5,50	3,27	3,58	9,65
Fator de variação/Local de cultivo	GL	(Água Doce – SC)				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor(%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	11,50 ^{ns}	1,95 ^{ns}	50,80*	4,30 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Tempo	3	17,53*	117,77*	1874,30*	3406,00*	20,73*
Rasgo	4	706,90*	1435,90*	664,33*	1802,85*	263,39*
Tempo*Rasgo	12	34,57*	55,77*	66,28*	54,46*	7,33*
Resíduo	38	5,29	6,83	12,04	7,83	1,70
Total	59	59,64	119,14	163,30	311,68	21,51
CV (%)		2,87	3,84	4,62	4,52	11,65
Fator de variação/Local de cultivo	GL	(Clevelândia – PR)				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor(%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	0,80 ^{ns}	17,20 ^{ns}	19,05 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,32 ^{ns}
Tempo	3	356,67*	782,37*	1355,57*	3780,20*	38,77*
Rasgo	4	613,35*	802,90*	365,10*	1694,80*	193,21*
Tempo*Rasgo	12	81,63*	44,03*	20,45 ^{ns}	62,52*	13,62*
Resíduo	38	13,54	12,11	20,63	12,41	2,25
Total	59	85,07	111,55	111,77	327,84	19,40
CV (%)		4,68	5,52	5,85	5,47	12,40

Nota: GL: Graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; Viab: Viabilidade; G: Germinação; EA: Envelhecimento acelerado; Hipo: Hipoclorito;

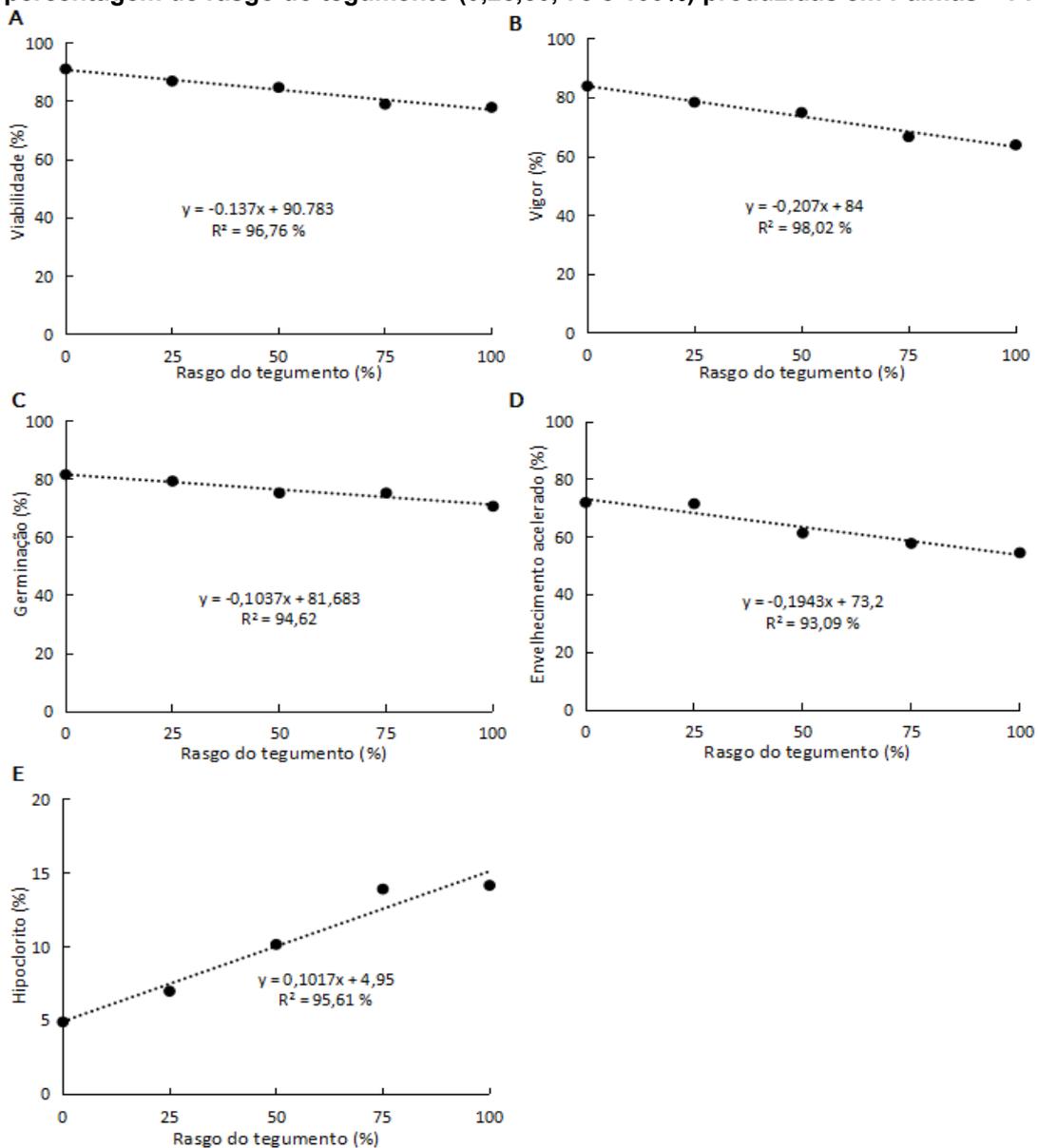
*: significativo a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se na Figura 7 que, para a cultivar BMX Cromo TF IPRO, em Palmas – PR, todas as variáveis analisadas indicam redução da qualidade fisiológica nas sementes. Para viabilidade, vigor, germinação e envelhecimento acelerado, as reduções foram de -0,137%, -0,207%, -0,104% e -0,194% a cada percentual de

rasgo adicionado ao lote de sementes (Figura 7). Outros autores (MACHADO *et al.*, 2019; TEIXEIRA 2021) observaram que sementes de soja que apresentam rasgo no tegumento tem o potencial de armazenamento negativamente afetado, principalmente se apresentam deterioração no local do rasgo, como a presença de danos por umidade no embrião.

Figura 7 – Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (e) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57159RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0,25,50, 75 e 100%) produzidas em Palmas – PR



Fonte: Autoria própria (2023)

Por ser higroscópica, a semente de soja absorve facilmente a água do ambiente e seu teor de água depende das oscilações da umidade relativa do ar

(ABATI *et al.*, 2022). Sementes com rasgo no tegumento aumentam a velocidade de absorção de água (Figura 9A). Para a cultivar BMX Cromo TF IPRO, por exemplo, há um aumento de $0,0001 \text{ g água min}^{-1}$ a cada percentual de rasgo adicionado ao lote de sementes. Sementes que absorvem mais água do ambiente, ficam mais vulneráveis a condições adversas do ambiente, especialmente flutuações de temperatura, comum em ambientes de armazenamento não controlados, afetando negativamente o potencial fisiológico (ABATI *et al.*, 2022). Segundo Machado *et al.*, (2019) sementes que apresentam rasgo no tegumento contribuem para o aumento dos danos de umidade no eixo embrionário, podendo causar a perda de vigor e até mesmo a inviabilidade das sementes.

Além disso, o rasgo no tegumento da semente de soja contribui para que o dano por umidade afete a parte interna da semente (MACHADO *et al.*, 2019). Na Figura 8, observa-se dano no eixo embrionário em sementes com rasgo no tegumento. O Eixo embrionário é parte vital para a germinação da semente. Danos ocasionados no eixo embrionário tornam a semente menos vigorosa ou até mesmo inviável (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2022) (Figura 8).

Figura 8 - Rasgo no tegumento da semente de soja e dano por umidade no eixo embrionário demonstrado pelo teste de tetrazólio

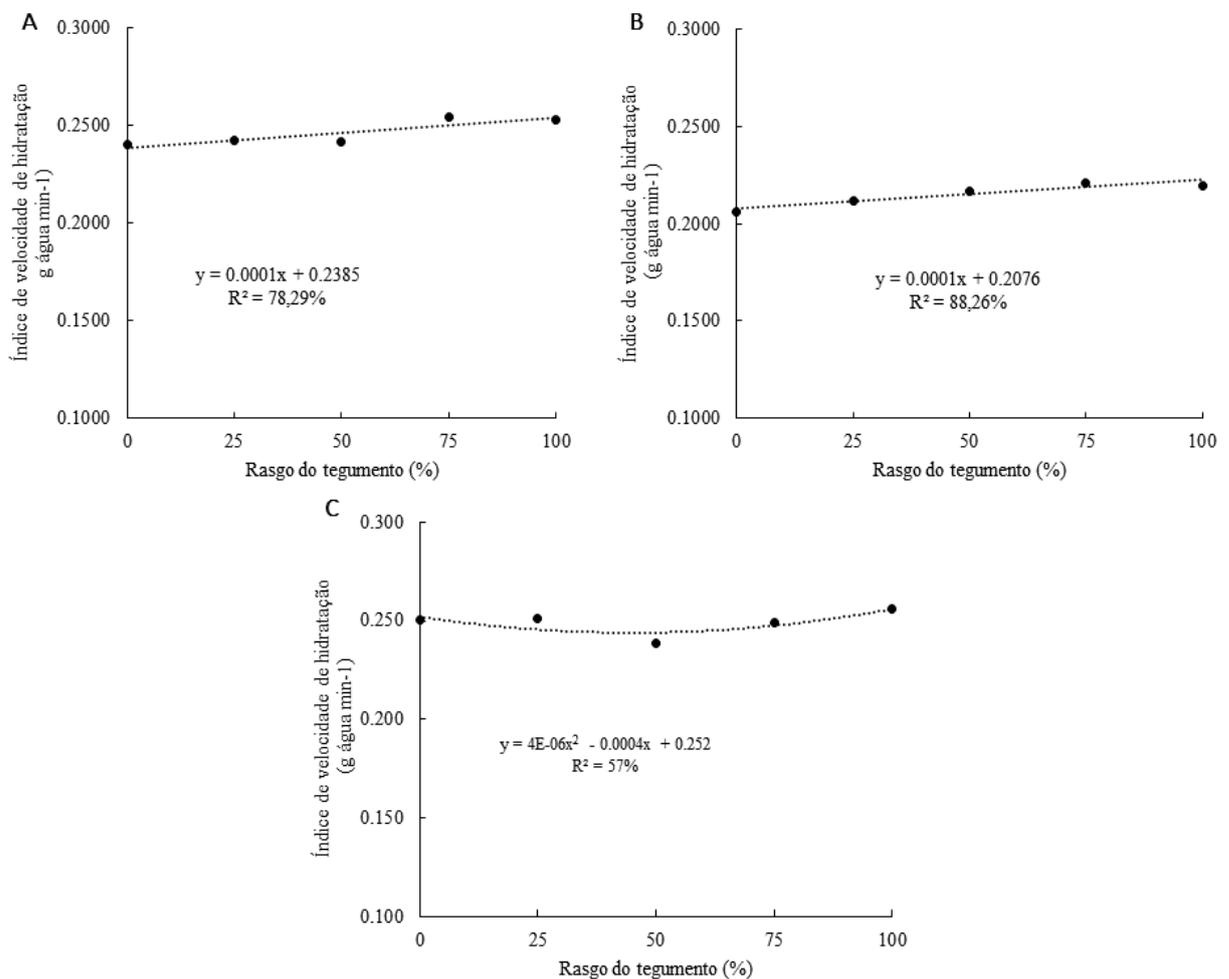


Fonte: Aatoria própria (2023)

O teste de hipoclorito é muito utilizado para avaliar o percentual de danos mecânicos imediatos causados nas sementes de soja, pois auxilia na tomada de

decisões para regulagem de colheitadeiras e até mesmo na hora do recebimento das sementes na UBS. Para a variável hipoclorito (%) (Figura 7E), houve um aumento de 0,102 % a cada percentual de rasgo adicionado no lote, indicando que, apesar do rasgo no tegumento não ser um dano mecânico, ele pode intensificar os danos devido o tegumento estar mais frágil e com espessura inferior em algumas partes da semente e, conseqüentemente, mais expostas a danos mecânicos.

Figura 9 - Índice de velocidade de hidratação (g água min⁻¹) Palmas – PR (A), Água Doce – SC (B) e Clevelândia – PR (C) das sementes da cultivar de soja BMX Cromo (57159RSF IPRO) com percentagens de rasgo no tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%)

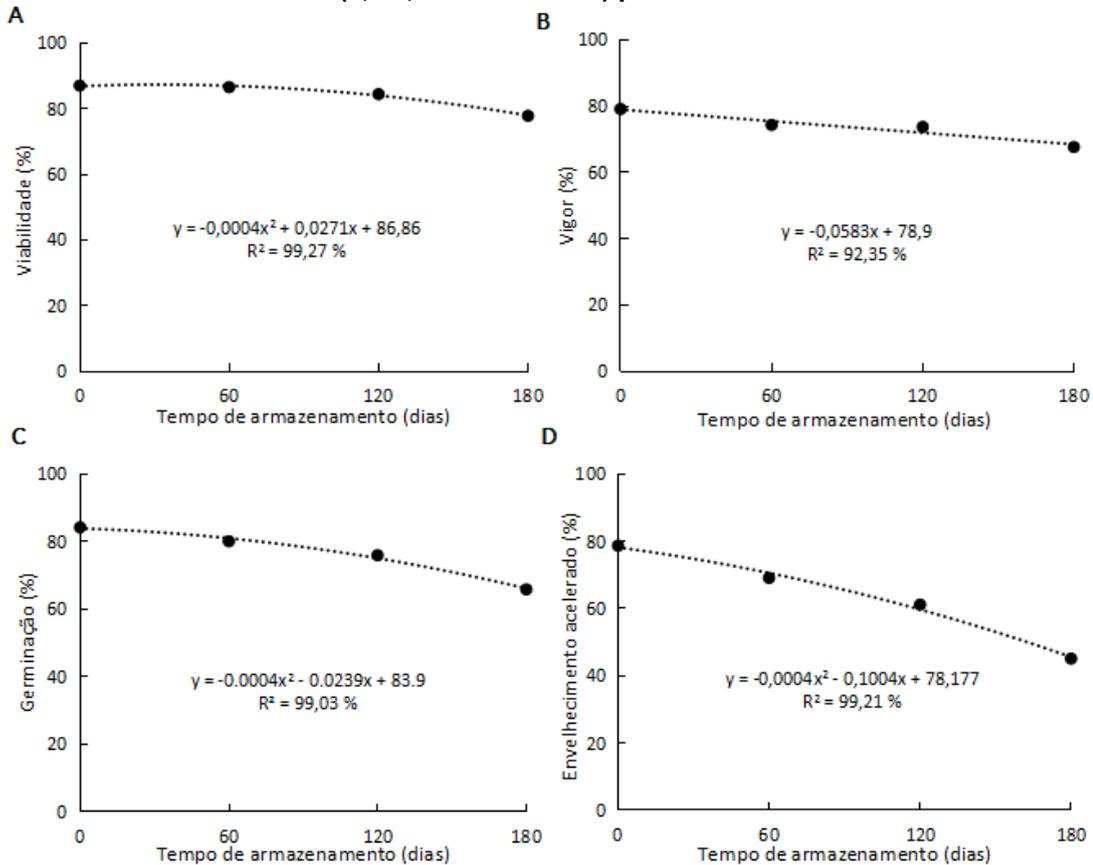


Fonte: Autoria própria (2023)

O tempo de armazenamento afetou significativamente as variáveis viabilidade, vigor, germinação e envelhecimento acelerado da cultivar BMX Cromo TF IPRO, em Palmas – PR (Figura 10). No ajuste de regressões, as sementes armazenadas pelo período de 180 dias foram explicadas por equações lineares e quadráticas, indicando que ao longo do tempo de armazenamento as sementes

diminuíram a qualidade fisiológica, diminuindo as percentagens de viabilidade, vigor, germinação e envelhecimento acelerado (Figura 10A B C D).

Figura 10- Viabilidade – TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas – PR



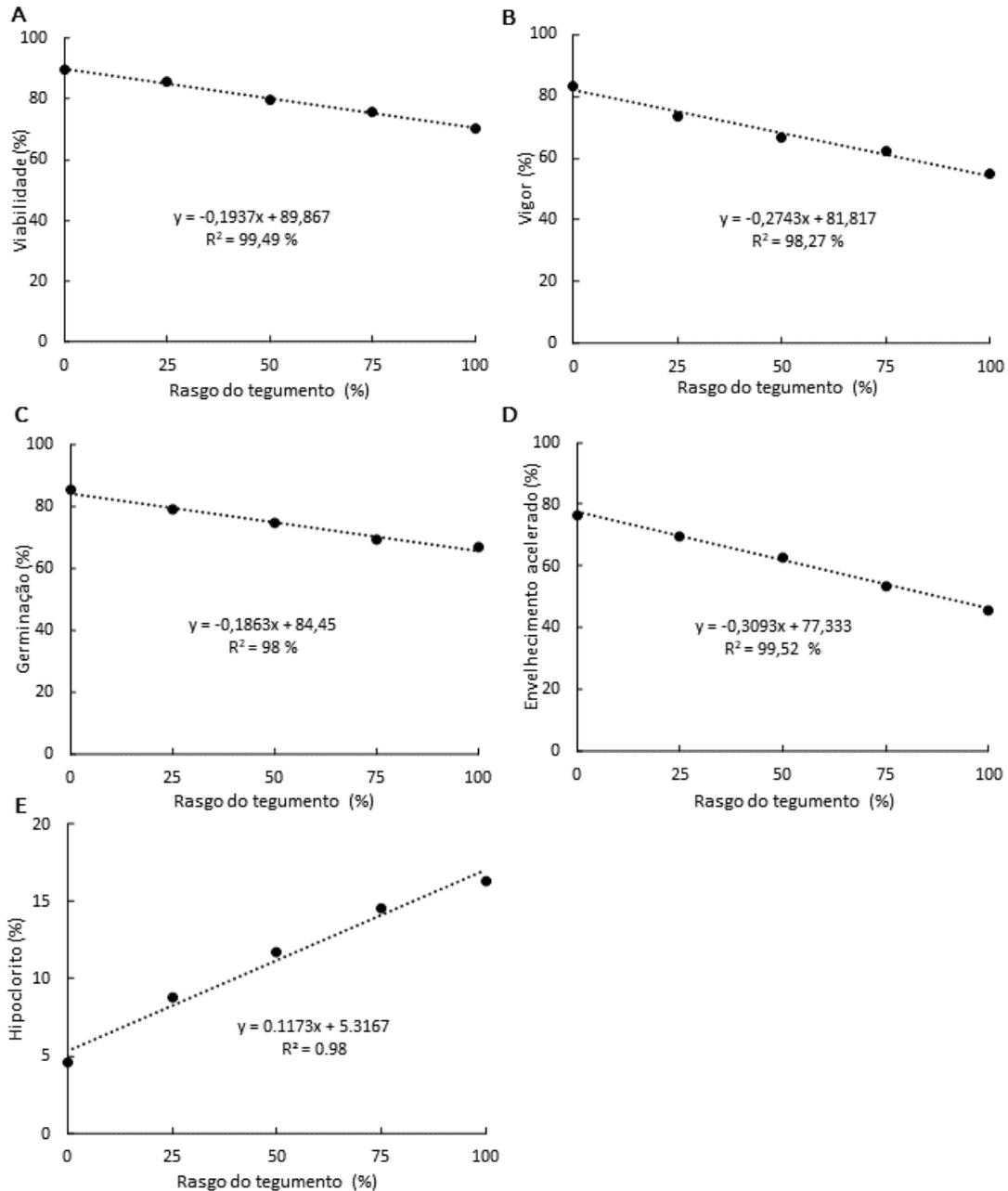
Fonte: Autoria Própria (2023)

Todas as variáveis que avaliam a qualidade fisiológica das sementes indicam redução à medida que se aumenta o percentual de rasgo nos lotes de sementes. Observou-se decréscimo de 0,194% para viabilidade, 0,274% para vigor, 0,186% para germinação e 0,309% para envelhecimento acelerado (Figura 11A, B, C, D). É possível observar na Figura 9B que o índice de velocidade hidratação aumenta em 0,0001% g água min⁻¹ a cada percentual de rasgo adicionado ao lote de sementes.

As sementes de soja, quando absorvem água de forma mais rápida que o normal, podem apresentar danos por embebição, que são caracterizados pela desorganização dos constituintes celulares, podendo ocorrer liberação de solutos e de macromoléculas iniciando o metabolismo de maneira defeituosa (TOLEDO,

2008). Estes estresses durante a embebição podem interferir no restabelecimento das organelas celulares e gerar plantas com anormalidades e menos vigorosas (Abati *et al.*, 2022). Outro fator que também deve ser levado em consideração é que por ser uma entrada facilitada de água nas sementes, principalmente quando a semente está no campo durante a maturidade fisiológica, o rasgo no tegumento das sementes de soja contribui para o aumento da deterioração, sendo que as sementes tendem a lixiviar mais exsudatos tornando-a mais atrativa a microrganismos patogênicos (TEIXEIRA, 2021).

Figura 11- Viabilidade -TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57159RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0,25,50, 75 e 100%) produzidas em Água Doce – SC

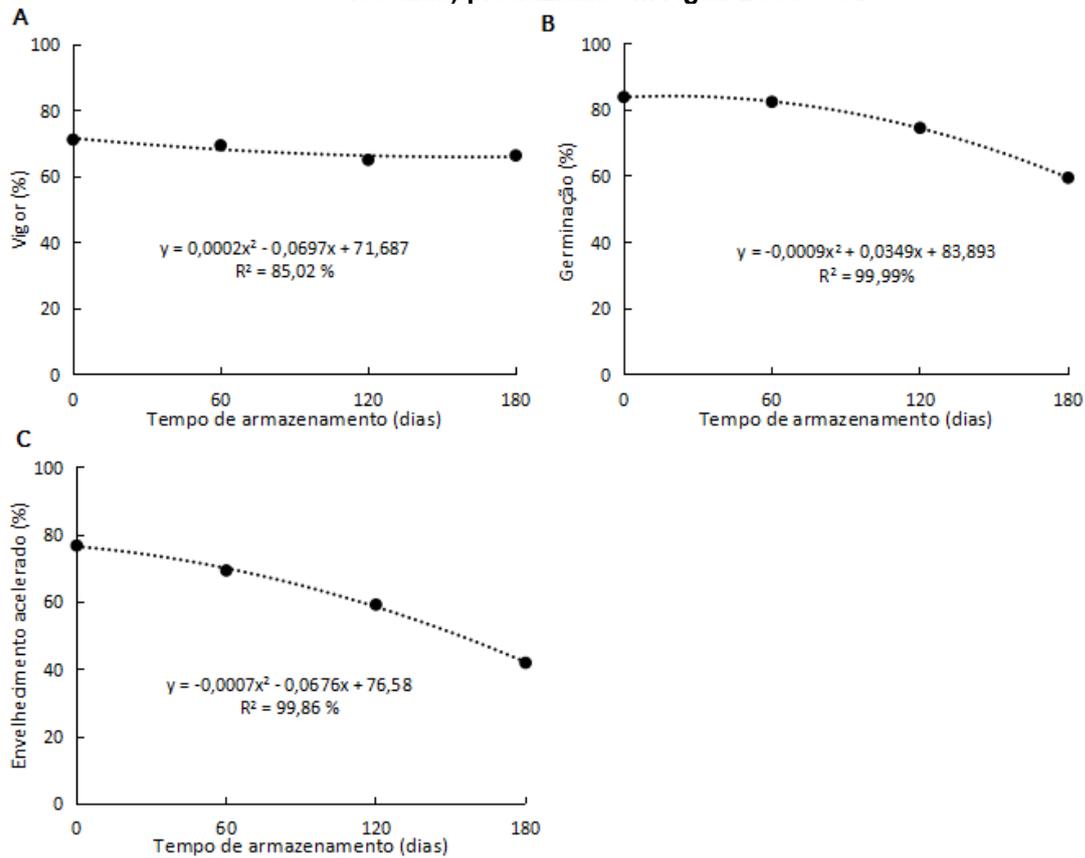


Fonte: Autoria própria (2023)

Em Água Doce – SC, apenas as variáveis vigor, germinação e envelhecimento acelerado apresentaram efeito significativo para tempo de armazenamento. De modo geral, quanto maior o tempo de armazenamento, menor é a qualidade das sementes (Figura 12). Diversos estudos relatam a influência do tempo de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes sobretudo se a semente for condicionada em armazéns convencionais. Segundo Juvino *et al.* (2014), a qualidade das sementes diminui com o tempo de armazenamento, e a taxa

de deterioração depende das condições ambientais durante o armazenamento e do tempo em que elas permanecem armazenadas.

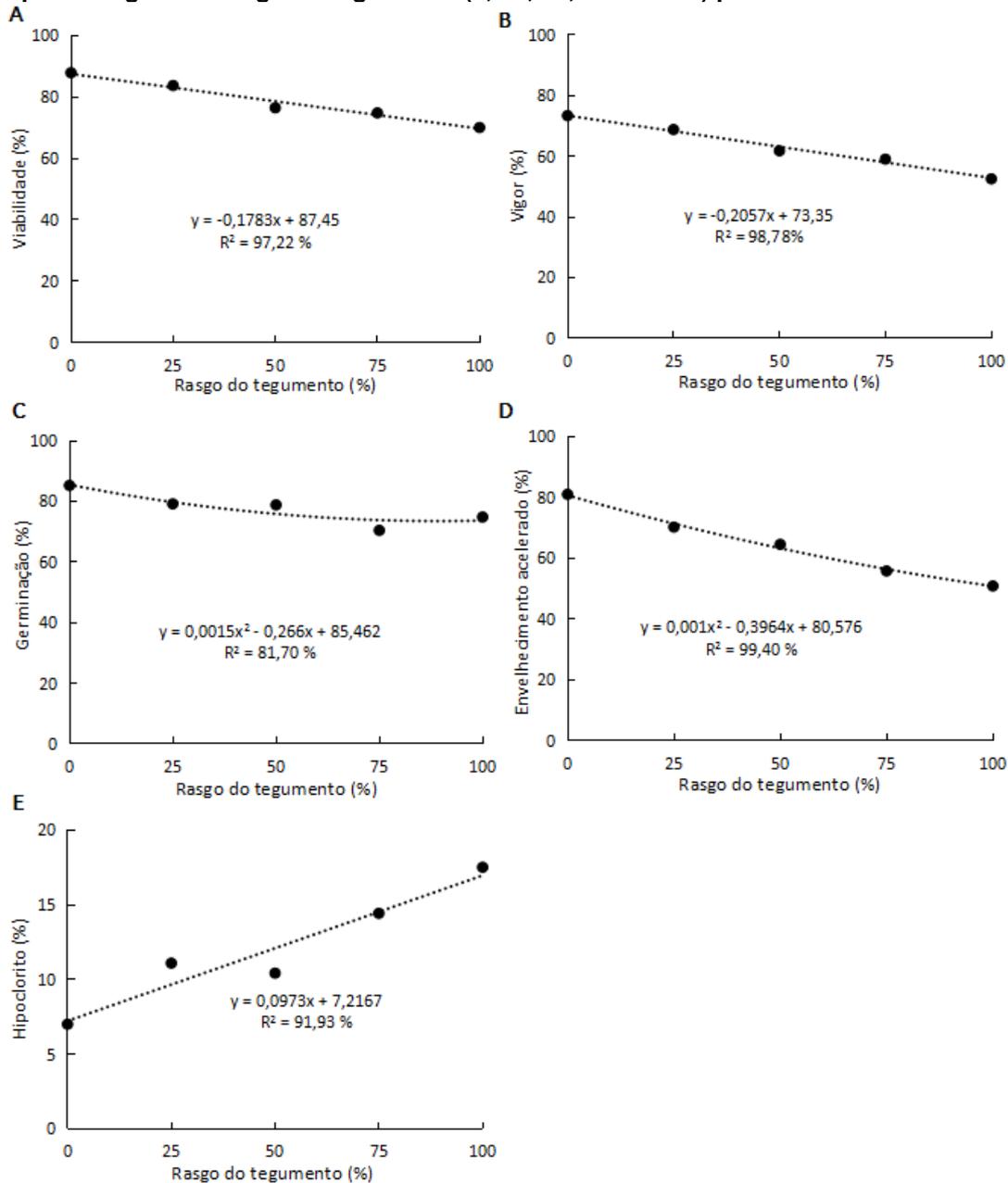
Figura 12- Vigor – TZ (A), germinação (B), envelhecimento acelerado (C) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57I59RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Água Doce – SC



Fonte: Autoria própria (2023)

Para a cultivar BMX Cromo TF IPRO produzidas em Clevelândia – PR (Figura 13), todas as variáveis avaliadas foram significativamente afetadas pela percentagem de rasgo do tegumento. Para as variáveis viabilidade e vigor avaliados no teste de tetrazólio, houve decréscimo de 0,178% e 0,206%, respectivamente para cada percentual de rasgo adicionado ao lote de sementes (Figura 13A B). A germinação e envelhecimento acelerado também indicam queda na qualidade das sementes à medida que se aumentou o percentual de rasgo do tegumento. Para hipoclorito, houve influência do rasgo no tegumento sobre os danos, sendo que para cada percentual de rasgo a mais no tegumento, há um aumento de 0,097% de dano na semente (Figura 13C D E).

Figura 13 - Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57159RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Clevelândia – PR

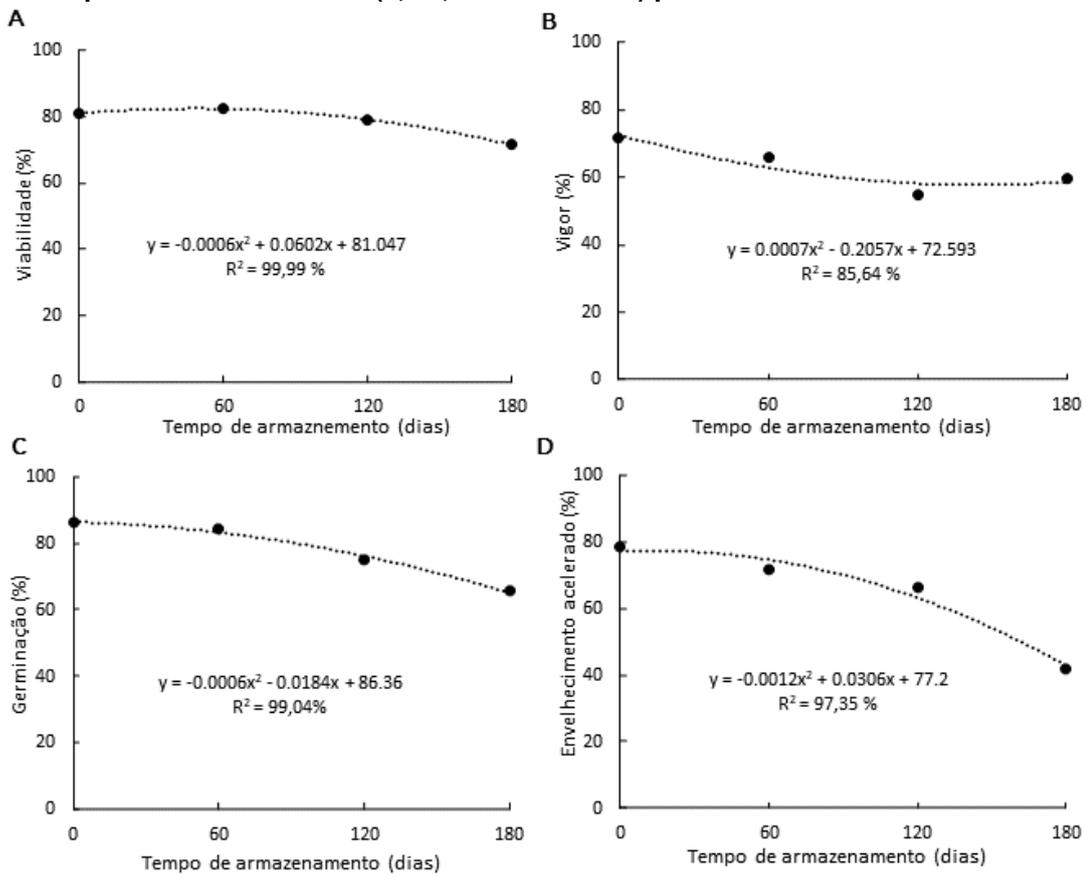


Fonte: Autoria própria (2023)

O efeito do tempo de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de BMX Cromo TF IPRO, produzidas em Clevelândia – PR, pode ser observado na figura 14. Houve redução na qualidade fisiológica de sementes de soja em todos os caracteres avaliados no decorrer do tempo de armazenamento. Para Surki, Sharifzadeh e Afshari (2012), a semente se deteriora durante períodos de armazenamento prolongado, mas a velocidade de deterioração varia muito entre espécies e lotes de sementes. Além disso, a deterioração gera prejuízo ao setor sementeiro, e por isso é importante administrar todos os processos durante a

colheita, secagem, temperatura de armazenamento e umidade para conseguir entregar ao produtor rural uma semente de qualidade.

Figura 14- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Cromo (57159RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Clevelândia – PR



Fonte: Autoria própria (2023)

A BMX Lança IPRO, apresentou interação significativa entre tempo de armazenamento e rasgo no tegumento para a maioria das variáveis analisadas, exceto viabilidade, vigor, germinação e hipoclorito em Palmas – PR, para hipoclorito em Água Doce – SC e, germinação e hipoclorito para Clevelândia - PR (Tabela 8).

Tabela 8- Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Lança (58160RSF IPRO) armazenadas por 0, 60, 120 180 dias, produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia - PR

Fator de variação/Local de cultivo	GL	Palmas – PR				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor (%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	22,20*	38,05*	6,05 ^{ns}	8,00 ^{ns}	4,41 ^{ns}
Tempo	3	49,08*	254,37*	566,53*	9652,00*	0,73 ^{ns}
Rasgo	4	210,35*	496,68*	279,53*	395,75*	518,76*

Tempo*Rasgo	12	7,81 ^{ns}	12,24 ^{ns}	11,62 ^{ns}	93,58*	5,16 ^{ns}
Resíduo	38	4,87	10,12	12,80	18,71	2,63
CV (%)		2,43	3,91	4,30	6,14	10,37
Água Doce – SC						
Fator de variação/Local de cultivo	GL	Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor (%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	5,45 ^{ns}	1,05 ^{ns}	3,70 ^{ns}	16,50 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Tempo	3	661,73*	1715,40*	1366,00*	6377,93*	1,62 ^{ns}
Rasgo	4	260,65*	364,05*	177,80*	592,55*	121,54*
Tempo*Rasgo	12	20,58*	32,83*	96,60*	325,72*	2,50 ^{ns}
Resíduo	38	2,51	3,91	3,74	7,76	2,33
CV (%)		1,94	2,82	2,38	4,77	15,00
Clevelândia – PR						
Fator de variação/Local de cultivo	GL	Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor (%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	6,70 ^{ns}	47,80*	1,85 ^{ns}	13,20 ^{ns}	2,87 ^{ns}
Tempo	3	571,13*	1329,00*	1968,80*	8691,27*	19,66*
Rasgo	4	289,73*	563,98*	212,45*	389,60*	270,73*
Tempo*Rasgo	12	29,97*	54,11*	23,38 ^{ns}	38,80*	3,30 ^{ns}
Resíduo	38	5,23	10,48	12,48	5,83	3,87
CV (%)		3,01	5,16	5,69	5,94	7,12

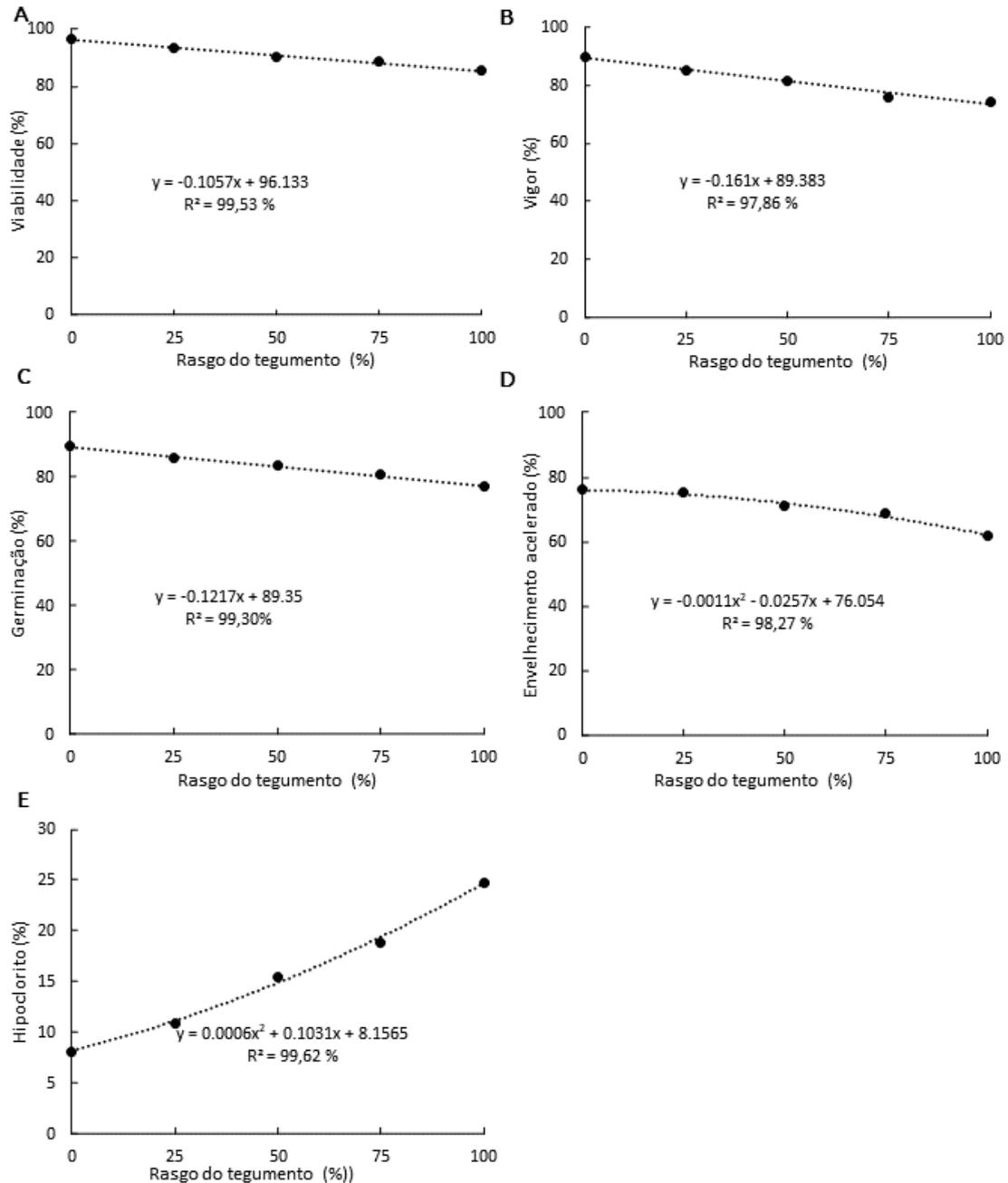
Nota: GL: Graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; Viab: Viabilidade; G: Germinação; EA: Envelhecimento acelerado; Hipo: Hipoclorito;

*: significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns}: não significativo.

Fonte: Autoria própria (2023)

As variáveis viabilidade, vigor e germinação da cultivar BMX Lança IPRO em Palmas – PR apresentaram redução de 0,106%, 0,161% e 0,122%, respectivamente, para cada porcentagem de rasgo adicionada (Figura 15). Para envelhecimento acelerado, houve ajuste quadrático, demonstrando que existe uma certa tolerância quanto a percentagens de rasgo, neste caso, indicando que lotes de sementes que contém menos de 50% de rasgo no tegumento não tem a qualidade comprometida. Para variável hipoclorito, o resultado foi semelhante aos outros campos de cultivares avaliados, onde à medida que cresce a porcentagem de rasgo do tegumento, aumenta os danos no teste de hipoclorito (Figura 15). Conforme destacado por Trzeciak (2012), esse comportamento pode ser explicado pela exposição das sementes a condições adversas de umidade e temperatura, que tendem a ter alternância de ganho e perdas de água aumentando o percentual de rachaduras e enrugamento do tegumento, causando prejuízos para qualidade das sementes.

Figura 15 – Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (e) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60 RSF IPRO) em função da percentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Palmas - PR

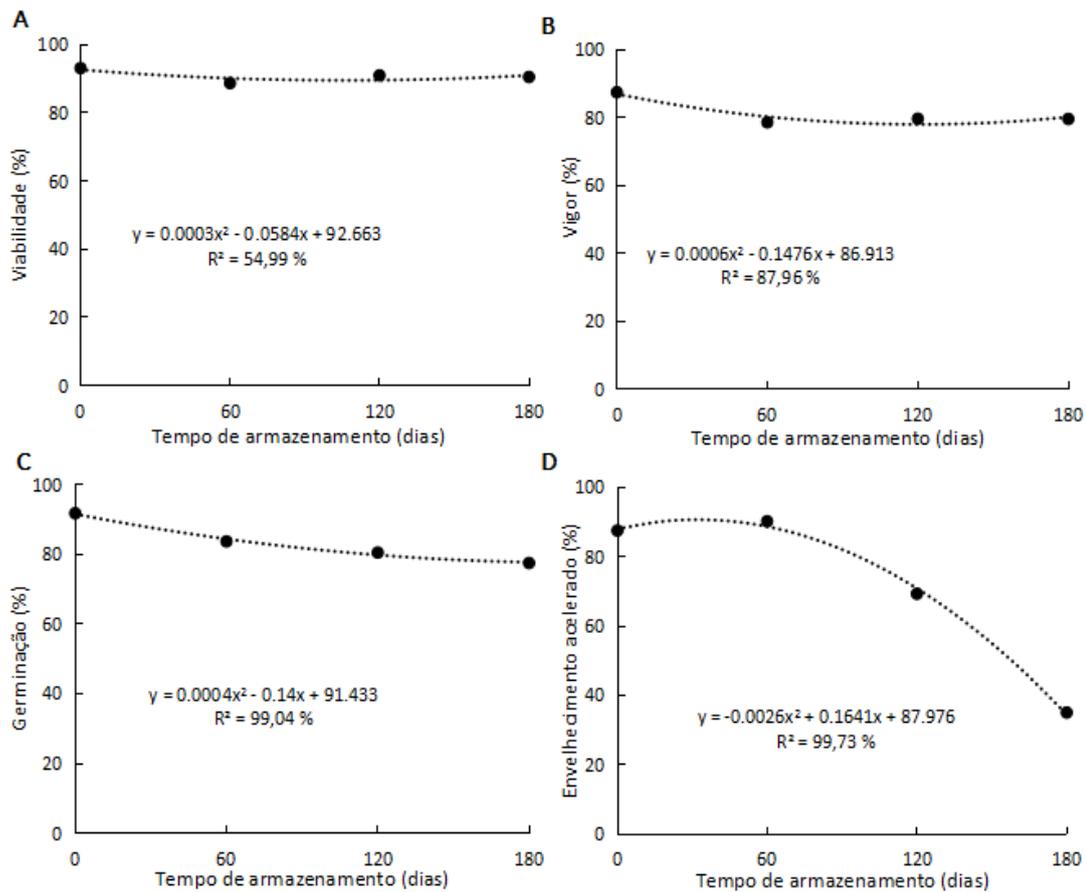


Fonte: Autoria própria (2023)

Para a cultivar BMX Lança IPRO, as sementes produzidas em Clevelândia – PR, a viabilidade e vigor analisados através do teste de tetrazólio e germinação, apresentaram queda na qualidade das sementes ao longo do armazenamento, mas menos drástica quando comparada com o teste de envelhecimento acelerado. Como já descrito por Silva, Lazarini e De Sá (2001), o teste de envelhecimento acelerado consegue detectar variações de qualidade fisiológica com maior sensibilidade que outros testes de vigor, devido justamente utilizar fatores ambientais comumente

associados com a deterioração das sementes, como altas temperatura e umidade relativa do ar.

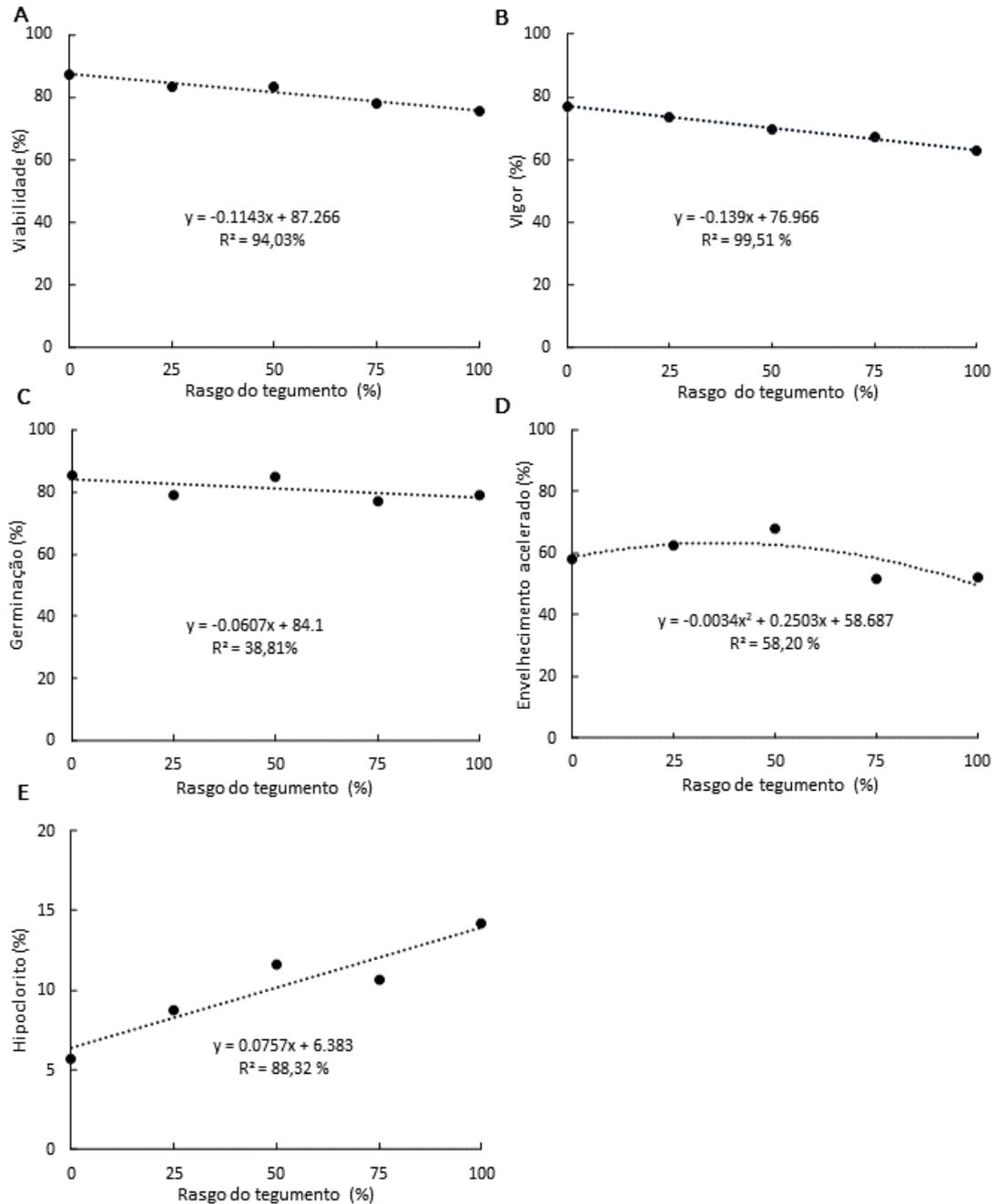
Figura 16- Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas - PR



Fonte: Autoria própria (2023)

Para a cultivar BMX Lança IPRO produzidas em Água Doce – SC, constatou-se uma relação linear entre a viabilidade, vigor e germinação, em função da porcentagem de rasgo no tegumento, com uma queda de 0,114%, 0,139% e 0,061%, respectivamente, indicando que à medida que aumenta o percentual de rasgo em um lote, diminui a qualidade das sementes. Esses resultados são semelhantes aos observados nos outros locais de cultivo. Para a variável envelhecimento acelerado, há uma relação quadrática, onde a máxima foi de 36,81 % de rasgo para 63,29 % de envelhecimento acelerado. Ainda, com o aumento da porcentagem de rasgo, aumenta-se de forma linear os níveis de dano pelo teste de hipoclorito (Figura 17).

Figura 17- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58160 RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Água Doce – SC

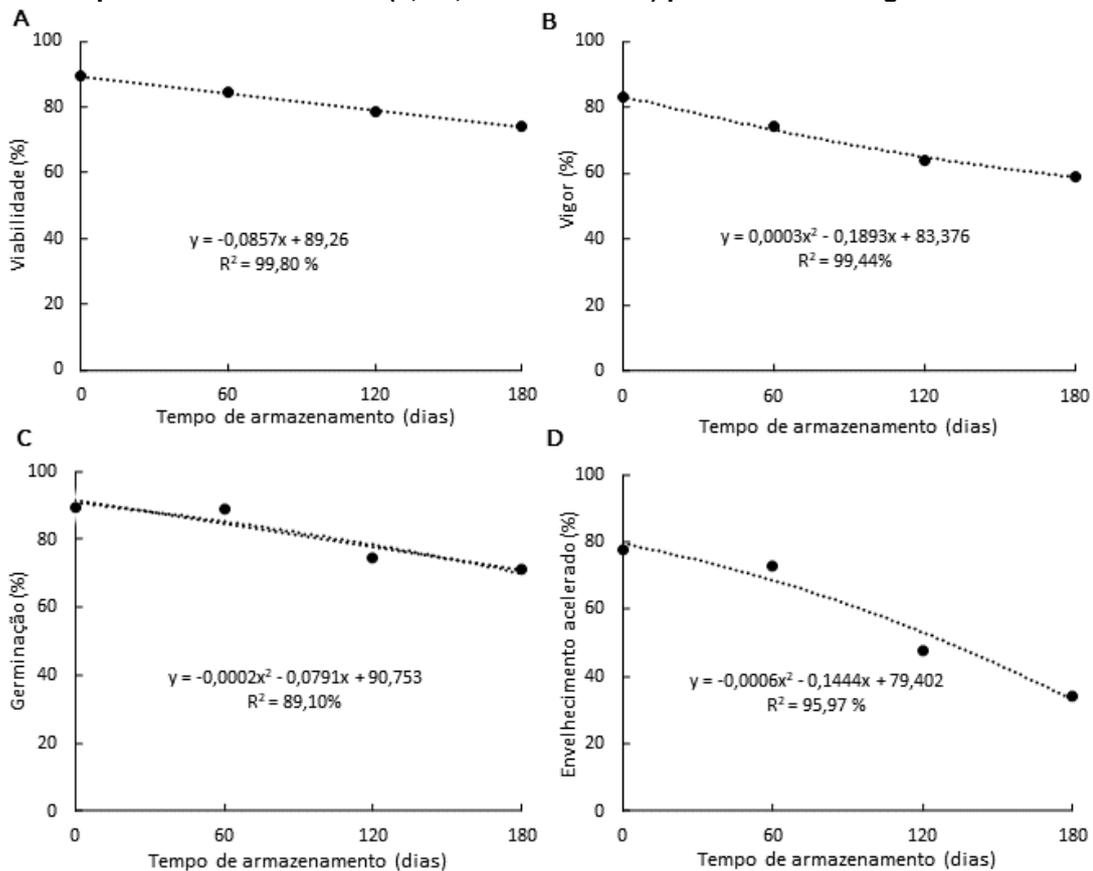


Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados obtidos da cultivar BMX Lança IPRO produzidas em Água Doce – SC indicam decréscimo linear de 0,086 % de viabilidade dia⁻¹ armazenado. Já as variáveis vigor, germinação e envelhecimento acelerado foram expressas por curvas de tendência quadráticas, comportamento este que pode ser explicado por um período durante o armazenamento que a semente passa por estabilização da

qualidade, voltando a cair em seguida, o que também já foi observado por outros autores (FERREIRA *et al.*, 2017; ALI. *et al.*, 2017) (Figura 18).

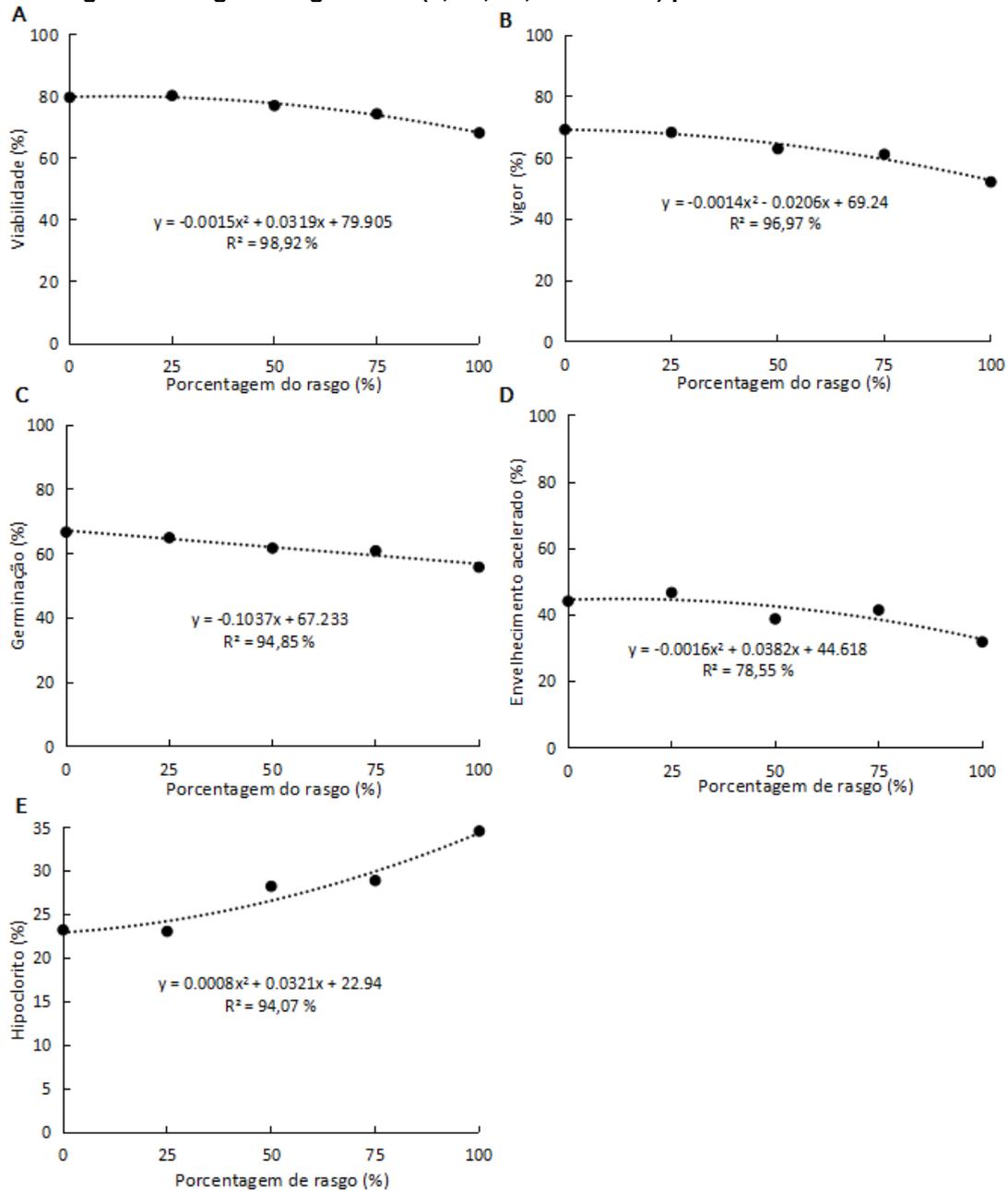
Figura 18- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Água Doce - SC



Fonte: Autoria Própria (2023)

Para a cultivar BMX Lança IPRO (Figura 19), o teste de viabilidade, vigor, envelhecimento acelerado indicam queda da qualidade quando adicionado rasgo no tegumento aos lotes, principalmente a partir de 50%, quando a queda é mais acentuada. Já a variável germinação foi explicada por equação linear, com decréscimo de 0,104% a cada percentual de rasgo adicionado ao lote.

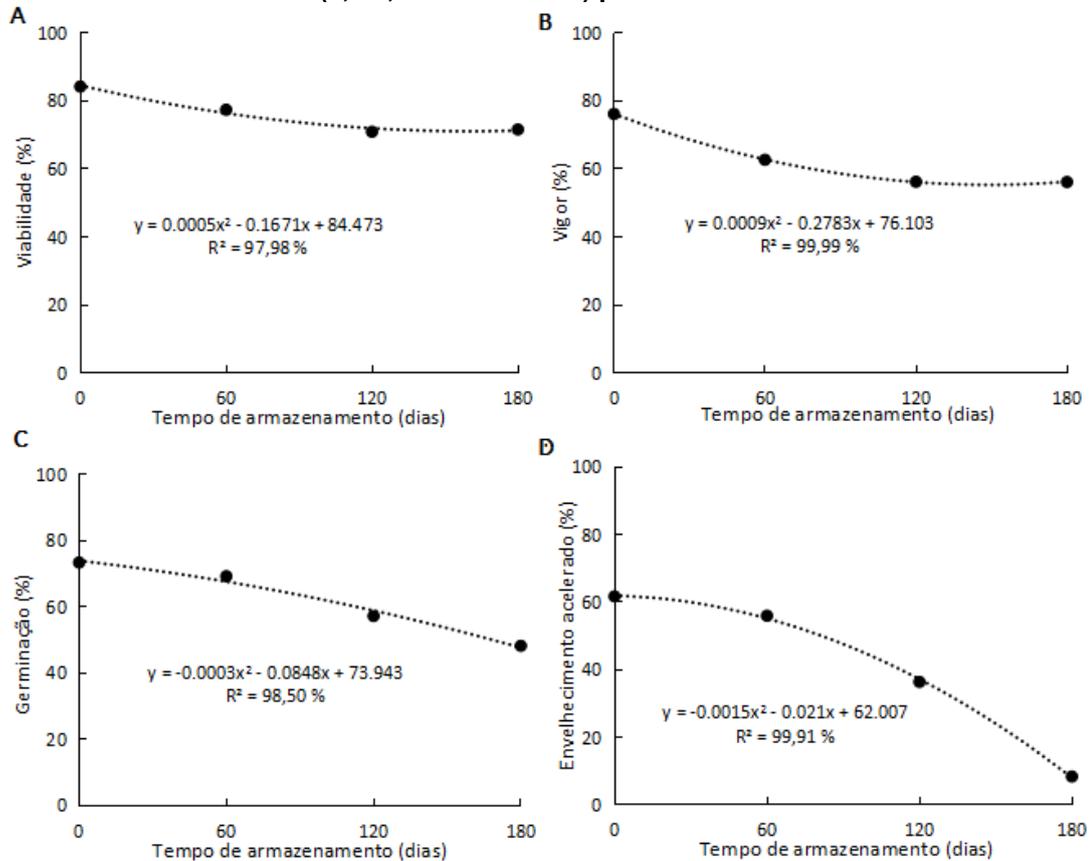
Figura 19 – Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60 RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Clevelândia - PR



Fonte: Autoria própria (2023)

Para a cultivar BMX Lança IPRO em Palmas – PR (Figura 20), observou-se redução da qualidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento, semelhante ao observado nos outros locais de produção e cultivares avaliadas.

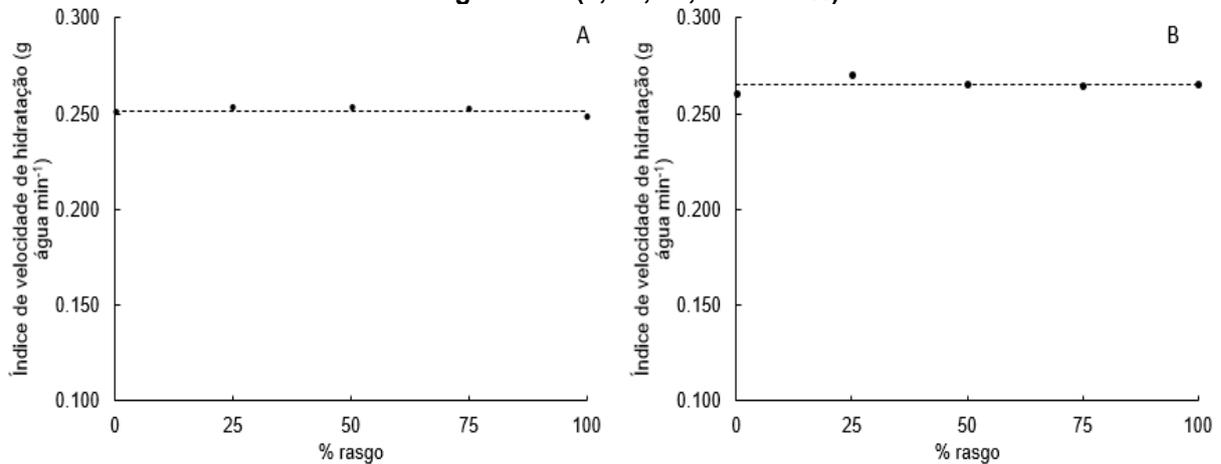
Figura 20- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas no Clevelândia - PR



Fonte: Autoria própria (2023)

O índice de velocidade de hidratação da cultivar BMX Lança IPRO, nos campos de Palmas – PR (Figura 21A) e Clevelândia – PR (Figura 21B) não apresentaram diferenças significativas quanto ao rasgo no tegumento. A absorção média girou em torno de $0,2515 \text{ g água min}^{-1}$ e $0,2655 \text{ g água min}^{-1}$ para os campos de Palmas – PR e Clevelândia – PR, respectivamente. Ou seja, a absorção de água das sementes não se altera com o aumento do percentual de rasgo. Isso indica que, para esta cultivar, outros fatores podem estar envolvidos na queda da qualidade fisiológica das sementes.

Figura 21 - Índice de velocidade de hidratação (g água min⁻¹) Palmas - PR (A), Clevelândia - PR (B) das sementes de soja da cultivar BMX Lança (58I60RSF IPRO) com percentagens de rasgo no tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%)



Fonte: Autoria própria (2023)

Para a cultivar BMX Fibra IPRO houve comportamento similar da cultivar BMX Cromo TF IPRO, onde é possível observar que houve interação significativa entre tempo de armazenamento e rasgo no tegumento para todas as variáveis analisadas nos três campos de cultivo, indicando que o comportamento da qualidade das sementes durante o tempo de armazenamento se modifica à medida que o percentual de rasgo no tegumento aumenta (Tabela 9). Os coeficientes de variação (2,4% a 12,1%) indicam boa precisão experimental.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para caracteres de qualidade de sementes da cultivar de soja BMX Fibra (64161RSF IPRO) produzidas em Palmas – PR, Água Doce – SC e Clevelândia – PR e armazenadas por 0, 60, 120 e 180 dias

Fator de variação/Local de cultivo	GL	Palmas - PR				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor (%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	1,87 ^{ns}	10,95 ^{ns}	21,07*	4,85 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Tempo	3	109,64*	328,93*	443,53*	4300,40*	3,53 ^{ns}
Rasgo	4	410,64*	507,83*	98,89*	1511,90*	546,52*
Tempo*Rasgo	12	43,41*	28,48*	35,35*	297,13*	11,14*
Resíduo	38	4,67	6,77	5,75	5,78	1,71
Total	59	45,32	61,68	40,86	385,48	40,60
CV (%)		2,45	3,31	2,77	4,06	7,33

Fator de variação/Local de cultivo	GL	Água Doce - SC				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor (%)	G (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	0,45 ^{ns}	1,20 ^{ns}	4,45 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Tempo	3	252,11*	449,80*	1315,23*	14310,00*	59,40*
Rasgo	4	179,98*	465,83*	348,08*	551,00*	164,06*
Tempo*Rasgo	12	29,76*	46,53*	76,71*	244,83*	40,69*
Resíduo	38	7,13	7,34	5,10	4,74	2,56
Total	59	35,68	68,68	109,51	817,90	24,08
CV (%)		3,11	3,53	2,87	4,37	12,10

Fator de variação/Local de cultivo	GL	Clevelândia - PR				
		Quadrado médio				
		Viab. (%)	Vigor (%)	G. (%)	EA. (%)	Hipo. (%)
Bloco	2	3,75 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}	12,70*	2,30 ^{ns}
Tempo	3	200,47*	432,77*	971,13*	9304,83*	93,10*
Rasgo	4	553,15*	1104,23*	163,83*	516,90*	642,48*
Tempo*Rasgo	12	40,70*	28,52*	15,79*	64,03*	69,32*
Resíduo	38	5,73	7,81	5,09	4,00	1,95
Total	59	59,79	107,74	67,10	524,20	63,72
CV (%)		2,86	3,97	2,79	3,50	5,64

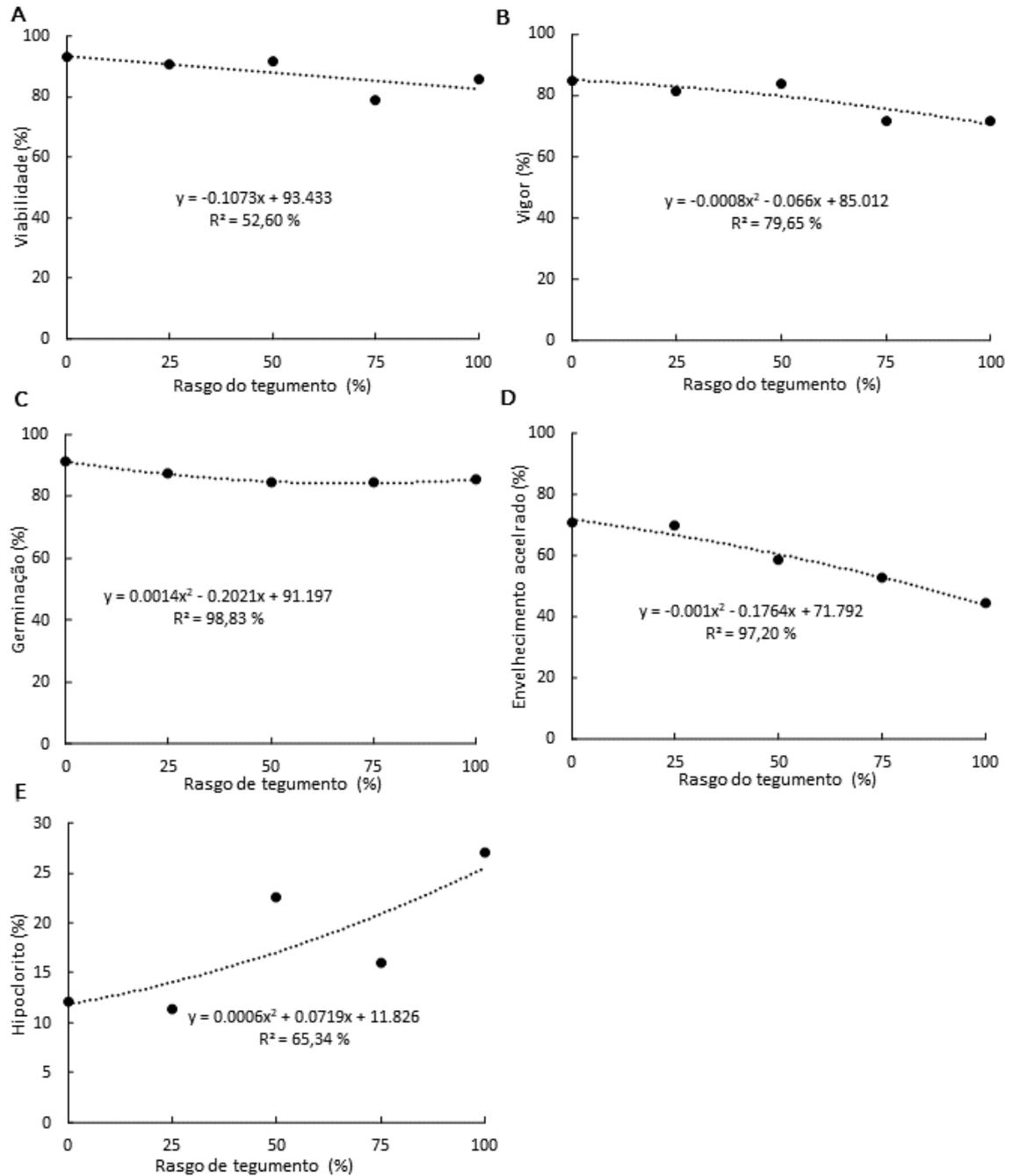
Nota: GL: Graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; Viab: Viabilidade; G: Germinação; EA: Envelhecimento acelerado; Hipo: Hipoclorito;

*: significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}: não significativo.

Fonte: Autoria própria (2023)

Na figura 22 observa-se que as sementes da cultivar BMX Fibra IPRO, produzidas em Palmas – PR tiveram a qualidade das sementes reduzida com o aumento do percentual de rasgo. Comportamento semelhante foi observado para o teste de hipoclorito.

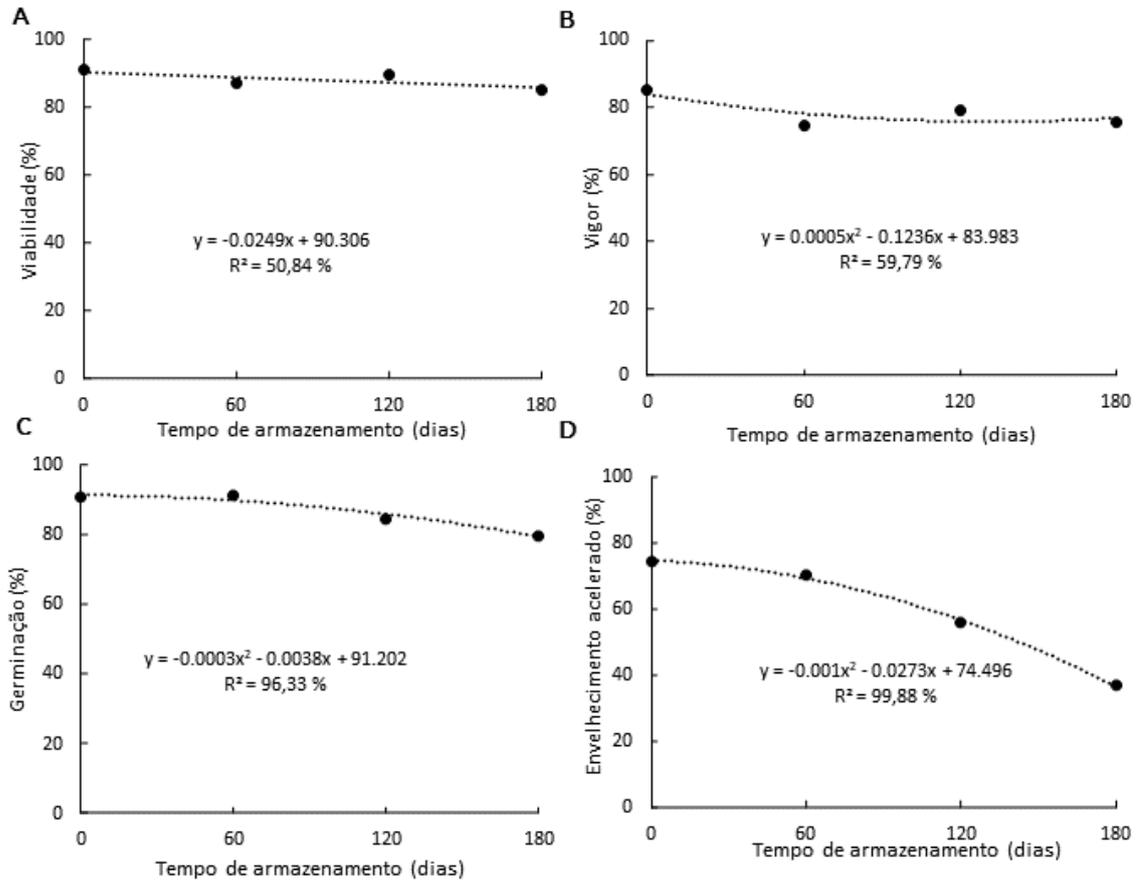
Figura 22- Viabilidade – TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função da percentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Palmas – PR



Fonte: Autoria própria (2023)

Para cultivar BMX Fibra IPRO produzidas em Palmas – PR, houve diferença significativa para viabilidade, vigor, germinação e envelhecimento acelerado, indicando declínio na qualidade dessas variáveis ao longo do armazenamento, sendo mais contundente a queda para envelhecimento acelerado (Figura 23).

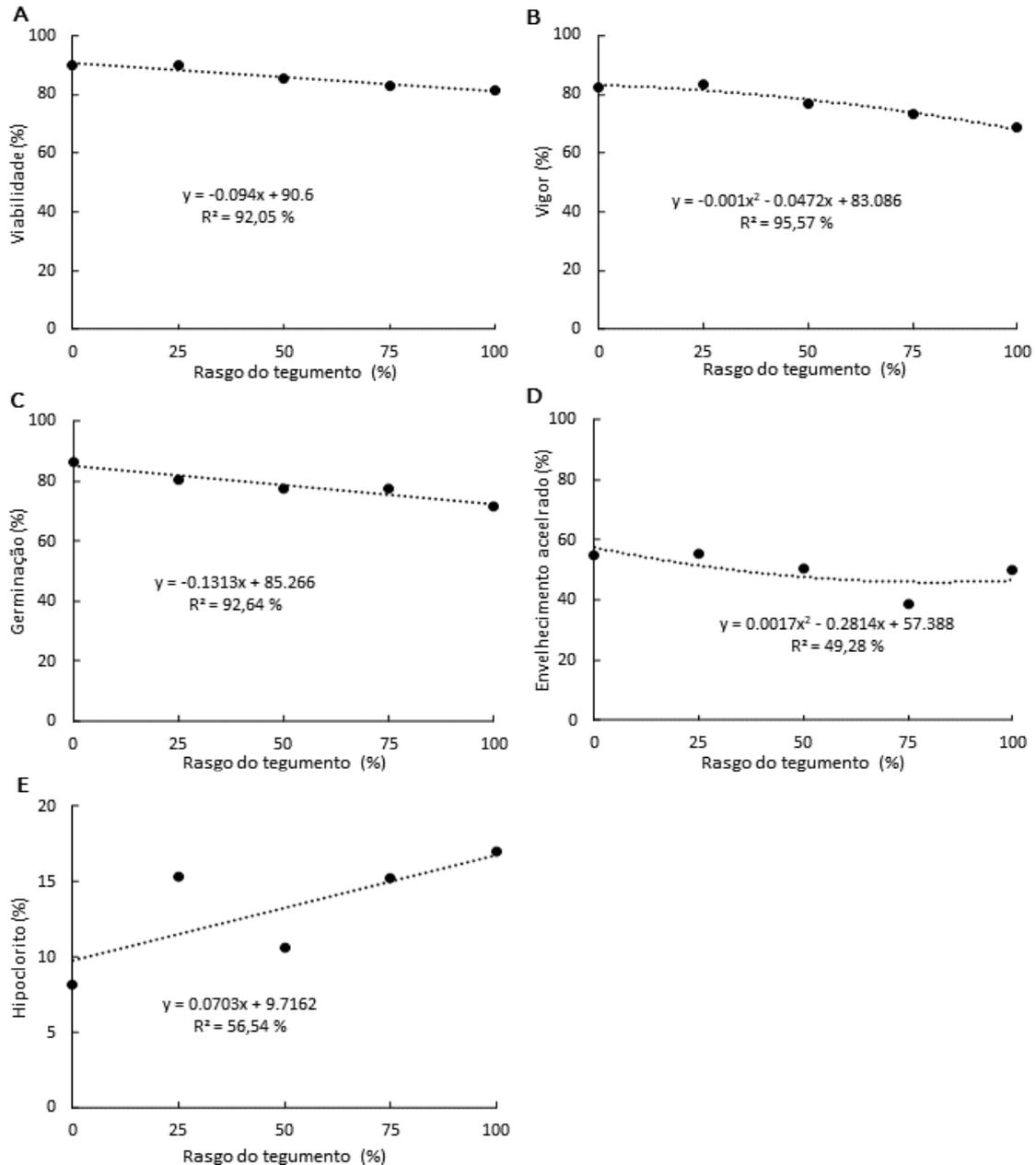
Figura 23- Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Palmas – PR



Fonte: Autoria própria (2023)

Nos resultados apresentados na Figura 24, para a cultivar BMX Fibra IPRO produzidas em Água Doce – SC, é possível observar a redução na qualidade à proporção que se aumenta a percentagem de rasgo no tegumento dos lotes de sementes, indicando que o rasgo no tegumento não só pode diminuir a qualidade das sementes como comprometer um lote que tenha percentagens acima de 50 % de rasgo no tegumento. Na figura 24C é possível verificar que quando sem rasgo no tegumento, o lote de semente apresentava qualidade superior a 80 % de germinação, o qual é o mínimo exigido pela legislação brasileira de comercialização de sementes na Instrução Normativa Nº 45, de 17 de setembro de 2013, entretanto, após adicionado rasgo ao lote de sementes, a qualidade diminui a ponto de impossibilitar sua comercialização. Para hipoclorito houve aumento de 0,070% de dano por percentual de rasgo adicionado ao lote.

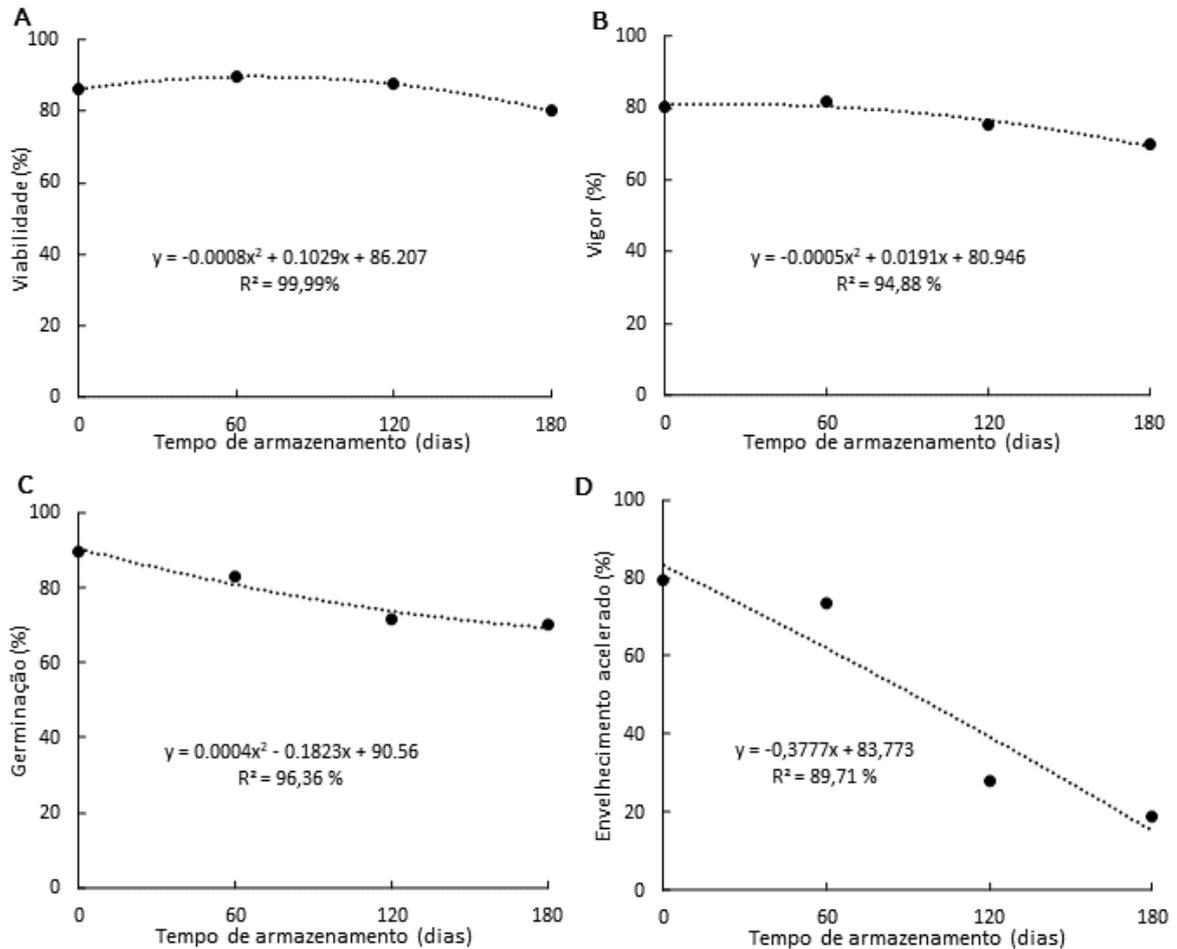
Figura 24- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função da percentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Água Doce – SC



Fonte: Autoria própria (2023)

Da mesma forma para BMX Fibra IPRO em Água Doce - SC observou-se queda na qualidade das sementes com o aumento do tempo de armazenamento, com comportamento quadráticas para a viabilidade, vigor e germinação, e linear para a variável envelhecimento acelerado (Figura 25).

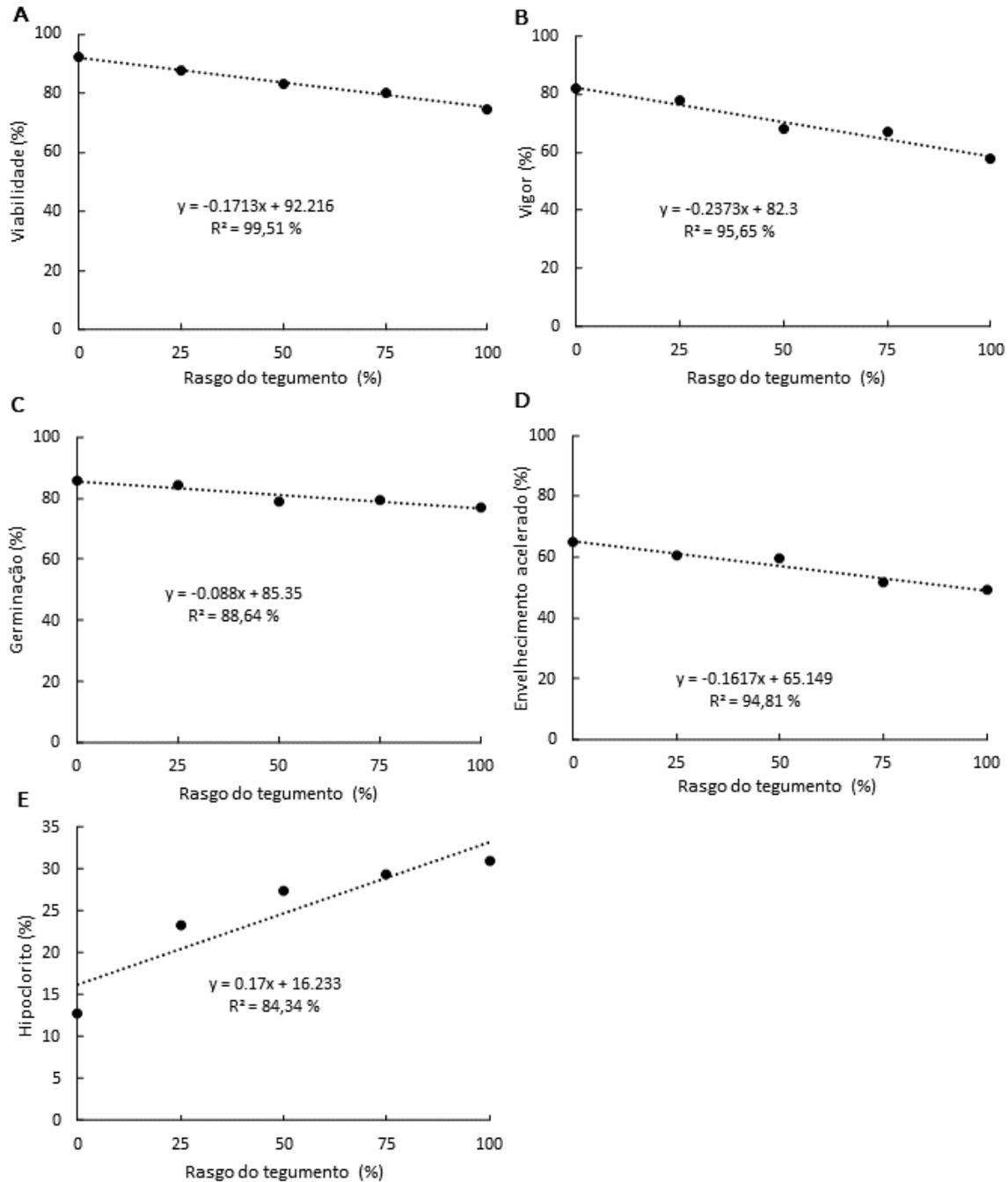
Figura 25- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Água Doce -SC



Fonte: Autoria própria (2023)

Houve redução da qualidade fisiológica nas sementes de BMX Fibra IPRO produzidas em Clevelândia - PR. Todas as variáveis de qualidade avaliadas apresentaram reduções lineares com o incremento de rasgo no tegumento de sementes, para viabilidade, vigor, germinação e envelhecimento acelerado, com reduções de -0,171%, -0,237%, -0,088% e -0,162% a cada percentual de rasgo adicionado ao lote de sementes, respectivamente (Figura 26). Os resultados para hipoclorito (Figura 26E), indicam incremento de 0,17% de dano a cada percentual de rasgo adicionado ao lote de sementes.

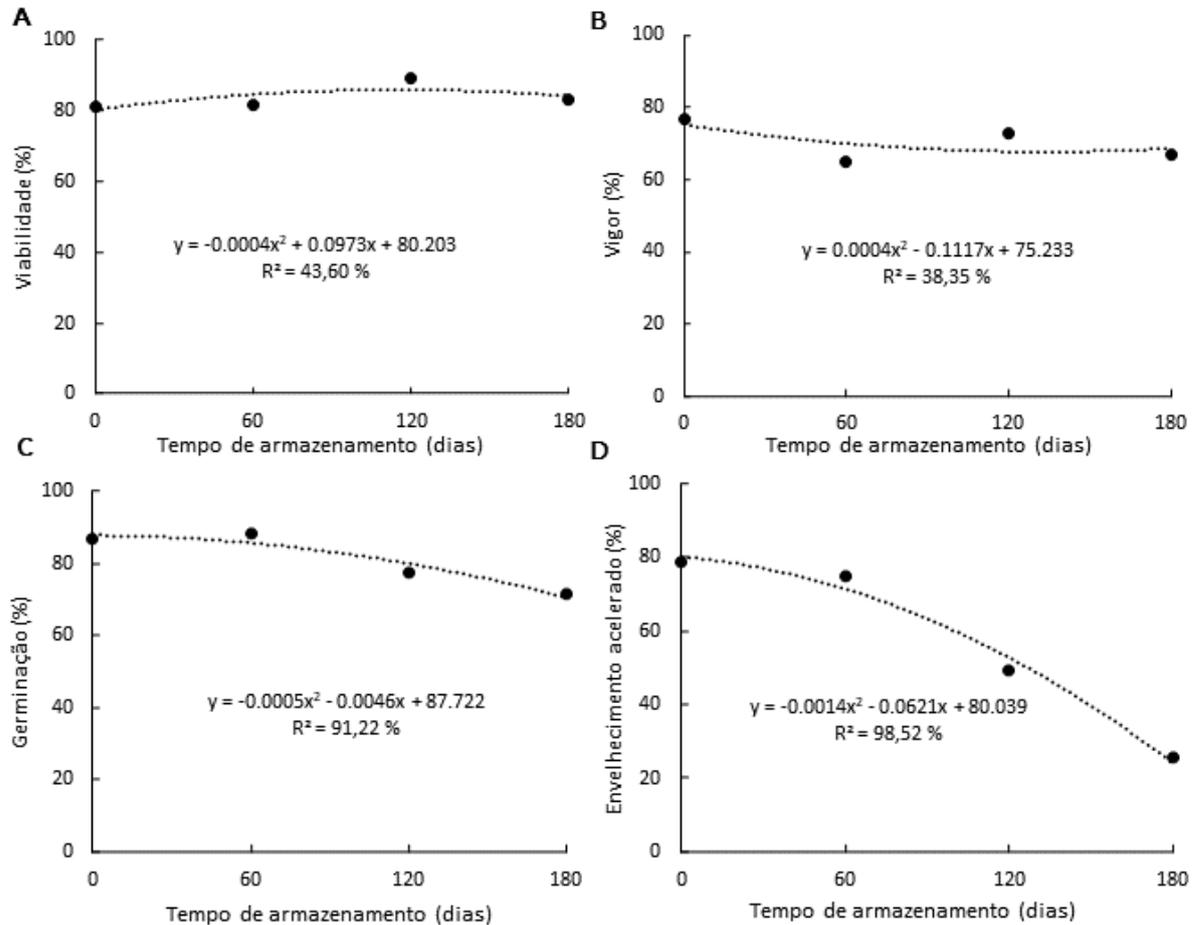
Figura 26- Viabilidade - TZ (A), vigor – TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) e hipoclorito (E) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função da porcentagem de rasgo do tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidas em Clevelândia – PR



Fonte: Autoria própria (2023)

Na cultivar BMX Fibra IPRO produzida em Clevelândia – PR também observou-se efeito negativo do tempo de armazenamento na qualidade das sementes. Neste contexto, Coradi *et al.*, (2020) cita que o tempo de armazenamento é um dos principais intensificadores da deterioração das sementes (Figura 27).

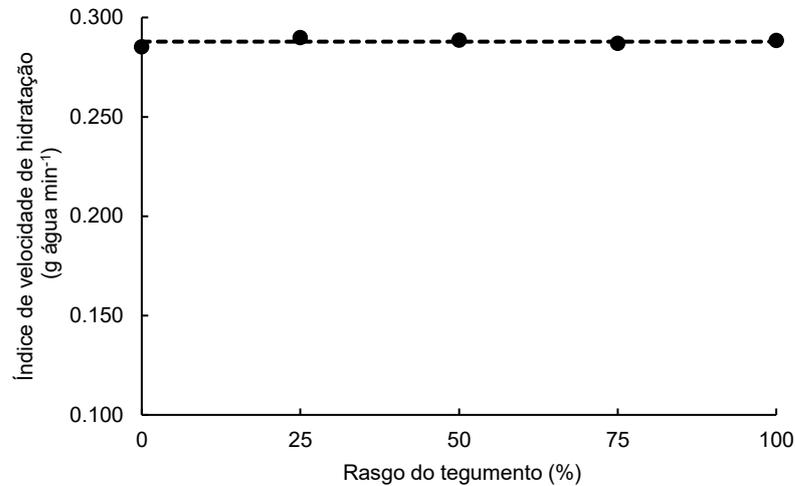
Figura 27- Viabilidade - TZ (A), vigor - TZ (B), germinação (C), envelhecimento acelerado (D) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64I61RSF IPRO) em função do tempo de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) produzidas em Clevelândia – PR



Fonte: Autoria própria (2023)

O índice de velocidade de hidratação da cultivar BMX Fibra IPRO (Figura 28), não apresentou diferença significativa quando ao rasgo no tegumento. A hidratação média desta cultivar foi de $0,2878 \text{ g água min}^{-1}$. Vale destacar que esta cultivar apresentou a menor intensidade de rasgo no tegumento (Tabela 2), podendo estar relacionado a não diferença na absorção de água. Ou seja, o tamanho e a profundidade do rasgo podem também influenciar na qualidade fisiológica das sementes. Imagens capturadas pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV, Figura 29), indicam que, o rasgo afeta apenas as camadas da superfície do tegumento e na maioria das vezes a parte interna do tegumento fica intacta (ZORATO, 2018; TEIXEIRA, 2021).

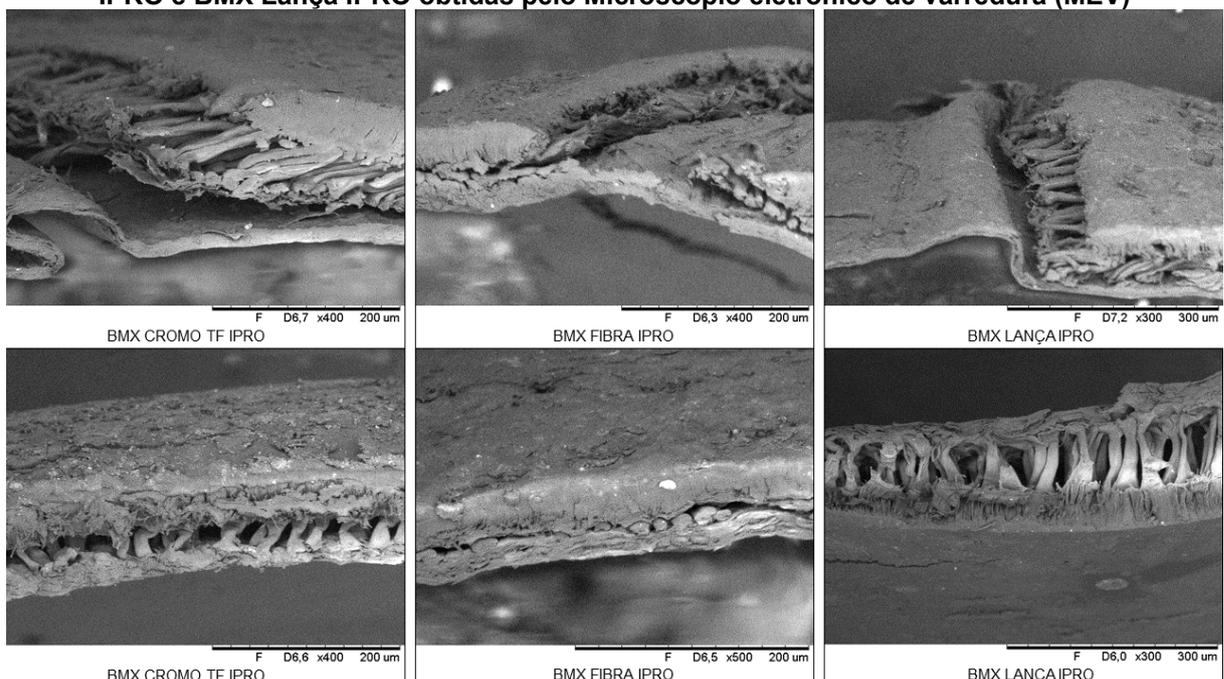
Figura 28 - Índice de velocidade de hidratação (g água min⁻¹) das sementes de soja da cultivar BMX Fibra (64161RSF IPRO) produzidas em Clevelândia - PR com percentagens de rasgo no tegumento (0, 25, 50, 75 e 100%)



Fonte: Autoria própria (2023)

A deterioração da qualidade das sementes durante o armazenamento já é bem discutida na literatura, entretanto, existem poucos trabalhos que avaliaram o tempo de armazenamento de sementes com rasgo no tegumento. De maneira geral, para todas as cultivares e campos avaliados, as sementes com rasgo no tegumento apresentaram menor longevidade, quando comparadas as sementes de tegumento sem rasgo.

Figura 29- Fotografias do tegumento das cultivares de soja BMX Cromo TF IPRO, BMX Fibra IPRO e BMX Lança IPRO obtidas pelo Microscópio eletrônico de varredura (MEV)



Autoria própria, (2023)

5 CONCLUSÃO

BMX Cromo TF IPRO apresenta maior intensidade de rasgos e uma menor qualidade fisiológica quando comparado com as demais cultivares avaliadas.

O campo de produção Palmas – PR, apresenta melhor qualidade fisiológica de sementes. Sementes com rasgo no tegumento tem menor longevidade durante o armazenamento quando comparado a sementes com tegumento integro (sem rasgo).

De maneira geral, o rasgo no tegumento da soja diminui a qualidade fisiológica das sementes, contribuindo para o aumento na deterioração das sementes.

REFERÊNCIAS

- ABATI, J. *et al.* Water absorption and storage tolerance of soybean seeds with contrasting seed coat characteristics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 44, 2022.
- ABREU, A. F. B. Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2005.
- ALI, I. *et al.* Deterioration of quality soybean seeds (*Glycine Max* (L.) Merr. AGS 190) at harvest stages, seed moisture content and storage temperature in Malaysia. **Int. J. Biosci**, v. 10, p. 372-381, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/10.5.372-381>.
- ÁVILA, M. R. *et al.* Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300014>.
- BAGATELI, José Ricardo. **Desempenho produtivo da soja originada de lotes de sementes com diferentes níveis de vigor**. 2015. 34f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/3276>. Acesso em: 10 set. 2022.
- BAKER, D. M. *et al.* Comparison of preparative techniques for scanning electron microscopy examination of soybean seed coats in sectional view. **Scanning Electron Microscopy**, v. 1986, n. 1, p. 29, 1985. Disponível em: <https://digitalcommons.usu.edu/electron/vol1986/iss1/29>. Acesso em: 26 set. 2022.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. [S.l.]: MAPA Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009.
- CAPELIN, M. A. *et al.* Physiological quality and seed chemical composition of soybean seeds under different altitude. **Bragantia**, v. 81, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210244>.
- CAPELIN, Marcio Andrei. **Ambiente de cultivo, composição química, potencial fisiológico e armazenamento de sementes de soja**. 2021. Tese de doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27657>. Acesso em: 26 set. 2022.
- CAPITANIO, Suélen; EICHELBERGER, Luiz. Ruptura fisiológica do tegumento e a qualidade de sementes de soja. 2017. In: **Resumos IX Mostra de Pós-Graduação da Embrapa Trigo**, Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Embrapa, p.43 2017.
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crame em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 272-278, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000300006>.

CARVALHO, B. L. *et al.* Conteúdo de lignina e tolerância à deterioração em pré-colheita e efeito na qualidade de sementes de soja. In: **Resumos JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA**, 14., 2019, Londrina. Embrapa Soja, 163 p. 2019.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 588p. 2000.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680802333904>.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. **Nono levantamento - Safra 2020/2021**. Junho, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 26 nov. 2022.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal** v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.

CORADI, P. C. *et al.* Soybean seed storage: Packaging technologies and conditions of storage environments. **Journal of Stored Products Research**, v. 89, p. 101709, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101709>.

CORADI, P. C. *et al.* Quality of soybean cultivars in the drying and storage processes in real scale and experimental. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 7, p. e13418, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13418>.

COSTA, J. A. *et al.* Variedades de soja diferem na velocidade e capacidade de absorver água. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.91-96, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v3i1.1036>.

CRUZ, Cosme Damião. Genes software-extended and integrated with the r, matlab and selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547–552, 2016.

DA SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; DE SÁ, M. E. Comportamento de sementes de cultivares de soja submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7187>. Acesso 10 out. 2022.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese). R package version 4.1.2, 2021.

FERREIRA, F. C.; *et al.* Cooling of soybean seeds and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 385-392, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n4177535>.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Use of the tetrazolium test for estimating the physiological quality of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 31-44, 2022. <https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.1.s.03>.

GONZAGA, T.; VILAR, C.; FILHO, A. S.; SILVA, V. Bradyrhizobium and azospirillum interaction in soybean cultivars (*Glycine max (L.) merrill*) and their effects on productivity. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 1, p. 60–66, 2020. <https://doi.org/10.36560/1312020864>.

HAMMOND, E. G.; JOHNSON, L. A.; SU, C.; WANG, T.; WHITE, P. J. Soybean Oil. In: SHAHIDI, F. (Ed.) *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. v.02 (six volume set), 6th ed. New Jersey: **John Wiley and Sons**, 2005. Cap. 13, p.577-650.

HENNING, Ademir Assis *et al.* Tecnologia de sementes. **Embrapa Soja - Documentos (INFOTECA-E)**, 2020.

JUVINO, A. N.; *et al.* Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 844-850, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p844-850>.

KAEFER, J. *et al.* Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA (Cruz Alta)**, v. 3, p. 13-22, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Salazar-10/publication/335174074_Influence_of_storage_in_the_seeds_physiological_quality/links/5d54cb39299bf16f0738df9b/Influence-of-storage-in-the-seeds-physiological-quality.pdf. Acesso 15 out. 2022.

KRZYZANOWSKI, C.; FRANÇA NETO, J. de B.; DA COSTA, N. P. Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja. **Embrapa Soja - Documentos (INFOTECA-E)**, 2004.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades: série sementes. **Embrapa Soja - Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/457138/1/circtec55.pdf>. Acesso em 15 set. 2022.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, Ademir Assis. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Embrapa Soja - Circular Técnica (INFOTECA-E)**, v. 136, n. 1, 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* Vigor de sementes: conceitos e testes. Edição. 2. **Abrates**, 2021.

LOPES, M. M. *et al.* Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/41152>. Acesso 15 out. 2022.

MACHADO, B. R. *et al.* **Análise do efeito do rasgo no tegumento de sementes de soja sobre a patologia e qualidade fisiológica.** 2018. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1213/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Bruna%20Ribeiro%20Machado.pdf. Acesso 01 nov. 2022.

MACHADO, B. R. *et al.* Effect of tear/crack on soybean ('Glycine max') seed coat, physiological quality and pathology of the seed. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 6, p. 988-994, 2019. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.582994109543148>. Acesso 15 out. 2022.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-77, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.

MARCOS FILHO, Julio. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba Fealq, 2005. Acesso 30 set. 2022.

MERTZ, L. M.; *et al.* Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 23-29, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100003>.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MARTINS, C.C.; COIMBRA, R.A. Intensidade de dormência durante a maturação de sementes de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.165-170, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100023>.

PASCUALI, Luiz Carlos. **Vigor tests to estimate soybean seed storage potential.** 2012. 54 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1379/1/tese_luiz_carlos_pascualli.pdf. Acesso de 02 dez. 2022.

PÍPOLO, A. E. *et al.* Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. **Embrapa Soja-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. Londrina: Embrapa Soja, 2015., 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1025298>. Acesso de 15 set. 2022.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília, **BID**. DF: AGIPLAN, 1977.

PRADO, Priscylla Martins Carrijo. **Propriedades fisiológicas e físico-químicas durante armazenamento de soja e milho com diferentes tecnologias de semente.** 2020. 147 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10839>. Acesso de 02 dez. 2022.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing website**, 2020.

RODRIGUES, Cássia Lino. Qualidade fisiológica e caracterização anatômica de sementes de *Glycine max L. Merril* durante o armazenamento. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1241>. Acesso 15 nov. 2022.

SILVA, F. S. *et al.* Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.8, p.45-56, 2010. Disponível em: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5_artigo_v8.pdf. Acesso 20 de set. 2022.

SILVA, R. P. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja (*glycine max. l.*) durante o beneficiamento. **Ciências Agrárias**, Universidade Estadual de Londrina, v. 32, n. 4, p. 1219–1229, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744110001>. Acesso 01 nov. 2022.

SMANIOTTO, T. A. S. *et al.* 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>

SHELAR, V. R. *et al.* Soybean seed quality during storage: a review. **Agric. Rev**, v. 29, n. 2, p. 125-131, 2008. Disponível em: scielo.br/j/rbs/a/3T8MXrBj7RhsWQtznXdLkTS/abstract/?lang=pt. Acesso de 19 out. 2022.

SCHEEREN, B. R. *et al.* Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 35-41, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004>.

SURKI, A. A.; SHARIFZADEH, F.; AFSHARI, R. Tavakkol. Effect of drying conditions and harvest time on soybean seed viability and deterioration under different storage temperature. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 36, p. 5118-5127, 2012. Doi: 10.5897/AJAR12.060

TALAMINI, Viviane; DE CARVALHO, Hélio Wilson; DE OLIVEIRA, Ivênio Rubens. Qualidade Sanitária de Sementes de Soja de Diferentes Cultivares Introduzidos para Cultivo em Sergipe. **EMBRAPA**. Tabuleiros Costeiros, 2012.

TEIXEIRA, Sheila Bigolin *et al.* Rasgo no tegumento de soja: implicações na qualidade de sementes. **XXI Encontro da Pós-graduação UFPEL**. 2019. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2019/CA_02163.pdf. Acesso de 22 out. 2022.

TEIXEIRA, Sheila Bigolin. **Rasgo no tegumento em sementes de soja suas causas e consequências**. Orientador: Geri Eduardo Meneghello. 2021. 103 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/9079>. Acesso de 19 out. 2022.

TOLEDO, Mariana Zampar. **Dano por embebição em sementes de soja em função do teor de água inicial, cultivar e local de produção.** 2008. xiii, 68 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/86382>. Acesso de 29 out. 2022.

TRZECIAK, Mário Borges. **Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos.** 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26042013-164651/en.php>. Acesso de 13 out. 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). World Agricultural Production, 2022. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

VIEIRA, R. D. *et al.* Efeito do retardamento da colheita sobre a qualidade de sementes de soja cv “UFV-2”. **Revista Brasileira de Sementes**, v.4, n.2, p.9-22, 1982. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4837>. Acesso de 15 nov. 2022.

ZORATO, M. F. Tegumento de sementes de soja e seu impacto na qualidade. **SEED News**, Pelotas – RS, p. 24 – 29, n. XXII, 2018.

APÊNDICE A - Tabela de análise de variância IVH

Tabela do resumo da análise de variância para índice de velocidade de hidratação (IVH)

Fator de variação	Graus Liberdade	Quadrado médio					
		Índice de velocidade de hidratação					
		BMX Cromo			BMX Lança		BMX Fibra
		Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 1	Campo 3	Campo 3
Tratamento	4	0,00175 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,29 [*]	0,10 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Bloco	3	0,00095 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo	12	0,0005	0,83	0,06	0,12	0,28	0,24
CV (%)		2,87	4,23	0,95	1,39	2,00	1,71

Nota: CV: coeficiente de variação; *: significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}: não significativo

Fonte: Autoria própria (2023)