



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



JOÃO GABRIEL HIGA TOLEDO DA SILVA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE DIFERENTES ZONAS DE
MANEJO E SEU EFEITO SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA
DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

UBERLÂNDIA - MG

2025

JOÃO GABRIEL HIGA TOLEDO DA SILVA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE DIFERENTES ZONAS DE
MANEJO E SEU EFEITO SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA
DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

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

JOÃO GABRIEL HIGA TOLEDO DA SILVA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE DIFERENTES ZONAS DE
MANEJO E SEU EFEITO SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA
DE SEMENTES DE SOJA ARMAZENADAS**

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, 05 de setembro de 2025

Banca de avaliação:

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão

Orientador

Ana Laura Costa Santos

Membro da Banca

Ricardo Ferreira Domingues

Membro da Banca

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal commodity agrícola do Brasil, com expressiva relevância econômica e social. A qualidade das sementes, base para a produtividade da cultura, é influenciada pela variabilidade espacial do campo de produção e pelas condições de armazenamento. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em diferentes zonas de manejo (alta, média e baixa produtividade), após período de armazenamento. O experimento foi conduzido em área de 48 ha da Fazenda Experimental do Glória (UFU), Uberlândia-MG, utilizando a cultivar BRS Olimpo IPRO. A área foi dividida em zonas de manejo definidas por interpolação geoestatística de atributos do solo e de produtividade. As sementes foram colhidas manualmente, beneficiadas e classificadas, sendo posteriormente armazenadas por 45 dias em câmara fria e seca (15 °C, 55% UR). Avaliações fisiológicas foram realizadas por meio de testes de germinação, emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento de plântulas e análise de vigor via Vigor-S. Os resultados indicaram diferenças significativas entre as zonas de manejo. As sementes provenientes das zonas alta e média apresentaram maiores porcentagens de germinação (93% e 90%) e emergência (89% e 90%) em comparação à zona baixa (73% e 68%), que não atingiu o padrão mínimo de comercialização. O teste de condutividade elétrica confirmou maior integridade de membranas nas sementes de maior potencial, enquanto o Vigor-S evidenciou maior crescimento e uniformidade de plântulas nestes lotes. Conclui-se que a variabilidade espacial do campo influencia diretamente a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas, destacando-se a importância do manejo diferenciado por zonas como estratégia para obtenção de lotes com elevado desempenho.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; agricultura de precisão; vigor; armazenabilidade

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da área experimental do campo de sementes de soja na safra 23/24.....	10
Figura 2. Precipitação pluviométrica (mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas correspondentes ao intervalo da semeadura em 11/10/2024 à colheita em 11/03/2024, durante o período de produção das sementes de soja utilizadas no experimento.....	11
Figura 3. Malha dos 48 pontos amostrais da safra 23/24.....	11
Figura 4. Mapas espaciais interpolados por krigagem dos atributos de solo (altitude (A), areia total (B), argila (C), condutividade elétrica do solo (D), CTC potencial (E), matéria orgânica do solo (F), fósforo disponível no solo (G), resistência a penetração do solo (H), e índices de vegetação (estande inicial de plantas de soja (I), produtividade de sementes de soja (J)) gerados em ambiente Qgis, após os ajustes dos semivariogramas por meio do software Surfer®.....	12
Figura 5. Área experimental e mapa de zonas de manejo para área experimental com destaque para as zonas de alto potencial (verde) e baixo potencial (vermelho).....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias provenientes de 3 zonas de manejo de área comercial de soja das variáveis Germinação e Emergência. Uberlândia, Abril 2024.....	16
Tabela 2. Médias provenientes de 3 zonas de manejo das variáveis Envelhecimento Acelerado (plântulas fortes e fracas) e Condutividade Elétrica. Uberlândia, Abril, 2024.....	17
Tabela 3. Médias provenientes de 3 zonas de manejo das variáveis Raiz, Hipocótilo e Comprimento Total. Uberlândia, Abril, 2024.....	18
Tabela 4. Médias provenientes de 3 zonas de manejo das variáveis Vigor, Crescimento e Uniformidade. Uberlândia, Abril, 2024.....	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES.....	20
5. REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max*, principal *commodity* brasileira, ocupa mais de 47 milhões de hectares e produz, aproximadamente, 168 milhões de toneladas (Conab, 2025). Tais números exaltam, destacam e reforçam como essa cultura é precípua ao Brasil e mundo. Nesse sentido, a semente é a matéria prima agrícola mais importante da cadeia produtiva e a “pedra fundamental” da civilização.

A produção, colheita e pós-colheita agem como o alicerce da estrutura na qualidade de sementes, enquanto os atributos físico, fisiológico, genético e sanitário são os pilares. Dito isso, melhores atributos proporcionam plântulas com alto desempenho, que geram plantas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem em diferentes condições edafoclimáticas. Já plântulas com médio/baixo vigor apresentam menor competitividade e menor chance de estabelecimento (Krzyzanowski *et al.*, 2018).

Qualificar essa estrutura biológica complexa é uma questão que merece destaque, uma vez que existem variáveis que influenciam diretamente nos atributos determinantes ao valor para semeadura e no potencial de desempenho. Diferentes características de uma área, como textura de solo, condutividade elétrica, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC) total, nutrientes disponíveis, resistência à penetração, estande inicial e produtividade configuram ambientes de produção de sementes distintos (Catão e Hurtado, 2023).

A fim de monitorar e analisar essas diferenças nos campos de produção, o uso da agricultura de precisão (AP) e suas ferramentas, como o mapeamento da produtividade e da fertilidade do solo, são estratégias para gerenciar a variabilidade espacial e temporal (Corrêa *et al.*, 2021; Oliveira Filho *et al.*, 2025). Ao considerar uma lavoura heterogênea, a área passa a ser categorizada por zonas de manejo (ZM) ou unidades de gestão referenciada, que são subáreas com a mesma tendência de resposta à produtividade (Milani *et al.*, 2006). Tais alternativas aumentam a eficiência de uso dos recursos produtivos e otimizam etapas do manejo.

Por outro lado, mesmo com o incremento na produção advindo da AP, pode ser que exista variabilidade na qualidade das sementes em função das diferentes ZM (Catão; Hurtado, 2023). Nesse sentido, ao compreender os atributos das sementes em função das ZM, torna-se possível otimizar a estratégia de colheita, tornando-a mais precisa e orientada à obtenção de lotes com elevado padrão (Oliveira Filho *et al.*, 2025).

Na pós-colheita, a variabilidade temporal, o armazenamento e a conservação do potencial fisiológico são fatores determinantes na categoria das sementes. A viabilidade

prolongada das sementes durante a estocagem é influenciada principalmente pela qualidade inicial do lote, pela temperatura ambiente e pela umidade relativa do ar, uma vez que interferem diretamente na respiração das sementes e na proliferação de microrganismos (Berbert *et al.*, 2008).

A respiração da semente promove a oxidação dos compostos orgânicos presentes na semente, liberando energia, água e dióxido de carbono. Esse processo, essencial para a manutenção da viabilidade, também contribui para a perda de qualidade ao longo do tempo, visto que está associado à degradação de membranas, ao consumo de reservas e ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (Bewley *et al.*, 2013).

À medida que a taxa respiratória se mantém ou se intensifica, acelera-se o processo de deterioração. Isso ocorre porque o aumento da atividade metabólica favorece a instabilidade celular, a peroxidação lipídica e a perda da integridade das membranas, resultando na redução da germinação e do vigor (Marcos-Filho, 2015).

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade de sementes de diferentes zonas de manejo durante o armazenamento é imprescindível para gerenciar a variação espacial advinda dos campos de produção, servindo como ferramenta de gestão da informação e tomada de decisão. Para a avaliação da qualidade das sementes se faz necessário a utilização dos testes de germinação (Brasil, 2025) e de vigor (Krzyzanowski *et al.*, 2020) para estimar o desempenho fisiológico, especialmente durante o armazenamento. Esses testes permitem avaliar os estágios de deterioração, proporcionando uma avaliação mais assertiva da qualidade fisiológica das sementes (Marcos-Filho, 2015).

Diante o exposto, torna-se essencial avaliar a qualidade fisiológica e sua conservação sementes de soja armazenadas e produzidas em diferentes zonas de manejo, a fim de compreender os efeitos da variabilidade espacial do campo sobre o desempenho das sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de soja da cultivar BRS OLIMPO IPRO foram produzidas na fazenda experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, campus Uberlândia, MG, (18°57'15.6"S 48°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 na safra 23/24.

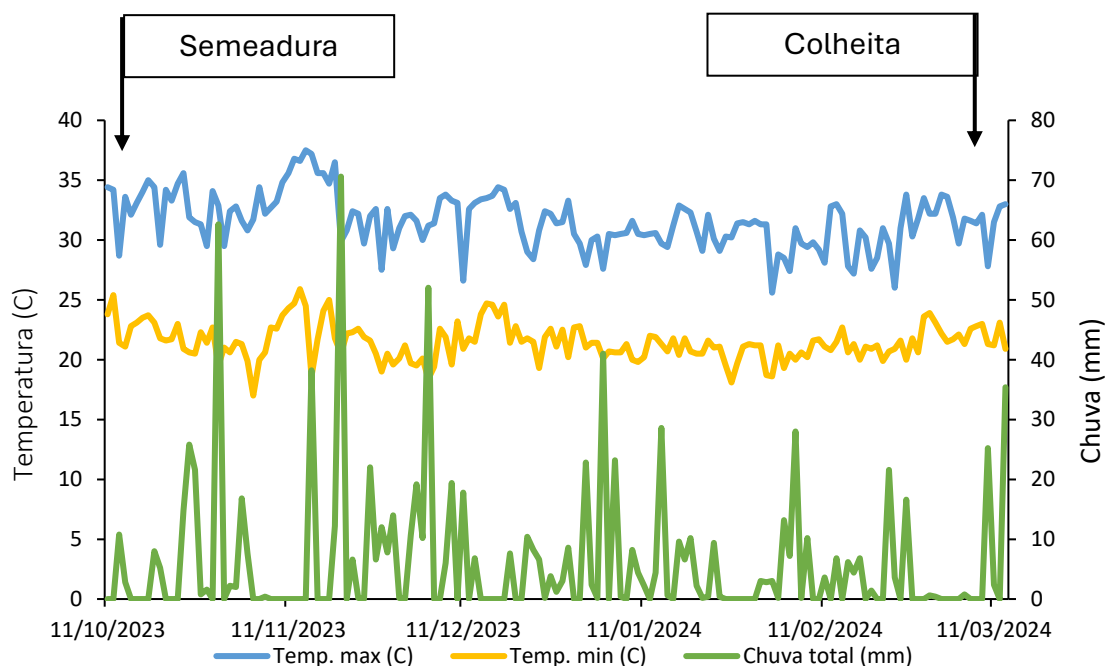


Fonte: Google Earth, acesso em 10/07/2025.

O campo de produção está inserido em região de clima tropical do tipo Aw, conforme classificação de Köppen-Geiger (1948), caracterizado por verões quentes e úmidos, seguidos por invernos predominantemente secos. A média anual de precipitação é em torno de 1.500 mm, com solo tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, segundo a classificação brasileira de solos. Historicamente, a área é conduzida sob sistema de semeadura direta, com manutenção de cobertura vegetal proveniente da palhada residual de cultivos em rotação, como sorgo, milho e soja, em regime de sequeiro.

Durante o ciclo produtivo das sementes, foram realizados monitoramentos das condições ambientais por meio da estação meteorológica automática A507 do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) localizada na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Santa Mônica. Durante a produção das sementes foram coletados dados referentes à chuva (mm), às temperaturas máximas e mínimas diárias (°C) (Figura 2).

Figura 2. Chuva(mm), temperaturas (°C) máximas e mínimas correspondentes ao intervalo da semeadura mecânica em 11/10/2023 à colheita manual em 11/03/2024, durante o período de produção das sementes de soja utilizadas no experimento.



Fonte: Gráfico feito pelo autor, dados Inmet.

A fim de caracterizar a variabilidade espacial do campo e dimensionar as diferentes zonas de manejo (ZM) foi realizada, antes da semeadura, a delimitação de uma malha amostral no software QGIS (QGIS Development Team, 2015). A malha foi estruturada de forma regular, aleatória e sistemática, composta por 48 pontos georreferenciados, com densidade amostral de 1 ponto por hectare (Figura 3). Os pontos foram localizados em campo com o auxílio de um receptor GPS Garmin E-trex Vista®.

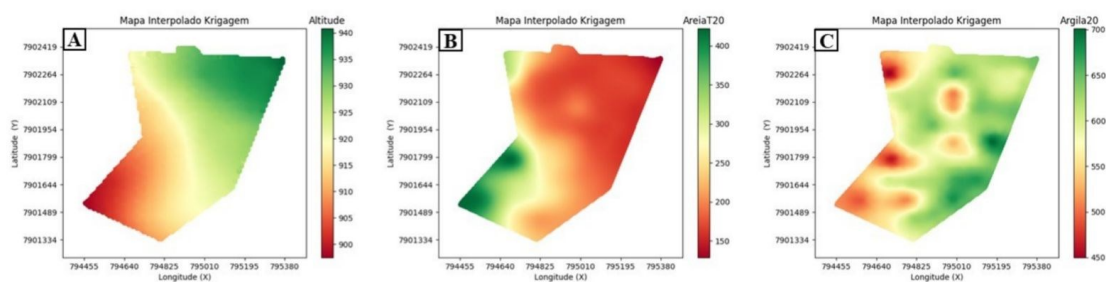
Figura 3. Malha dos 48 pontos amostrais da safra 23/24.

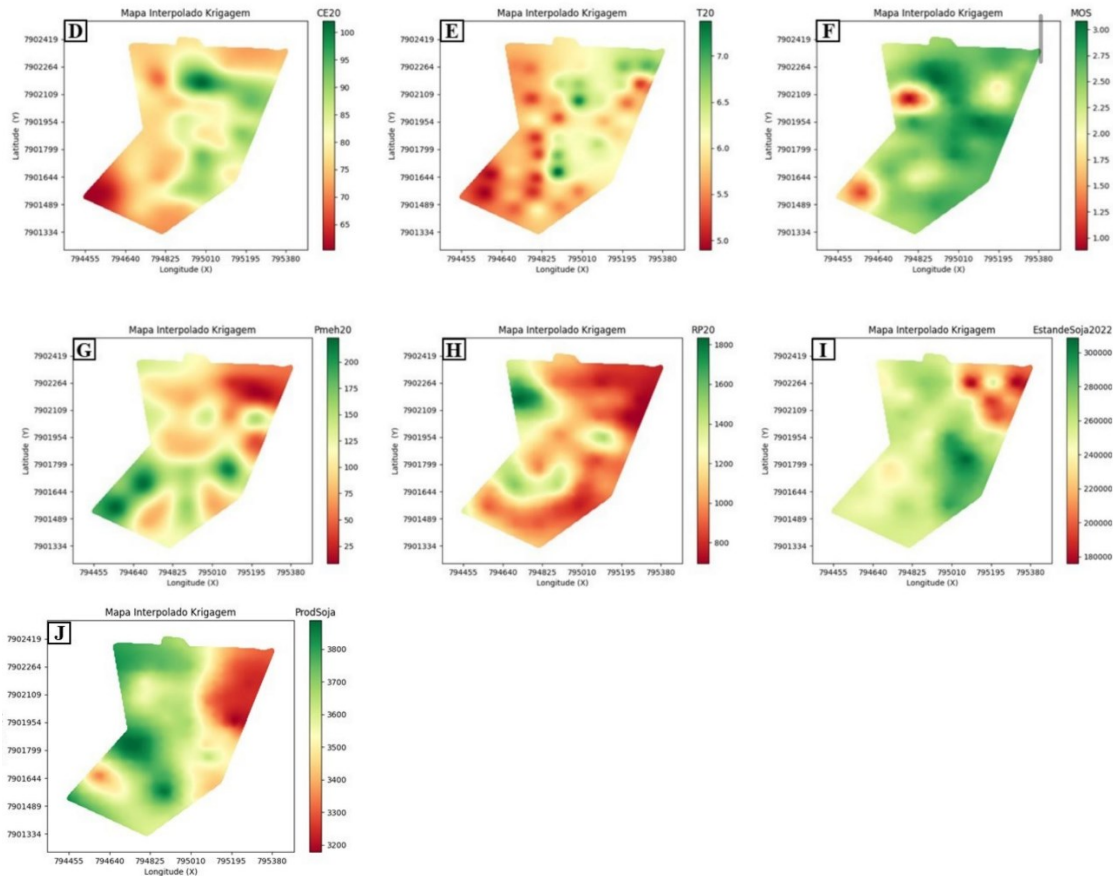


Fonte: Oliveira Filho *et al.*, 2025.

Nos pontos amostrados, realizaram-se coletas de solo deformado e indeformado (Teixeira et al., 2017), com o intuito de avaliar os atributos físicos e químicos do solo, além índices de vegetação. Os parâmetros analisados incluíram: textura (frações de areia e argila), condutividade elétrica, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC) total, fósforo disponível (P-Mehlich), resistência à penetração, estande inicial de plantas de soja e produtividade de sementes. A partir desses parâmetros, no ambiente QGIS, com o auxílio do plugin Smart Map (SMP), mapas foram interpolados dos atributos amostrados (Figura 4).

Figura 4. Mapas espaciais interpolados por krigagem, técnica geoestatística de interpolação espacial que estima valores em locais não medidos, utilizando um modelo matemático (variograma) que descreve a variabilidade espacial dos atributos de solo (altitude (A), areia total (B), argila (C), condutividade elétrica do solo (D), CTC potencial (E), matéria orgânica do solo (F), fósforo disponível no solo (G), resistência a penetração do solo (H), e índices de vegetação (estande inicial de plantas de soja (I), produtividade de sementes de soja (J)) gerados em ambiente Qgis, após os ajustes dos semivariogramas por meio do software Surfer®.

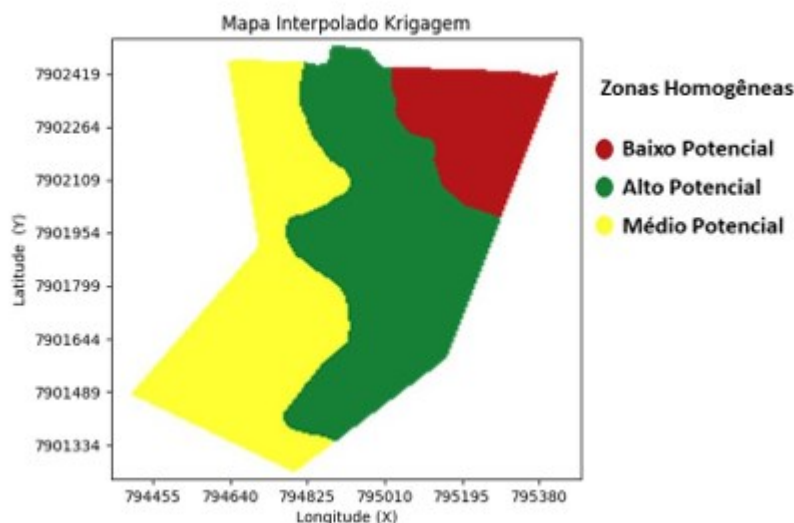




Fonte: Oliveira Filho *et al.*, 2025.

Esses mapas serviram como base para a definição das zonas de manejo (Figura 5). O processo metodológico seguiu as seguintes etapas: seleção dos atributos mais relevantes, interpolação espacial dos dados (processo de estimar valores desconhecidos entre pontos de dados conhecidos, criando uma função ou um conjunto de funções que passam por esses pontos, permitindo a determinação de qualquer valor dentro do intervalo definido), definição do número ideal de zonas e, por fim, aplicação do algoritmo de agrupamento Fuzzy K-means para geração do mapa final de ZM.

Figura 5. Área experimental e mapa de zonas de manejo para área experimental com destaque para as zonas de alto (verde), médio (amarelo) e baixo potencial (vermelho).



Fonte: Oliveira Filho *et al.*, 2025.

A semeadura mecânica foi realizada no dia 11/10/2023, com espaçamento de 0,50 metros entrelinhas, com profundidade média de 3 cm e com população de 300 mil sementes por hectare, resultando em 15 plantas por metro. A parcela experimental de cada um dos 48 pontos da malha foi dimensionada em área útil de 8 m², composta por quatro linhas de 4 metros de comprimento, com marcação e avaliação de estande inicial nos estádios fenológicos V1-V2.

A colheita manual das parcelas experimentais foi realizada em 11/03/2024, sendo que todas as plantas dentro da área útil (8 m²) de cada parcela foram colhidas e encaminhadas ao processo de trilha manual para separar as sementes das demais estruturas vegetativas. Após a trilha, procedeu-se ao cálculo da produtividade por hectare, utilizando o peso total de sementes colhidas por parcela, corrigido para umidade de 13%, além da determinação do peso de mil sementes.

As sementes foram beneficiadas e homogeneizadas utilizando homogeneizador tipo Johnes, com 18 canais. Posteriormente, cada uma das 48 amostras foi submetida à classificação utilizando um conjunto de cinco peneiras com diâmetros de 7,0; 6,5; 6,0; 5,5 e 5,0 mm de diâmetro. As amostras selecionadas, para análise de qualidade, foram as sementes retidas na peneira de 6,5 mm, após 1 minuto de agitação.

Em seguida, as amostras foram acondicionadas em embalagem de papel multifoliado e armazenadas por 45 dias em câmara fria e seca em condições de temperatura de 15°C e umidade relativa (UR) de 55%, no 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).

A fim de monitorar a qualidade das sementes de soja provenientes das diferentes zonas de manejo, durante o armazenamento, foram conduzidas avaliações fisiológicas, por meio dos testes:

Germinação entre papel: as sementes foram dispostas entre duas folhas de papel para germinação, previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, com quatro repetições de 50 sementes por amostra, totalizando 200 sementes por ponto amostral. Os papéis foram enrolados, formando rolos, que foram acondicionados em sacos plásticos para manter a umidade. Os rolos foram mantidos em câmara do tipo B.O.D., sob temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. A avaliação foi conduzida no oitavo dia após a instalação do teste, contabilizando-se o número de plântulas normais (Brasil, 2025). Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação.

Envelhecimento acelerado: utilizou-se caixas plásticas do tipo gerbox, contendo uma tela metálica suspensa internamente. Foram adicionados 40 mL de água destilada no fundo de cada caixa, e as sementes foram distribuídas sobre a tela formando uma única camada, sem sobreposição. As caixas foram tampadas e mantidas em câmara do tipo B.O.D. à temperatura constante de 41 °C por um período de 48 horas (Marcos-Filho, 2020). Após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (Brasil, 2025). A avaliação foi realizada no quinto dia após a semeadura, considerando o número de plântulas normais fortes e fracas, com os resultados expressos em porcentagem.

Condutividade elétrica: o vigor das sementes foi avaliado indiretamente por meio do teste de condutividade elétrica, baseado na mensuração dos solutos lixiviados durante a embebição das sementes (Vieira e Marcos-Filho, 2020). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por amostra, previamente pesadas em balança de precisão com sensibilidade de 0,001 g. As sementes foram acondicionadas em copos plásticos descartáveis com capacidade de 200 mL, aos quais foram adicionados 75 mL de água deionizada. Os recipientes foram mantidos em câmara do tipo B.O.D., à temperatura constante de 25 °C, na ausência de luz, por um período de 24 horas. Após o tempo de embebição, os copos foram retirados da câmara e a solução foi homogeneizada por agitação manual. A leitura da condutividade elétrica da solução foi realizada

imediatamente, utilizando condutivímetro digital modelo MCA 150, equipado com eletrodo de constante 1. Os resultados foram expressos em micro Siemens por centímetro por grama de semente ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$).

Emergência de plântulas: conduzida em bandejas plásticas, com 4 repetições de 50 sementes, contendo areia. Semeadas em fileiras superficiais e mantidas em câmara de crescimento, sob temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, sob irrigações de aproximadamente 60% da capacidade de campo (Krzyzanowski et al., 2020). A avaliação foi realizada no oitavo dia após a semeadura, contabilizando-se o número de plântulas normais emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Comprimento de plântulas: avaliado por meio de análise computadorizada de imagens, utilizando o *software* Vigor-S. Foram utilizadas 4 repetições de 20 sementes por amostra, totalizando 80 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas entre duas folhas de papel germinativo, previamente umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, após serem enrolados, os rolos foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em câmara do tipo B.O.D., à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação foi realizada no terceiro dia após a semeadura. As plântulas foram cuidadosamente transferidas para folhas de EVA (etileno vinil acetato) de coloração azul, com dimensões de 30 × 22 cm. A digitalização das plântulas foi realizada a partir de fotos feitas por dispositivo móvel, sob iluminação controlada. As imagens digitalizadas foram processadas individualmente no *software* Vigor-S, que identificou e quantificou o comprimento do hipocótilo, comprimento da raiz, comprimento total, vigor, crescimento e uniformidade (Rodrigues et al., 2020). Para o cálculo do comprimento total de plântula, foi atribuída ponderação de 10% para o hipocótilo e 90% para a raiz primária. Já para o índice de vigor computacional, foram utilizados os pesos de 70% para o crescimento e 30% para a uniformidade das plântulas.

Análise estatística: para a análise estatística dos dados, doze parcelas (repetições) foram escolhidas aleatoriamente, dentro de cada zona de manejo (alta, médio e baixo potencial). O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições. Os dados foram submetidos ao teste F e a análise variância a 5% de significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de significância utilizando o software R (R Core Team, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os índices de germinação e emergência se foi observado um melhor desempenho para as zonas de alto e médio potencial quando comparadas à zona baixa (Tabela 1), indicando a influência da variabilidade espacial dos atributos avaliados sobre a qualidade fisiológica de sementes.

Tabela 1- Médias de germinação de sementes e emergência plântulas de soja provenientes de campo de produção composto por três zonas de manejo, armazenadas por 45 dias. Uberlândia, Abril 2025.

Zonas de manejo	Germinação (%)	Emergência (%)
Alta	93 a	89 a
Média	90 a	90 a
Baixa	73 b	68 b
CV (%)	9,53	8,06

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: O próprio autor.

Segundo Gazolla Neto et al. (2015) e Oliveira Filho et al. (2025), a variável germinação é determinante para evidenciar diferenças na área de produção de sementes de soja, com base nos resultados obtidos pela interpolação de mapas de distribuição espacial. Vale ressaltar que as sementes advindas da zona de baixo potencial não atenderam o padrão mínimo de 80% de germinação para comercialização (Brasil, 2013).

A superioridade das sementes das zonas alta e média, pelo teste de emergência, pode garantir um melhor estabelecimento da cultura, uma vez que sementes com menor emergência prejudicam o estande inicial e diminuem a produtividade potencial (França-Neto, 2016).

No teste de envelhecimento acelerado pode ser observado que sementes da zona alta e média tiveram maior vigor, com 68% e 66% de plântulas fortes (vigorosas), se diferindo estatisticamente das sementes produzidas na zona de baixo potencial (Tabela 2). De acordo com Henning et al., (2015) há uma correlação positiva com a porcentagem de plântulas fortes e com a emergência em campo, permitindo a identificação de lotes mais vigorosos.

Tabela 2 - Médias de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de soja provenientes de campo de produção composto por três zonas de manejo, armazenadas por 45 dias. Uberlândia, Abril 2025.

Zonas de manejo	Envelhecimento Acelerado		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)
	Plântulas Fortes (%)	Plântulas Fracas (%)	
Alta	68 a	18	104,51 b
Média	66 a	19	128,57 a
Baixa	45 b	18	133,73 a
CV (%)	15,09	22	10,31

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: O próprio autor.

Lotes que mantêm uma alta germinação, mesmo após submetidos a altas temperatura e umidade relativa, pelo teste de envelhecimento acelerado, são constituídos por sementes com bom potencial de armazenamento, ao passo que aqueles que apresentam redução da germinação, em geral, apresentam menor potencial (Delouche & Baskin, 1973). No teste de envelhecimento acelerado, a variável referente a plântulas normais fracas não mostrou efeito significativo entre as zonas de manejo.

A partir do teste de condutividade elétrica foi evidenciado que as sementes oriundas da zona alto potencial possuem maior integridade de membranas celulares, uma vez que apresentaram menor teor de lixiviados na solução de embebição. Quanto mais elevados os teores de lixiviados, maior será a leitura no condutivímetro, portanto, mais baixo será o nível de vigor das sementes (Vieira e Marcos-Filho, 2020).

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias para o comprimento da raiz, do hipocótilo e total de plântulas das diferentes zonas de manejo. As zonas de alto e médio potencial de manejo produziram plântulas mais vigorosas, devido ao maior crescimento das raízes, hipocótilo e total das plântulas. De acordo com Vanzolini & Carvalho (2002), o maior comprimento de plântulas é um indicativo de elevado vigor, refletindo a capacidade das sementes em originar indivíduos mais uniformes e com maior potencial de estabelecimento no campo.

Tabela 3 - Médias do comprimento de raiz, do hipocótilo e total de plântulas de soja provenientes de campo de produção composto por três zonas de manejo, armazenadas por 45 dias. Uberlândia, Abril 2025.

Zonas de manejo	Raiz (cm)	Hipocótilo (cm)	Comprimento Total (cm)
Alta	2,44 a	1,58 a	4,03 a
Média	2,20 a	1,69 a	3,89 a
Baixa	1,67 b	0,99 b	2,66 b
CV (%)	15,39	12,6	13,94

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: O próprio autor.

As sementes oriundas da zona de baixo potencial de manejo originaram plântulas com menor crescimento. Essa diferença pode ser explicada porque em sementes em processo de deterioração há maior demanda energética e tempo necessário para reparar danos, como membranas celulares e síntese de DNA/proteína, resultando em germinação atrasada e crescimento de plântulas mais lento (Marcos-Filho, 2015). Por consequência, sementes vigorosas dão origem a plântulas com maior taxa de crescimento, devido à maior capacidade de transformação e aproveitamento das reservas dos tecidos de armazenamento e à maior incorporação dessas reservas pelo eixo embrionário (DAN *et al.*, 1987).

Na Tabela 4 é possível observar as médias de vigor, crescimento e uniformidade gerado por meio de imagens das plântulas e analisados por meio do *software* VIGOR-S. Nota-se que as médias das zonas alto e médio potencial de manejo foram superiores aos da zona de baixo potencial para as três variáveis, evidenciando diferenças entre as zonas de manejo na área de produção de sementes.

Tabela 4 - Médias de vigor, crescimento e uniformidade de plântulas de soja, analisadas por meio do *software* Vigor-S, provenientes de campo de produção composto por três zonas de manejo, armazenadas por 45 dias. Uberlândia, Abril 2025.

Zonas de manejo	Vigor	Crescimento	Uniformidade
Alta	400,9 a	278,9 a	685,5 a
Média	374,9 a	253,9 a	657,4 a
Baixa	313,2 b	189,3 b	602,2 b
CV (%)	9,74	15,11	6,55

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: O próprio autor.

A eficiência do Vigor-S na avaliação do vigor foi confirmada para sementes de milho (Castan et al., 2018), feijoeiro (Medeiros et al., 2019) e soja (Rodrigues et al., 2020). Em sementes de soja, os resultados revelaram consistência da análise de Vigor-S na identificação de lotes de sementes de maior e menor vigor de acordo com as zonas de manejo.

O uso integrado da geoestatística e da avaliação da qualidade das sementes de soja possibilita otimizar o direcionamento da colheita e pós-colheita, assegurando a formação de lotes com elevada qualidade fisiológica e conferindo maior precisão à tomada de decisão.

4. CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica das sementes é influenciada pela variabilidade espacial do campo, sendo que as sementes de soja provenientes das zonas de alto e médio potencial de manejo apresentaram desempenho superior às de baixo potencial.

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.
- BEWLEY, J. D *et al.* eds. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Institui os Padrões para a produção e a comercialização de sementes. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 181, p.16-38, 18 set. 2013. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2025. https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2024
- CASTAN, D.O.C *et al.* Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. *Scientia Agricola*, v.75, n.2, p.167-172, 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0401>
- CATÃO, H. C. R. M *et al.* (2023). Chemical treatment and storage of sorghum seeds produced in different management zones. *Journal of Seed Science*, 45, e202345004. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45265644>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2025. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/boletim-da-safra-de-graos>

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>

DAN, E. L. *et al.* Dry matter transfer as a method of assessing soybean seed vigor. *Revista Brasileira de Sementes*, v.9, n.3, p.45-55. 1987.

DELOUCHE, J.C. *et al.* Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, v. 1, p. 427-452, 1973.

FRANÇA NETO, J. de B.; *et al.* Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. (Embrapa Soja. Documentos, 380)

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>

HENNING, A. A. *et al.* Teste de envelhecimento acelerado e sua correlação com a classificação do vigor e emergência de plântulas de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Florianópolis. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 2015. p. 72-74.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia:** con un estudio de los climas de La tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948

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.

KRZYŻANOWSKI, F.C., *et al.* (Eds.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, p.79-140. 2020. 601 p.

MARCOS-FILHO, J. *et al.* Teste de envelhecimento acelerado (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 2020. p.185-237.

MARCOS-FILHO, Júlio. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2015. v. 12, 495p.

MEDEIROS, A.D.D. *et al.* Assessing the physiological quality of common bean seeds using the Vigor-S® system and its relation to the accelerated aging test. *Journal of Seed Science*, v.41, n.2, p.187-195, 2019. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n2211401>

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>

OLIVEIRA FILHO, M. A. *et al.* Variabilidade espacial de atributos de solo na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. *Plants*, **2025**, 14, 1856. <https://doi.org/10.3390/plants14121856>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Declaração Universal dos Direitos Humanos. Paris, 10 dez. 1948. Disponível em: 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.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. OpenSource Geospatial Foundation Project. 2015.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Versão 4.2.1. R Foundation for Statistical Computing, 2022.

RODRIGUES, M., *et al.* Vigor-S: System for Automated Analysis of Soybean Seed Vigor. *Journal of Seed Science*, 42, e202042039. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42237490>

TEIXEIRA, P. C. *et al.* Manual de métodos de análise do solo. 3. ed. Brasília DF: EMBRAPA, 2017. 577 p. ISBN: 978-85-7035-771-7.

VANZOLINI, S.; *et al.* Effect of soybean seed vigor on field performance. *Revista Brasileira de Sementes*, v.24, n.1, p.33-41, 2002.

VIEIRA, R.D. *et al.* Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B, MARCOS FILHO, J. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 2020. p.333-389.