



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



MATHEUS CANTORE ZOLLA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA
ARMAZENADAS ADVINDAS DE DIFERENTES ZONAS DE MANEJO**

UBERLÂNDIA - MG

2025

MATHEUS CANTORE ZOLLA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA
ARMAZENADAS ADVINDAS DE DIFERENTES ZONAS DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão

UBERLÂNDIA – MG

2025

MATHEUS CANTORE ZOLLA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA
ARMAZENADAS ADVINDAS DE DIFERENTES ZONAS DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG, 17 de março de 2025

Banca de avaliação:

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão
Orientador

Eng. Agrônomo Msc. Ricardo Ferreira Domingues
Membro da Banca

Eng. Agrônoma Ana Laura Costa Santos
Membro da Banca

RESUMO

Apesar de poucas informações é provável que sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo tenham qualidades fisiológicas e sanitárias distintas após o armazenamento. Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo após o armazenamento. As zonas de manejo foram definidas a partir de mapas interpolados de atributos de solo e vegetação com auxílio do plugin Smart Map - SMP, em ambiente Qgis. Os atributos analisados para a definição das zonas foram a classificação textural (areia e argila), condutividade elétrica do solo, matéria orgânica do solo, CTC total, P-melich, e resistência a penetração, estande inicial e produtividade de sementes de soja. Após a colheita, as sementes provenientes das zonas de alto e baixo potencial de manejo foram armazenadas por 0, 45, 90, 135 e 180 dias. As sementes foram avaliadas quanto a sua qualidade por meio dos testes de: germinação, massa seca de plântulas normais, germinação em rolo de papel + vermiculita, envelhecimento acelerado, envelhecimento acelerado modificado em substrato, condutividade elétrica, deterioração controlada, emergência e tetrazólio. Para avaliar a qualidade sanitária foi realizado o *blotter test* em cada época de armazenamento e após 10 dias de incubação foi avaliada a incidência de fungos. Os principais fungos que ocorreram foram *Fusarium* spp., *Phomopsis sojae*, *Aspergillus flavus* e *Penicillium* spp. O delineamento inteiramente casualizado foi o utilizado. As sementes de soja produzidas em zonas de alto manejo possuem alta qualidade fisiológica e menor deterioração no armazenamento. Aos 90 dias de armazenamento há redução da qualidade fisiológica das sementes, principalmente quando provenientes da zona de baixo potencial de manejo. Na zona de alto potencial de manejo houve menor incidência de *Fusarium* spp. (21%). Nas sementes provenientes da zona de baixo potencial de manejo houve maior incidência de *Aspergillus flavus* aos 180 dias de armazenamento. Para *Phomopsis sojae* e *Penicillium* spp. não houve diferenças entre zonas de manejo ou períodos de armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, variabilidade espacial, patologia de sementes, armazenabilidade

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da área experimental do campo de sementes de soja e malha de 48 pontos amostrais na safra 22/23.....	9
Figura 2. Precipitação pluviométrica (mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas correspondentes ao intervalo da semeadura em 28/10/2022 à colheita em 27/02/2023, durante o período de produção das sementes de soja utilizadas no experimento.....	9
Figura 3. Área experimental e mapa de zonas de manejo com destaque para as zonas de alto potencial (verde) e baixo potencial (vermelho).....	10
Figura 4: Regressão polinomial da germinação (%) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	17
Figura 5: Regressão polinomial da massa seca de plântulas (g) provenientes de sementes de soja de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	18
Figura 6: Regressão polinomial da germinação (%) de sementes de soja em rolo de papel + vermiculita provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	18
Figura 7: Regressão polinomial do envelhecimento acelerado (%) e envelhecimento acelerado modificado em substrato areia (%) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	19
Figura 8: Regressão polinomial da condutividade elétrica ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	20
Figura 9: Regressão polinomial da deterioração controlada (%) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	21
Figura 10: Regressão polinomial da emergência de plântulas (%) provenientes de sementes de soja de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	21
Figura 11: Regressão polinomial da viabilidade (%) pelo teste de tetrazólio de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	22
Figura 12: Regressão polinomial para incidência (%) de <i>Fusarium</i> spp., <i>Phomopsis</i> , <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i> em teste de sanidade de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes ativos, produto comercial (PC), classificação, dose do produto comercial, polímero, água e pó secante para o tratamento das sementes de soja.....11

Tabela 2. Qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas advindas de diferentes zonas de manejo.....15

Tabela 3. Incidência (%) de *Fusarium* spp., *Phomopsis sojae*, *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. em sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo em diferentes períodos de armazenamento.....23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÃO	26
5. REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

É consenso que nas últimas décadas a soja (*Glycine max* L. Merrill) se tornou a principal *commodity* brasileira. O Brasil produziu aproximadamente 147 milhões de toneladas do grão na safra 2023/2024 em uma área que se aproxima a 45 milhões de hectares (Conab, 2024).

A principal preocupação na produção de sementes é a qualidade, sendo de suma importância se atentar aos fatores que podem afetar negativamente os atributos de qualidade. Esses atributos são baseados no vigor, germinação e, sanidade, além de ser dotada de pureza física e genética. Essas características vão auxiliar a semente no campo, garantindo stand e produtividades significativas (Krzyzanowski *et al.*, 2018).

Com o intuito de produzir sementes de qualidade, a agricultura de precisão, proporciona melhores gerenciamentos de manejo, com o foco de analisar especificamente áreas menores, dentro de um mesmo hectare ou talhão, a fim de explorar da melhor maneira a produção do local e qualidade obtida nas sementes.

É válido ressaltar que em um campo de produção tem-se uma ampla variabilidade espacial, ou seja, o solo não é um ambiente uniforme no qual as produtividades serão as mesmas. Por essa razão a agricultura de precisão considera uma lavoura por zonas de manejo ou unidades de gestão referenciada, que são subáreas com a mesma tendência de resposta à produtividade (Milani *et al.*, 2006).

Para estudar melhor essa questão, as zonas de manejo são obtidas por meio da interpolação digital por krigagem de atributos físico-químicos do solo, condições da cultura, topografia, produtividade e associando-as a localização, é possível a obtenção de mapas que caracterizem a variabilidade espacial e temporal desses atributos (Corrêa *et al.*, 2021). Assim, as zonas de manejo são definidas de acordo com o potencial de produtividade (baixa, média ou alta), portanto, não sendo tratadas com homogeneidade (Milani *et al.*, 2006).

Além de todos esses fatores, outra questão a se preocupar é o armazenamento das sementes e como isso afeta o potencial fisiológico destas. Quando se produz sementes, entre uma safra e outra, há a necessidade de armazenar as sementes a fim de manter a qualidade fisiológica. Os principais fatores que afetam a conservação das sementes no armazenamento são a qualidade inicial, a temperatura do local e a umidade relativa do ar, uma vez que essas vão influenciar no crescimento de microrganismos e na respiração da semente (Berbert *et al.*, 2008).

Nesse sentido, se torna importante avaliar a influência do tempo de armazenamento na deterioração fisiológica das sementes advindas de zonas de manejo com características diferentes. A deterioração das sementes é um processo muito estudado, porém ainda sem uma explicação exata. Estudos mostraram que a medida em que o tempo passa, a semente envelhece e suas membranas são desorganizadas, diminuindo a permeabilidade seletiva, além de enzimas perderem suas funções catalíticas e os cromossomos acumularem mutações que vão atrapalhar a fisiologia (Marcos-Filho, 2008 apud Moreano, 2009).

Assim, torna-se evidente que quanto maior for o período de armazenagem, mais as sementes envelhecem e deterioram, afetando a germinação e vigor. No entanto, não é sabido como é essa relação em sementes advindas de diferentes zonas de manejo, uma vez que a lavoura e o solo não são homogêneos e podem demonstrar diferenças nos potenciais fisiológicos das sementes.

Diante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja advindas de diferentes zonas de manejo após o armazenamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A produção de sementes de soja da cultivar 75HO111 CI IPRO (nome fantasia: HO APORÉ IPRO) foi conduzida na fazenda experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, campus Uberlândia, MG, ($18^{\circ}57'15.6''S$ $48^{\circ}11'57.4''O$, 920 m altitude), em área de 48 ha (Figura 1).

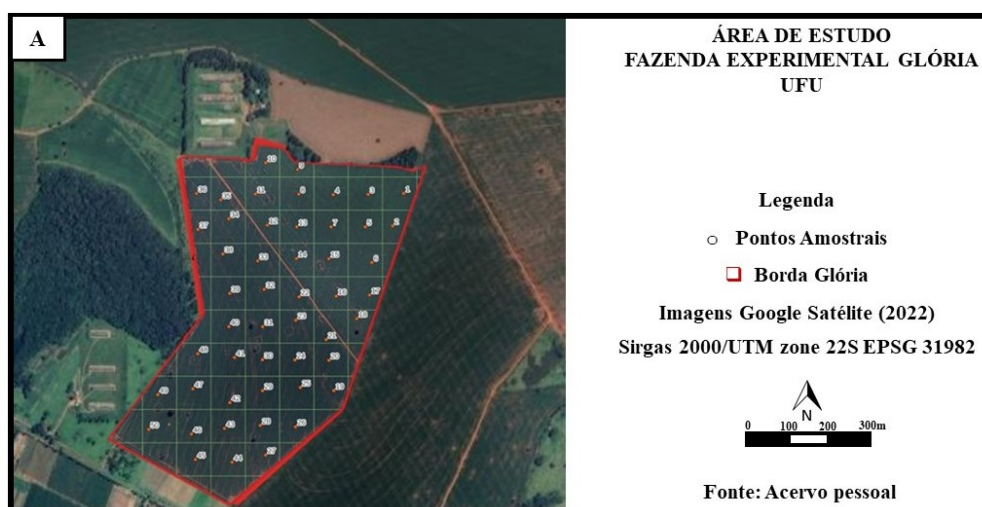


Figura 1. Localização da área experimental do campo de sementes de soja e malha de 48 pontos amostrais na safra 22/23.

Na região predomina clima do tipo Aw-tropical, caracterizado por verão quente e úmido e inverno majoritariamente seco (Köppen-Geiger, 1948). A média anual de pluviosidade é contabilizada em torno de 1.500 mm, com solo tipo Latossolo Vermelho Escuro distrófico, segundo a classificação brasileira de solos. O histórico da área remete a semeadura direta em solo coberto com palhada, sob sequeiro. Durante a produção das sementes foram monitoradas as condições do ambiente, por meio da precipitação pluviométrica (mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas (Figura 2).

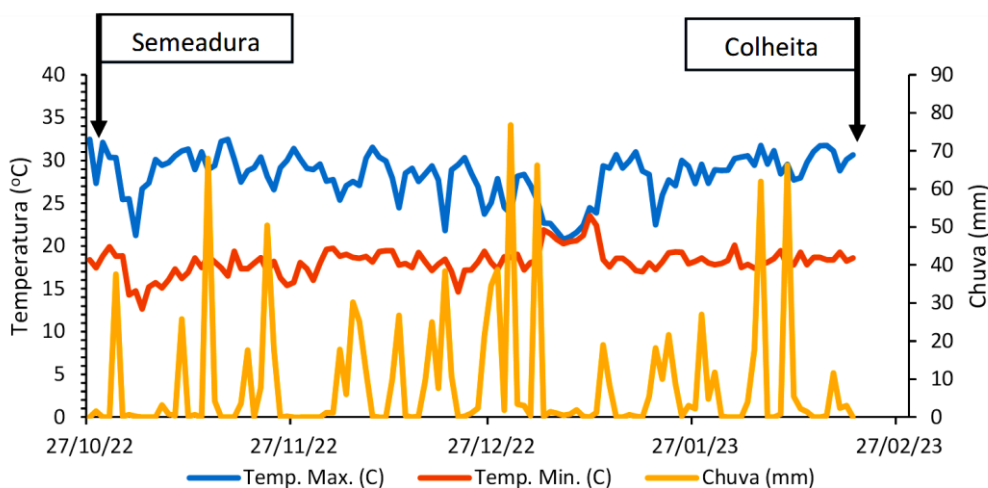


Figura 2. Precipitação pluviométrica (mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas correspondentes ao intervalo da semeadura em 28/10/2022 à colheita em 27/02/2023, durante o período de produção das sementes de soja utilizadas no experimento.

Utilizando-se o programa Qgis (Qgis Development Team, 2015), previamente à semeadura, foi delimitada regularmente, aleatoriamente e sistematicamente a malha amostral com 48 pontos, sendo a densidade amostral de 1 ponto por hectare (Figura 1). O reconhecimento dos pontos amostrais foi realizado por meio do sistema de navegação GPS Garmin E-trex Vista®. Os atributos analisados para a definição das zonas foram a classificação textural (areia e argila), condutividade elétrica do solo, matéria orgânica do solo, CTC total, P-melich, e resistência a penetração, estande inicial e produtividade de sementes de soja. Com auxílio do plugin Smart Map - SMP, em ambiente Qgis (Qgis Development Team, 2015) foram definidas as zonas de manejo, conforme a Figura 3.

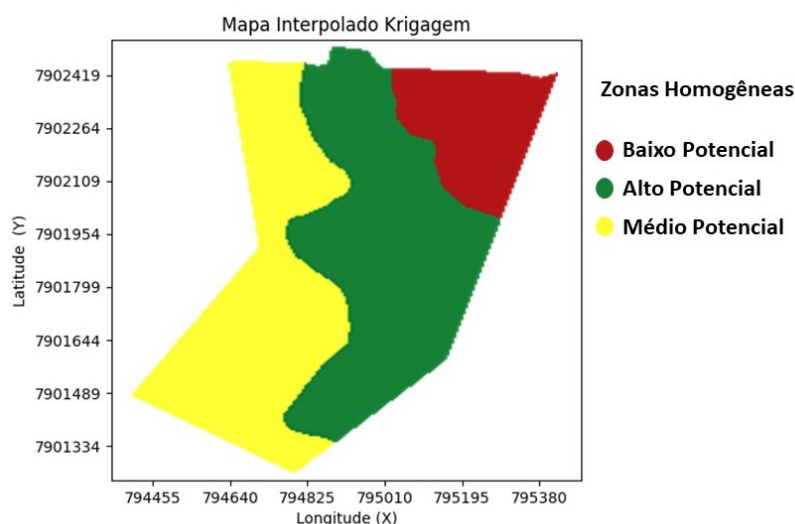


Figura 3. Área experimental e mapa de zonas de manejo para área experimental com destaque para as zonas de alto potencial (verde) e baixo potencial (vermelho).

As sementes de soja produzidas nas diferentes zonas de manejo foram conduzidas ao Laboratório de Sementes (LASEM) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, campus Umuarama – Bloco 4C, Minas Gerais, Brasil (18°53'06.1"S 48°15'36.5"O). Sementes de soja oriundas das zonas de manejo de alto e baixo manejo foram beneficiadas e na sequência homogeneizadas em homogeneizador tipo Johnes com 18 canais, formando um único lote de sementes para cada zona de manejo.

As sementes foram pesadas e separadas em porções de 2,0 quilogramas para posterior tratamento. O processo de tratamento foi efetuado em máquina Momesso Arktos Laboratório L2K, para simulação do tratamento industrial em bateladas. Sementes das duas zonas de manejo foram tratadas com a receita Maxim XL[®], composta por mistura de fungicidas Metalaxil-M + Fludioxonil, conforme a Tabela 1, além da adição de polímero (ColorSeed HE[®] Intense: 100 ml/100 kg sementes) e Pó secante (PolyDry BR 100[®]: 100 g/100 kg sementes). O volume da calda foi padronizado em 600 ml.100 kg⁻¹ de sementes. A dosagem utilizada para a calda seguiu as orientações contidas na bula do Maxim XL[®], acrescida de água destilada na quantidade equivalente para complementar o volume especificado.

Tabela 1. Ingredientes ativos, produto comercial (PC), classificação, dose do produto comercial, polímero, água e pó secante para o tratamento das sementes de soja.

I.A.	PC	Classificação ¹	Dosagem			
			PC ²	Pol ³	Água ⁵	Psc ⁴
Metalaxil-M (10 g/L) + Fludioxonil (25 g/L)	Maxim XL [®]	F+F	100	100	400	100

Classificação¹: F: Fungicida; F: Fungicida; PC²: 100 mL.100kg⁻¹; Pol³: 100 mL.100kg⁻¹; Água⁵: mL.100kg⁻¹; Psc⁴: 200 g.100kg⁻¹; Volume de calda: 600 mL.100kg⁻¹ de sementes.

Após o tratamento as sementes permaneceram em ambiente de laboratório durante 48 horas para a secagem e aderência dos produtos. Na sequência as sementes provenientes das zonas de alto e baixo manejo foram fracionadas em 5 porções de 400 gramas para cada zona de manejo.

Em seguida, foi realizado o armazenamento das sementes em câmara fria e seca em condições de temperatura de 15 °C e umidade relativa (UR) de 55%. As avaliações da qualidade das sementes foram realizadas nos períodos: 0, 45, 90, 135 e 180 dias após o armazenamento. Ao longo do armazenamento as sementes foram avaliadas quanto a qualidade por meio dos testes:

Germinação: as sementes foram distribuídas uniformemente entre duas folhas de papel para germinação, com volume de água destilada ajustado para embebição na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, produziu-se 4 rolos de papel contendo 50 sementes cada, totalizando 200 sementes por tratamento. Os rolos contendo as sementes foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos em câmara do tipo B.O.D. à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação de plântulas normais foi realizada aos 8 dias (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Massa seca: realizada a partir das plântulas normais provenientes da leitura final do teste de germinação (8 dias). As plântulas foram submetidas a secagem na temperatura de 65 °C durante 72 horas em estufa de circulação forçada de ar. Após esse período o material foi pesado em balança de precisão de 0,001g. Os resultados foram expressos em g/plântula.

Germinação em rolo de papel + vermiculita: as sementes foram distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel para germinação, com volume de água destilada ajustado para embebição na quantidade de 3,0 vezes o peso do papel seco. Em seguida, verteu-se uniformemente 100 mL de vermiculita comercial fina e úmida (1:1 água/vermiculita) sobre as sementes e o papel e então cobertas com folha de papel e

confeccionados 4 rolos de papel contendo 50 sementes cada (Carvalho *et al.*, 2024). Em seguida, os rolos foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos em câmara do tipo B.O.D. à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação foi realizada na contagem final de 8 dias (Brasil, 2009). Foram avaliadas as plântulas normais sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

Envelhecimento acelerado: utilizou-se caixas de acrílico contendo tela metálica para o envelhecimento das sementes. No interior de cada caixa adicionou-se 40 mL de água destilada e as sementes foram depositadas sobre a tela metálica formando uma camada única. Posteriormente, as caixas tampadas foram mantidas em câmara tipo B.O.D. a 41 °C por 48 horas (Marcos-Filho, 2020). Em seguida, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia descrita anteriormente (Brasil, 2009). A avaliação foi realizada ao quinto dia após a semeadura, sendo avaliada as plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem (%).

Envelhecimento acelerado em substrato areia: utilizou-se da metodologia proposta por Marcos-Filho (2020), descrita anteriormente. Em seguida, quatro repetições de 50 sementes foram semeadas, a uma profundidade de 3 centímetros, em substrato areia acondicionadas em bandejas plásticas. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação a temperatura ambiente com duas irrigações diárias (matutino e vespertino) com aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água. A avaliação foi realizada ao décimo dia após a semeadura, sendo avaliada as plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem (%).

Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$): o vigor das sementes foi avaliado indiretamente por meio da determinação da quantidade de solutos lixiviados na solução de embebição (Vieira e Marcos-Filho, 2020). Quatro repetições de 50 sementes foram colocadas em copos plásticos descartáveis (capacidade de 200 ml), sendo as amostras previamente pesadas em balança de precisão (0,001 g). Posteriormente, foi adicionado 75 ml de água deionizada nos copos plásticos contendo as sementes e acondicionados em câmara B.O.D. previamente regulada na ausência de luz e temperatura a 25 °C por 24 horas. Após o período de embebição, os recipientes foram retirados da câmara e a solução contendo as sementes foram agitadas para uniformização dos lixiviados. Imediatamente procedeu-se à leitura em condutivímetro MCA 150, com eletrodo constante 1, cujos dados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente.

Deterioração controlada: por meio da metodologia de atmosfera úmida (Marcos-Filho, 2020) as sementes foram uniformizadas em relação ao teor de água em caixas de

acrílico, contendo um volume de 40 mL de água destilada em seu interior, acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. a uma temperatura de 20 °C. Durante o período de embebição as sementes foram monitoradas por meio de pesagens sucessivas em balanças de precisão (0,0001 g) até atingir 15% do grau de umidade (+/- 2% de erro). Após este processo as sementes foram acondicionadas em embalagens impermeáveis de alumínio e permaneceram em banho-maria a uma temperatura de 40 °C por 48 horas. Em seguida, realizou-se o teste de germinação (Brasil, 2009), efetuando-se a avaliação no quinto dia após a semeadura, contabilizando plântulas normais vigorosas. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Emergência em casa de vegetação: foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes as quais foram submetidas ao teste de emergência, em substrato areia, conduzidas em bandejas plásticas. Às sementes foram dispostas uniformemente e semeadas a uma profundidade de 3 centímetros. As caixas foram acondicionadas em casa de vegetação a temperatura ambiente, com duas irrigações diárias (matutino e vespertino) com aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água. A avaliação foi realizada ao décimo dia após a semeadura, sendo avaliada as plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem (%).

Tetrazólio: o pré-condicionamento das sementes foi realizado com atmosfera úmida, em caixas de acrílico contendo 40 mL de água destilada em seu interior. As sementes foram dispostas nas caixas sob tela metálica formando uma camada única, com a finalidade de uniformizar o grau de umidade das sementes. As caixas devidamente fechadas foram acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. por um período de 24 horas, a 25 °C. Após este período as sementes foram inseridas em rolos de papel germinação, umedecidos a 2,5 vezes o seu peso seco, acondicionadas em germinador Mangelsdorf por 16 horas, a 25 °C. Após este pré-condicionamento, as sementes foram divididas em 4 repetições de 25 sementes para cada tratamento em copos de plástico de 40 mL e então submersas em solução de tetrazólio (0,075%) e direcionadas em câmara do tipo B.O.D. a 40 °C por um período 3 horas. Após a coloração foi realizada as classificações das sementes de acordo com o França-Neto e Krzyzanowski (2020).

Sanidade de sementes (blotter test): utilizou-se 200 sementes por tratamento, sendo, 8 caixas de acrílico contendo 25 sementes cada. Em cada caixa colocou-se 2 papéis mata-borrão para garantir a embebição das sementes e a umidade durante todo o período de teste, os papéis foram umedecidos a 3,0 vezes o peso do papel seco. As caixas foram devidamente montadas e acondicionadas em sala com ambiente controlado sob

fotoperíodo de 12 horas de luz e temperatura contínua de 20 °C (± 2 °C). A avaliação ocorreu 10 dias após a semeadura, os resultados foram expressos em porcentagem de acordo com incidência de cada fungo identificado. Todos os materiais e a bancada de preparo dos testes foram devidamente esterilizados e higienizados (BRASIL, 2009).

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, em esquema fatorial 5 x 2 (períodos de armazenamento x zonas de manejo). A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância com auxílio do software R 3.6® (R Core Team, 2023), a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). As médias foram agrupadas com o uso do teste de Scott-Knott a 5% de significância ou com análises de regressões polinomiais com a escolha do modelo significativo de maior coeficiente de determinação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade fisiológica das sementes provenientes das zonas de alto e baixo potencial de manejo pode ser observada na Tabela 2. Não houve diferença de germinação entre as zonas até o armazenamento em 135 dias. Já aos 180 dias houve diferença entre zonas, sendo a menor porcentagem de germinação observada na de baixo potencial.

De acordo com Gazolla Neto *et al.* (2015) a variável germinação promove grande diferenciação na área de produção de sementes de soja a partir dos resultados da interpolação de mapas de distribuição espacial. Vale ressaltar que as sementes atendiam ao padrão mínimo de germinação, estabelecido para a comercialização (80%) (Brasil, 2013), antes de iniciar o armazenamento (período zero).

Isso possivelmente ocorreu em virtude das chuvas pré-colheita (Figura 2) na fase final de produção. Após a maturidade fisiológica as sementes desligam-se fisiologicamente da planta-mãe, ficando expostas a condições do ambiente, muitas vezes desfavoráveis (Peske *et al.*, 2012). A qualidade das sementes de soja das regiões tropicais brasileiras tem sido comprometida por altos índices de danos, especialmente aqueles relacionados à deterioração causada pela umidade (Müller *et al.*, 2018).

Tabela 2. Qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas advindas de diferentes zonas de manejo.

Armazenamento	Germinação (%)		Massa Seca (g)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	81 a	80 a	11,29	9,67
45	61 a	58 a	6,74	7,33
90	74 a	66 a	10,60	8,58
135	68 a	66 a	7,59	7,33
180	44 a	23 b	6,89	6,68
Médias	66	59	8,62 a	7,72 b
CV (%)	9,98		12,79	
Armazenamento	Germinação rolo de papel + vermiculita (%)		Envelhecimento Acelerado (%)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	82 a	72 a	71 a	72 a
45	81 a	77 a	82 a	56 b
90	87 a	61 b	78 a	80 a
135	79 a	65 b	57 a	51 a
180	49 a	58 a	49 a	47 a
Médias	76	67	67	61
CV (%)	9,71		13,55	
Armazenamento	Envelhecimento Acelerado Modificado (%)		Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	82	86	86,66 a	79,96 a
45	67	54	92,71 a	96,83 a
90	86	80	109,29 a	109,57 a
135	78	76	91,81 a	115,79 b
180	66	76	91,68 a	117,76 b
Médias	73 a	77 a	94,43	103,98
CV (%)	10,82		8,87	
Armazenamento	Deterioração Controlada (%)		Emergência (%)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	71	72	96 a	84 b
45	87	86	93 a	89 a
90	74	73	90 a	83 b
135	68	78	57 b	78 a
180	44	41	46 a	33 b
Médias	69 a	70 a	76,4	73
CV (%)	11,49		5,89	
Armazenamento	Tetrazólio viabilidade (%)		Tetrazólio vigor (%)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	90	94	86	90
45	96	94	90	92
90	96	92	96	91
135	92	92	86	86
180	92	82	88	76
Médias	93 a	91 a	89 a	87 a
CV (%)	3,37		5,68	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

A massa seca das plântulas da zona de alto potencial foi superior às da zona de baixo potencial de manejo. Segundo Kolchinski, Schuch e Peske (2005), o decréscimo do vigor das sementes de soja pode afetar a produção de massa seca e a taxa de crescimento

das plântulas. Henning *et al.* (2010) afirmaram ainda que sementes de soja vigorosas produzem plântulas com maior quantidade de massa seca, em relação a sementes de menor vigor.

Na germinação em rolo de papel + vermiculita com 90 e 135 dias houve diferença na viabilidade das sementes, sendo as sementes da zona de alto potencial as com maior porcentagem de germinação. A utilização da metodologia rolo de papel + vermiculita foi autorizada pelo Ministério da Agricultura (MAPA) para a condução do teste de germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários a fim de reduzir possíveis efeitos de fitotoxidez em decorrência do tratamento de sementes.

Foi observado no teste de envelhecimento acelerado que sementes da zona de baixo potencial, armazenadas com 45 dias, tiveram menor vigor. Pelo teste de envelhecimento acelerado modificado em substrato não houve diferenças entre as zonas de manejo. De acordo com Gazolla Neto *et al.* (2015) os resultados do teste de envelhecimento acelerado apresentaram pronunciada diferenciação das sementes de soja dentro da área de produção e proporcionam um diagnóstico adequado da qualidade fisiológica, o que não foi observado neste trabalho.

Em sementes provenientes da zona de baixo potencial houve maior lixiviação de solutos quando armazenadas por 135 e 180 dias. Isso indica uma maior liberação de conteúdos intracelulares das sementes (Couto *et al.*, 2021), ou seja, um maior nível de deterioração é observado nesta localidade a partir da interpolação de mapas com distribuição espacial.

No teste de deterioração controlada não foram observadas diferenças entre as zonas de manejo. A deterioração controlada é um teste de vigor semelhante ao envelhecimento acelerado, porém com controle mais preciso da temperatura e umidade durante o período de envelhecimento artificial, o que resulta em maior rigor, precisão e eficiência na distinção do potencial fisiológico dos lotes de sementes (Marinho *et al.*, 2021).

Foi observada menor emergência de plântulas em zero, 90 e 180 dias de armazenamento quando as sementes eram provenientes da zona de baixo potencial. Houve menor emergência de plântulas em sementes provenientes da zona de alto potencial quando armazenadas por 135 dias. Gazolla Neto *et al.* (2015) relataram que o teste de emergência também diferenciou com eficiência sementes de alta qualidade fisiológica em campos de produção por meio da interpolação de mapas da distribuição espacial desse atributo.

Pelo teste de tetrazólio não houve diferença entre as zonas de alto e baixo potencial de manejo pelos resultados de viabilidade (%) e vigor (%). Com a espacialização dos resultados do teste de tetrazólio é possível evidenciar a distribuição de danos ocorrido nas sementes na área de produção, sendo possível a identificação das regiões de maior intensidade (Gazolla Neto *et al.*, 2015; Gazolla Neto *et al.*, 2017), porém essa diferença não foi observada.

Ao longo dos períodos de armazenamento é possível verificar que aos 45 dias de armazenamento ocorre um primeiro decréscimo da germinação para ambas as zonas de manejo. No entanto, aos 180 dias de armazenamento, esse decréscimo é mais acentuado, principalmente em sementes da zona de baixo potencial (Figura 4).

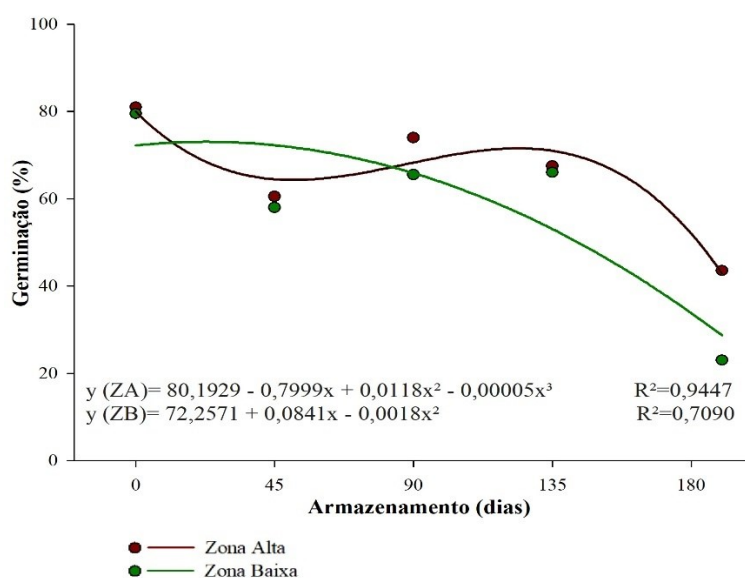


Figura 4: Regressão polinomial da germinação (%) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Para a massa seca é possível observar que ocorreu decréscimo aos 45 dias de armazenamento, possivelmente em decorrência ao processo de deterioração. Aos 180 dias esse decréscimo foi mais acentuado (Figura 5). Oliveira-Filho (2024) verificou que a massa seca de plântulas provenientes de sementes produzidas em zona de alto potencial de manejo possuíam maior massa do que as plântulas da zona de baixo potencial de manejo ao final do período de armazenamento.

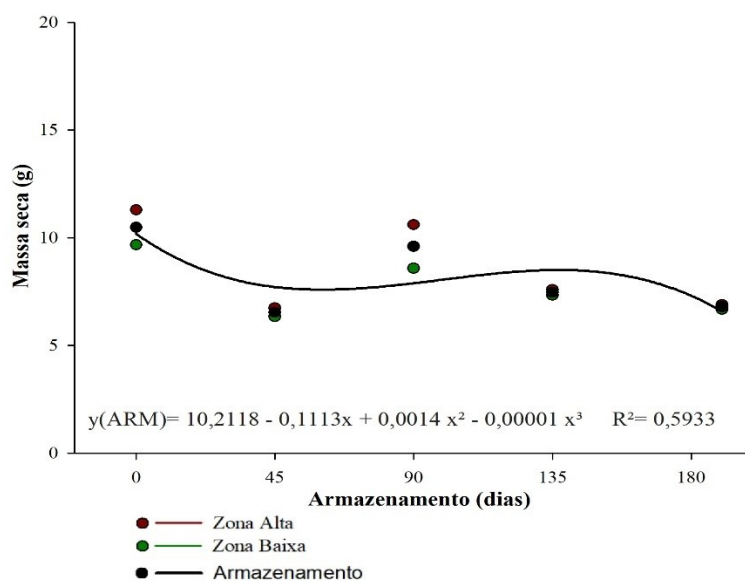


Figura 5: Regressão polinomial da massa seca de plântulas (g/plântula) provenientes de sementes de soja de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Ao longo do armazenamento houve maior germinação das sementes da zona de alto potencial em rolo de papel + vermiculita até os 135 dias, indicando uma deterioração mais lenta. No entanto, aos 180 dias de armazenamento ocorreu menor germinação das sementes da zona alta e baixa (Figura 6). A germinação das sementes da zona de alto potencial foi maior nos períodos de armazenamento de acordo com Oliveira-Filho (2024).

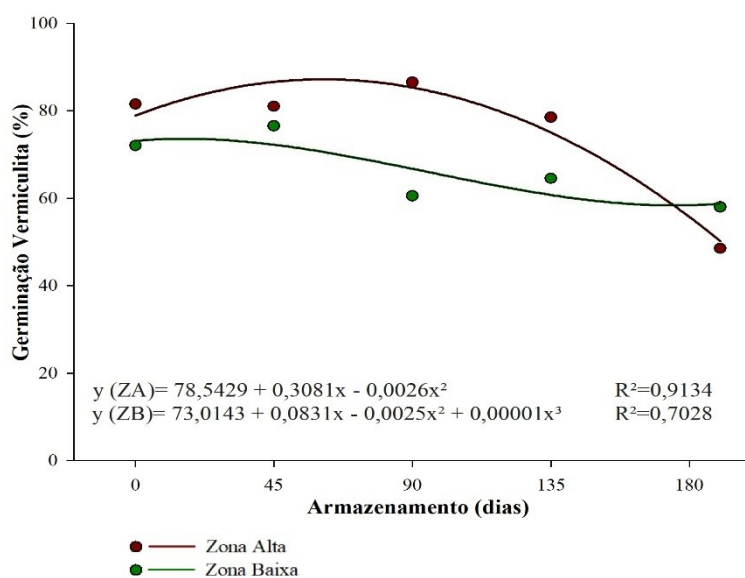


Figura 6: Regressão polinomial da germinação (%) de sementes de soja em rolo de papel + vermiculita provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

É possível observar também que as sementes da zona de alto potencial possuíam maior vigor ao longo do armazenamento pelo teste de envelhecimento acelerado. O vigor das sementes da zona alta e baixa somente foi igualado aos 180 dias de armazenamento. Pelo teste de envelhecimento acelerado modificado o menor período de vigor das sementes foi aos 45 e 180 dias de armazenamento (Figura 7A).

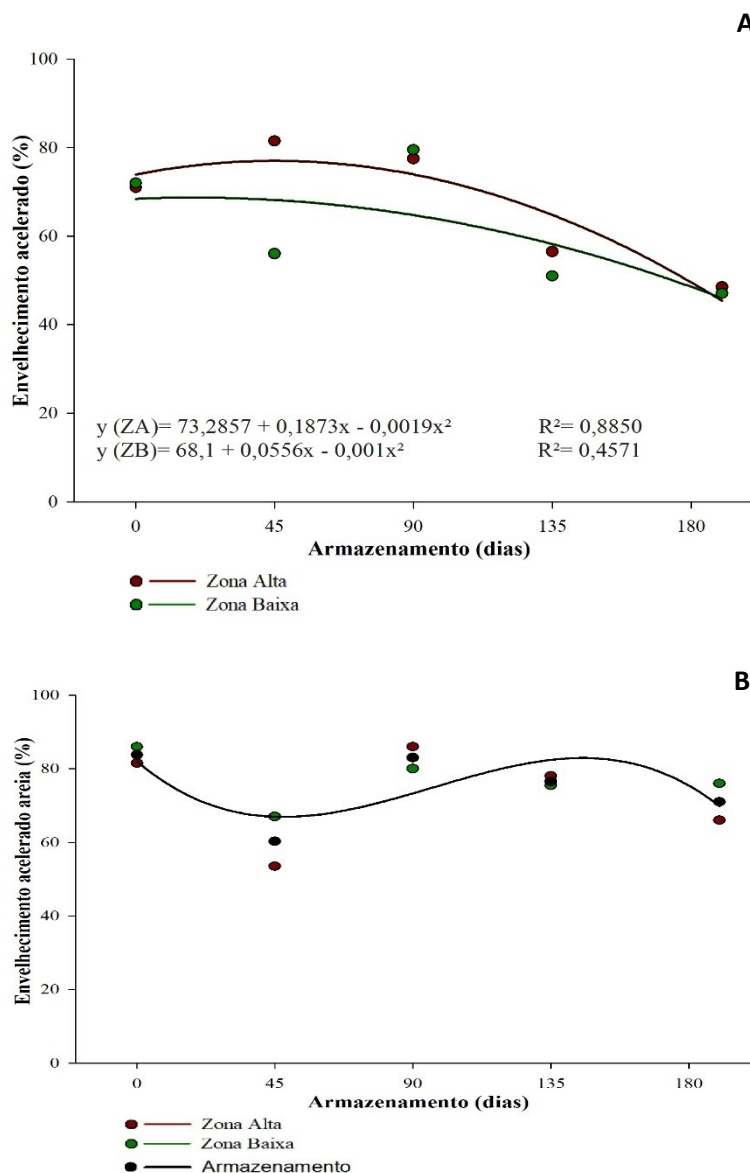


Figura 7: Regressão polinomial do (A) envelhecimento acelerado (%) e (B) envelhecimento acelerado modificado em substrato areia (%) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

O envelhecimento acelerado é um importante teste de vigor, pois fornece dados relevantes sobre a qualidade das sementes e o seu potencial de armazenamento. Ressalta-se que esse teste é crucial no controle de qualidade, devido a sua eficácia na seleção de lotes de sementes de soja armazenadas, apresentando alto grau de confiabilidade (Matera *et al.*, 2019).

Sementes da zona de baixo potencial apresentaram maior condutividade elétrica ao longo do armazenamento com maior liberação de exsudatos a partir de 90 dias. Isso evidencia que sementes de zona de manejo com menor potencial tendem a se deteriorar mais rapidamente no armazenamento (Figura 8).

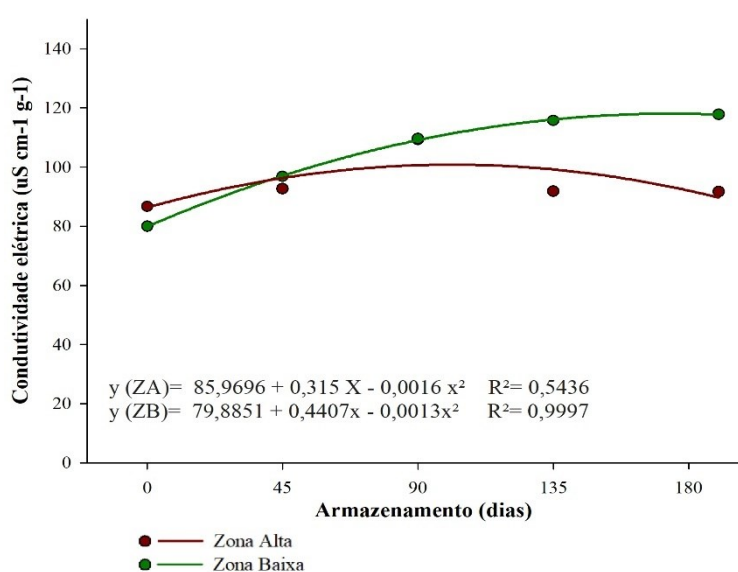


Figura 8: Regressão polinomial da condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Pelo teste de deterioração controlada também é possível verificar o processo de deterioração de sementes ao longo do armazenamento, principalmente a partir de 90 dias, chegando aos 180 dias com o menor vigor das sementes (Figura 9). A redução da qualidade é causada principalmente por fatores como a temperatura e umidade ao longo dos períodos de armazenamento, gerando impactos negativos nos processos fisiológicos como a degradação, perda da permeabilidade das membranas e disfunção dos processos biossintéticos, sendo possível utilizar o teste de deterioração controlada para a simulação desses fatores (Delouche, 2021). Desta forma, as sementes são expostas a condições idênticas de deterioração, resultando em maior precisão e eficiência na distinção do potencial fisiológico dos lotes de sementes (Hampton e TeKrony, 1995).

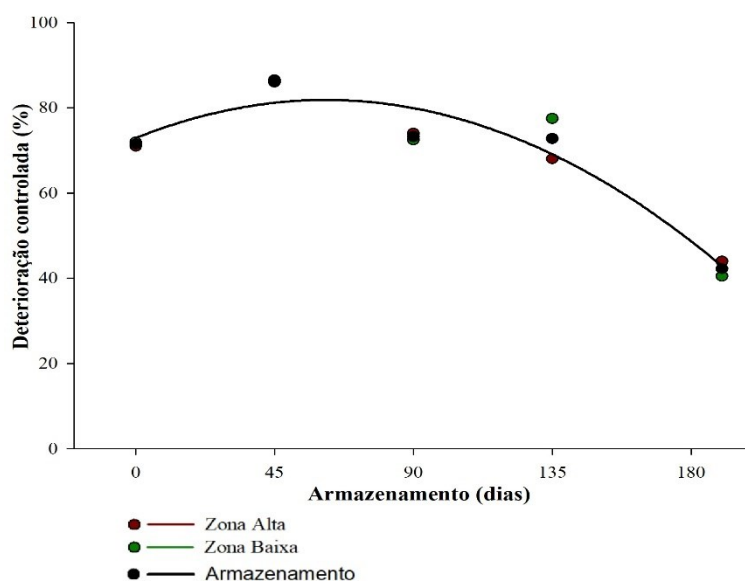


Figura 9: Regressão polinomial da deterioração controlada (%) de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Ao zero dia é possível observar que as sementes da zona alta possuem uma maior emergência de plântulas, resultando, em maior vigor (Figura 10). Contudo, com o decorrer do armazenamento, houve decréscimo na emergência das plântulas provenientes das sementes produzidas em ambas as zonas de manejo. No entanto, nas sementes da zona de baixo potencial houve menor emergência de plântulas aos 180 dias de armazenamento. Vale ressaltar que houve alta precipitação pré-colheita e as sementes ainda foram armazenadas após tratamento químico.

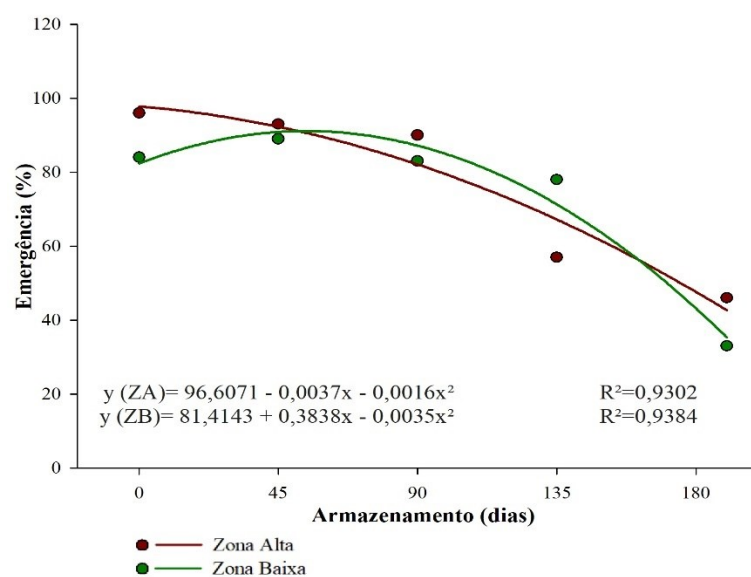


Figura 10: Regressão polinomial da emergência de plântulas (%) provenientes de sementes de soja de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Sementes com baixo vigor advindas de zonas com baixo potencial de manejo podem provocar reduções na velocidade de emergência, na uniformidade, na emergência total, no tamanho inicial das plântulas e no estabelecimento de estandes adequados, sendo que esses fatores podem reduzir o acúmulo de matéria seca, e consequentemente a produtividade (Gazolla-Neto *et al.*, 2017).

É possível verificar também por meio do teste de tetrazólio o decréscimo da viabilidade das sementes ao longo do armazenamento (Figura 11). Não houve ajuste de regressão para o vigor das sementes pelo teste de tetrazólio. Gazolla-Neto *et al.* (2017) relataram que o teste de tetrazólio, por ser um teste rápido, permite a identificação de áreas aptas para produção de sementes de soja.

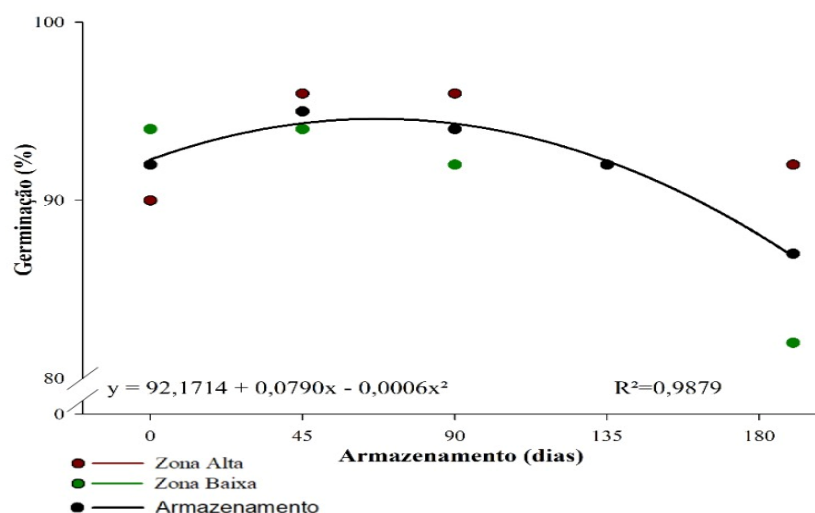


Figura 11: Regressão polinomial da viabilidade (%) pelo teste de tetrazólio de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Os testes de vigor permitem um melhor diagnóstico da qualidade fisiológica das sementes, pois apresentam maior sensibilidade na detecção da deterioração, possibilitando com o estudo da variabilidade espacial e mapeamento, distinguir com maior precisão as regiões dentro do campo de produção que possuem sementes com qualidade superior (Mattioni *et al.* 2011; Vergara *et al.* 2019).

Na Tabela 3 é possível verificar a incidência de fungos presentes nas sementes de soja das zonas de manejo em cada período de armazenamento. Pode-se observar que houve diferenças entre as zonas de manejo quanto a incidência de *Fusarium* spp., sendo 21% para a zona alto potencial e 26% para a zona baixo potencial. Com o decorrer do armazenamento é possível verificar a redução da incidência de *Fusarium* spp. por ser um considerado um fungo de campo e as condições de armazenamento não são satisfatórias para sua sobrevivência (Figura 12).

Tabela 3. Incidência (%) de *Fusarium* spp., *Phomopsis sojae*, *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. em sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo em diferentes períodos de armazenamento.

Armazenamento	<i>Fusarium</i> spp. (%)		<i>Phomopsis sojae</i> (%)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	43	42	1	2
45	6,5	13	1,5	0
90	29,5	36	0	0
135	3,5	2,5	2	0,5
180	35	23,5	2,5	3,5
Médias	21 a	26 b	1 a	1 a
CV (%)		32,1		176,37
Armazenamento	<i>Aspergillus</i> spp. (%)		<i>Penicillium</i> spp. (%)	
	Zona Alta	Zona Baixa	Zona Alta	Zona Baixa
0	7 a	12 a	35,5	36,5
45	2 a	0 a	99,5	100
90	0 a	2 a	10	9
135	13 a	13 a	17,5	17,0
180	7 a	40 b	5	9
Médias	6	13	34 a	34 a
CV (%)		91,88		27,58

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com relação a *Phomopsis sojae* e *Penicillium* spp., não houve diferenças entre as zonas de manejo. Segundo Goulart (1997), *Phomopsis sojae* perde seu poder de infecção ao longo do armazenamento, o que pode ser observado na Figura 12. Apesar de ser um fungo de armazenamento a incidência de *Penicillium* spp. também diminuiu a partir de 45 dias de armazenamento. Vale ressaltar que as sementes foram tratadas com Metalaxil-M + Fludioxonil.

Não houve diferença estatística entre as zonas de manejo nos períodos de zero, 45, 90 e 135 dias de armazenamento para a incidência de *Aspergillus* spp. No entanto, aos 180 dias de armazenamento há distinção entre as zonas de alto e baixo potencial de manejo para a incidência desse fungo. Até 180 dias de armazenamento houve um aumento considerável (40%) na incidência de *Aspergillus* spp. nas sementes da zona de baixo potencial de manejo. O fungicida Metalaxil-M + Fludioxonil não possui registro para o controle de *Aspergillus* em sementes de soja.

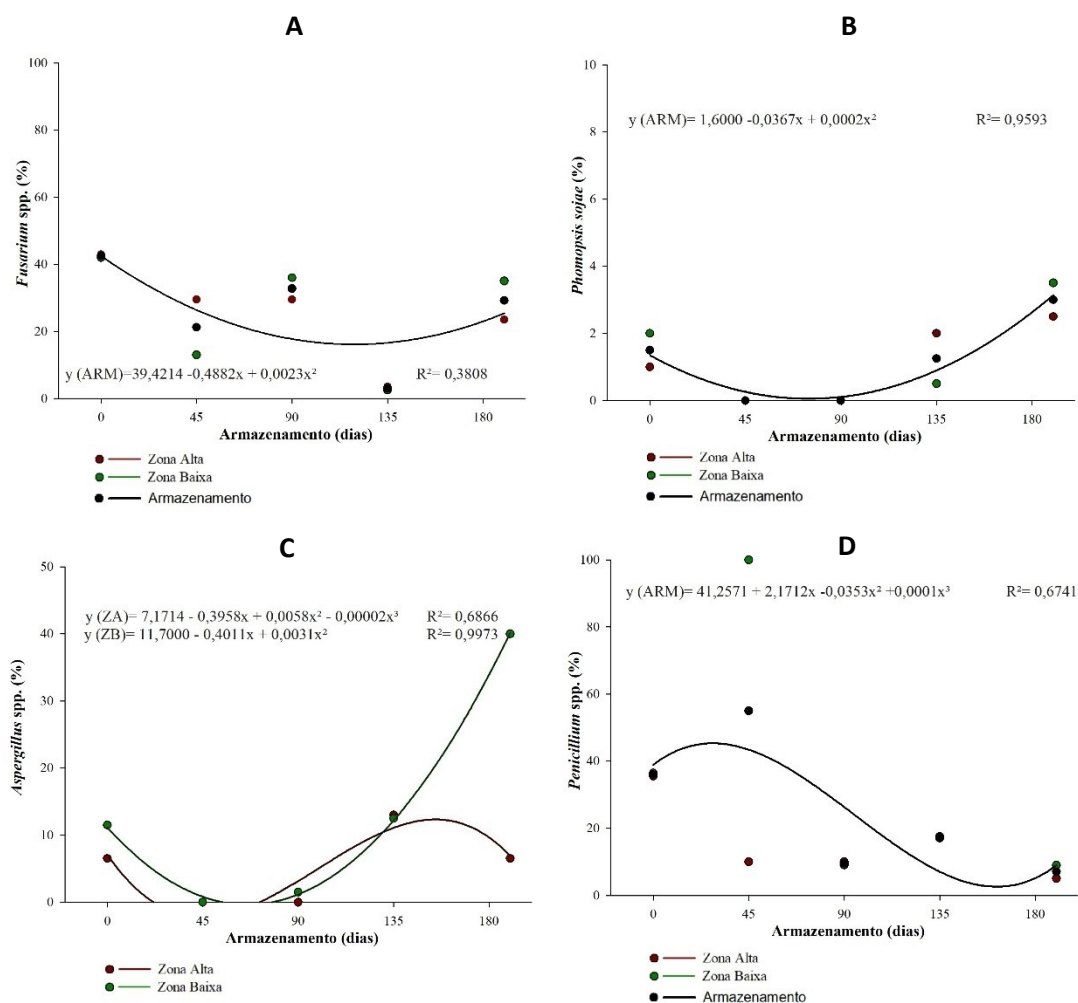


Figura 12: Regressão polinomial para incidência (%) de (A) *Fusarium spp.*, *Phomopsis sojae*, *Aspergillus spp.* e *Penicillium spp.* em teste de sanidade de sementes de soja provenientes de diferentes zonas de manejo e períodos de armazenamento.

Carvalho *et al.*, (2021) verificaram *Aspergillus spp.* e *Fusarium spp.* presentes nas sementes de soja até duzentos dias de armazenamento. É importante ressaltar que *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.* e *Penicillium spp.* são fungos que produzem micotoxinas (Prestes *et al.*, 2019) e tais substâncias estão relacionadas com a deterioração da qualidade de sementes e grãos (Marques *et al.*, 2009).

Por meio da geoestatística e da análise da qualidade das sementes de soja é possível direcionar a colheita e obter lotes de sementes com a mais alta qualidade. Alguns testes se destacaram mais do que outros como o teste de germinação, germinação com vermiculita, massa seca, condutividade elétrica e emergência, facilitando e tornando mais assertiva a tomada de decisão.

4. CONCLUSÃO

Sementes de soja advindas de diferentes zonas de manejo possuem qualidade fisiológica e sanitária distintas. Sementes produzidas na zona de alto potencial de manejo possuem alta qualidade fisiológica, menor deterioração no armazenamento e menor incidência de fungos.

5. REFERÊNCIAS

- BERBERT, P. A. *et al.* **Indicadores da qualidade dos grãos.** In: Silva, J. S. (Ed) Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, p.63-107, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013.* Padrões para a produção e a comercialização de sementes. Brasília (DF): Diário Oficial da União, 2013.
- CARVALHO, E. R. *et al.* (2024). **Validation of the methodology of the germination test using a rolled paper plus vermiculite for treated soybean seeds.** *Journal of Seed Science*, 46, e202446020. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46282001>
- CORRÊA, M. F. *et al.* **Análise de variabilidade espacial e temporal em um campo de produção de sementes de soja e trigo.** *Revista Cereus*, v. 13, n. 4, p. 182-194, 2021. <http://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/3606>
- COUTO, A. P. S. *et al.* **Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja tratadas e armazenadas.** *Semina: Ciências Agrárias, Roskilde*, v. 42, n. 6, p. 3135–3148, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n6p3135.
- DELOUCHE, J. C. **Physiological Changes During Storage That Affect Soybean Seed Quality.** Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi, 2021.
- GAZOLLA-NETO, A. *et al.* **Rastreabilidade e variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes soja em campo de produção.** *Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária, Frederico Westphalen*, v. 1, n. 1, p. 65-73, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318507650_RASTREABILIDADE_E_VARIABILIDADE_ESPACIAL_DA_QUALIDADE_FISIOLOGICA_DE_SEMENTES_SOJA_EM_CAMPO_DE_PRODUCAO Traceability and spatial variability to assess physiological quality of soybean seeds on product.
- GAZOLLA-NETO, A. *et al.* **Spatial distribution of physiological quality of soybean seed production field.** *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 28, n. 3, p. 119-127, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n314rc>.
- GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância.** 1997.
- HAMPTON, J. G. *et al.* Controlled deterioration test. In: HAMPTON, J.G., TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods.** Zurich: International Seed Testing Association, p.70-78, 1995

HENNING, F. A. *et al.* **Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor.** Bragantia, Londrina, v. 69, n. 3, p. 727- 734, 2010.

KOLCHINSKI, E. M. *et al.* **Vigor de sementes e competição intra-específica em soja.** Ciência Rural, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

KRZYŻANOWSKI, F. C. *et al.* **Vigor de sementes: conceitos e testes.** 2020.

KRZYŻANOWSKI, F. C. *et al.* **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura.** Circular técnica, v. 136, n. 1, 2018.

MARINHO, J. de L. *et al.* **Teste de deterioração controlada para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho doce.** Semina: Ciências Agrárias, 42(3), p949–962, 2021. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3p949>

MARQUES, O. J. *et al.* **Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 31, p. 667-675, 2009.

MATERA, T. C. *et al.* **Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds.** Journal of Seed Science, Londrina, v. 41, n. 3, p.301-308, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3212746>

MATTIONI, N. M. *et al.* **Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção.** Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 33, n. 4, p. 608-615, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400002>.

MILANI, L. *et al.* **Unidades de manejo a partir de dados de 25 produtividade.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026571004.pdf>

MOREANO, T. B. **Evolução da deterioração por umidade e danos mecânicos durante o armazenamento de semente de soja.** 2009.

MULLER, D.H. *et al.* **Spatial variability in soybean seeds quality and in chemical attributes of the soil of a production field in the Brazilian Cerrado.** Journal Seed Science, v. 40, n. 1, p. 25-35, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1182375>

OLIVEIRA FILHO, M. A. de *et al.* **Variabilidade espacial de atributos de solo na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas.** 2024.

PESKE, S. T. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.** 3ª edição. Pelotas: Ed. Universitária, 2012, cap. 1, p. 13-100, 2012.

PRESTES, I. D. *et al.* **Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências.** Scientia Agropecuária, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019.

VERGARA, R. O. *et al.* **Space distribution of soybean seed storage potential.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 399-410, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n213rc>.