

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

GIOVANA CONCEIÇÃO VENTAVOLI

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE SOJA**

**UBERLÂNDIA-MG
2023**

GIOVANA CONCEIÇÃO VENTAVOLI

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários do Curso de graduação em Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

**UBERLÂNDIA-MG
2023**

GIOVANA CONCEIÇÃO VENTAVOLI

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários do Curso de graduação em Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

Aprovado pela Banca Examinadora em 23 de junho de 2023

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado
Orientador

Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão
Membro da Banca

Dr. Adílio de Sá Junior
Membro da Banca

**UBERLÂNDIA-MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter me dado a oportunidade de cursar em uma Universidade Federal e me dado força durante esses 5 anos de curso. Sem ele, eu não conseguiria chegar aonde cheguei.

Agradeço também a minha família, a minha vó Cida Amato, minha segunda mãe e ao meu avô Luíz Fernando Conceição, que cuidaram de mim quando criança enquanto minha mãe trabalhava. E principalmente, quero dizer um obrigada aos meus pais: Luciana Amato, Alessandro Ventavoli e ao meu pai dois, Carlos Henrique Alves, por todo o suporte emocional e financeiro durante todo esse ciclo. Obrigada pelo apoio e confiança, sem vocês, eu não estaria onde estou. Aos meus primos, Gabriel Amato e Lívia Amato, que me ajudam e apoiam, além das risadas a todo momento. Aos meus tios e tias, o meu muito obrigada por sempre estarem comigo.

Agradeço também ao meu namorado, Rafael Henrique dos Reis, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis da faculdade, mesmo estando distantes. Obrigada por ser meu parceiro.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado me apoiando durante a graduação, tanto de Uberlândia como Mococa. Levo vocês para o coração: Rossana Bertaglia, Gabriele Molina, Rafael Goes, Marielle Rodrigues, Amanda Silva, Larissa Carmelina, Vitória Emanuelle e Giovanna Santos. Obrigada pela paciência e por me ensinarem tanto. Sem vocês, a faculdade não seria a mesma.

As meninas que moram comigo, Rossana Bertaglia e Ivy Pedreira pelos puxões de orelha que me fizeram crescer de uma maneira leve e divertida. Graças a vocês, evolui como ser humano e passei a ver a vida de uma forma diferente.

A Universidade Federal de Uberlândia por proporcionar um ensino superior de qualidade no curso de Agronomia e ao Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado pela oportunidade de estar sob sua orientação, por todo auxílio e paciência. Ao meu Co-orientador Dr. Hugo Catão, por todo apoio durante essa caminhada e um agradecimento especial ao técnico do laboratório Dr. Adílio De Sá Junior, que me ajudou desde o início nos testes de qualidade de semente, sem você, nada seria possível, te levarei para a vida. Aos colegas do Grupo de Estudos em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Uberlândia por todo o aporte, contribuição e assistência durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O Brasil desempenha um papel significativo na produção mundial de soja, obtendo altas produtividades devido ao uso de sementes de alta qualidade. No entanto, a presença de variações espaciais nas plantações afeta o potencial fisiológico das sementes. Objetivou-se com este trabalho avaliar, de forma espacial, a qualidade fisiológica das sementes de soja. Os dados foram coletados na Fazenda Glória, Uberlândia – MG e avaliados na Universidade Federal de Uberlândia. A colheita de sementes de soja foi realizada em 48 pontos georreferenciados, visando a determinação da qualidade fisiológica das sementes e do comportamento da dependência espacial. Os resultados foram submetidos às análises estatísticas descritiva, de correlação linear de Pearson e geoestatística. Foram avaliados os testes de qualidade física e fisiologia: germinação, emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, matéria seca e tetrazólio. Foi possível verificar dependência espacial para os atributos envelhecimento acelerado, emergência, condutividade elétrica e tetrazólio, e menores distâncias espacialmente relacionadas para a condutividade elétrica e o teste de tetrazólio. A qualidade fisiológica das sementes, especialmente em termos de vigor, não é uniforme e pode ser melhor avaliada por meio de mapas. A adoção da agricultura de precisão permitiu identificar a distribuição espacial da qualidade fisiológica das sementes em uma área de produção de soja, facilitando a tomada de decisões sobre as áreas que devem ser colhidas.

Palavras-Chave: *Glycine max* (L.), Agricultura de Precisão, Geoestatística.

ABSTRACT

Brazil plays a significant role in world soybean production, achieving high yields due to the use of high quality seeds. However, the presence of spatial variations in plantations affects the physiological potential of seeds. The objective of this work was to spatially evaluate the physiological quality of soybean seed. Data were collected at Fazenda Glória, Uberlândia – MG and evaluated at the Federal University of Uberlândia. Seeds were collected at 48 georeferenced points to determine the physiological quality of the seeds and the scope of spatial dependence. The results were submitted to descriptive statistics analysis, Pearson's linear correlation and geostatistics. The physiological quality tests evaluated were germination, emergence, accelerated aging, electrical conductivity, dry matter and tetrazolium. It was possible to observe a positive correlation between the variables germination, emergence and dry matter. Between the electrical conductivity and the other attributes, there was a negative correlation and the tetrazolium attributes also present a negative correlation between them. The physiological quality of seeds, especially in terms of vigor, is not uniform and can be better evaluated using interpolation maps. The adoption of precision agriculture made it possible to identify the spatial distribution of the physiological quality of seeds in a soybean production area, facilitating decision making about the areas that should be harvested.

Keywords: Glycine max (L.), Precision Agriculture, Geostatistics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1. Coleta de dados.....	2
2.2. Instalação do trabalho a campo e colheita da soja.....	3
2.3. Análise da qualidade de sementes de soja	5
2.3.1. Teste de germinação	5
2.3.2. Teste de emergência.....	6
2.3.4. Teste de Tetrazólio.....	7
2.3.5. Teste de Envelhecimento Acelerado	9
2.3.6. Teste de Condutividade Elétrica	10
2.3.7. Massa seca.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1. Análise descritiva dos atributos fisiológicos das sementes de soja.....	12
3.2. Análise espacial dos atributos fisiológicos das sementes de soja	13
4. CONCLUSÕES	17
REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

A produção de soja está entre as atividades econômicas que mais cresceram nas últimas décadas no agronegócio mundial. No Brasil, a produção atual é de 155 milhões de toneladas, 49% maior a registrada há 10 anos. Já a área cultivada passou de 27,7 a 44,0 milhões de hectares nesse mesmo período (CONAB, 2023). A soja é utilizada na alimentação humana e animal, sendo fonte de proteína vegetal, principalmente, na forma de óleo, farelo e lecitina (DALLAGNOL et al., 2010).

A manutenção e elevação dos patamares produtivos é fator decisivo para a competitividade das lavouras, onde a aquisição de sementes de comprovada qualidade é requisito principal. Sementes de alta qualidade auxiliam na produção de plantas de alto desempenho, fechando rapidamente as entrelinhas da cultura e oferecendo um controle eficaz de plantas daninhas. Sementes de menor qualidade são traduzidas em plantas fracas e de reduzida competitividade na lavoura (KRZYZANOWSKI et al., 2018). De acordo com Marcos-Filho (1998), a qualidade de sementes indica o potencial de desempenho das sementes de maneira consistente quando há interação entre a genética e os atributos físicos, fisiológicos e de sanidade.

De maneira geral, há diversas avaliações que auxiliam na definição da qualidade das sementes, desde o manejo na lavoura até o seu armazenamento e destino final (KRZYZANOWSKI et al., 2018). A qualidade das sementes pode ser avaliada pela emergência das plântulas, por depender esta análise das condições ambientais a que as sementes são expostas. Problemas na emergência podem afetar o estande, e por conseguinte à uniformidade de desenvolvimento, a produtividade e a qualidade final do produto (LIMA, 2005). A qualidade das sementes é observada também por testes físicos, visando avaliar a morfologia ou características físicas como tamanho, massa unitária, densidade e coloração das sementes (BRASIL, 2009).

Levando em consideração técnicas utilizadas a campo, a agricultura de precisão (AP) destaca-se como ferramenta para o gerenciamento da lavoura. A AP pode ser definida como um conjunto de informações técnicas visando potencializar os resultados para cada talhão, seja em relação a fertilidade, população de plantas

e produtividade das culturas (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002; MOLIN et al., 2015; LOPES, 2021). Em relação à qualidade das sementes é sabido que esta não é uniforme, podendo apresentar variabilidade espacial (CORRÊA et al., 2022).

Com base no apresentado foi proposto o presente trabalho que teve por objetivo avaliar de forma espacial a qualidade fisiológica da semente de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na fazenda experimental do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG (18.95° S e 48.19° L). O talhão de 48 ha, apresenta altitude média de 920 m, clima tipo Aw, tropical quente e úmido com inverno frio e seco, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1.342 mm, o solo é tipo Latossolo Vermelho e vem sendo conduzido com culturas de grãos em sistema plantio direto sob sequeiro.

2.1. Coleta de dados

A coleta de dados seguiu uma malha amostral de um ponto por hectare (Figura 1). A malha amostral foi definida a partir do uso do programa de informações geográficas Qgis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015).

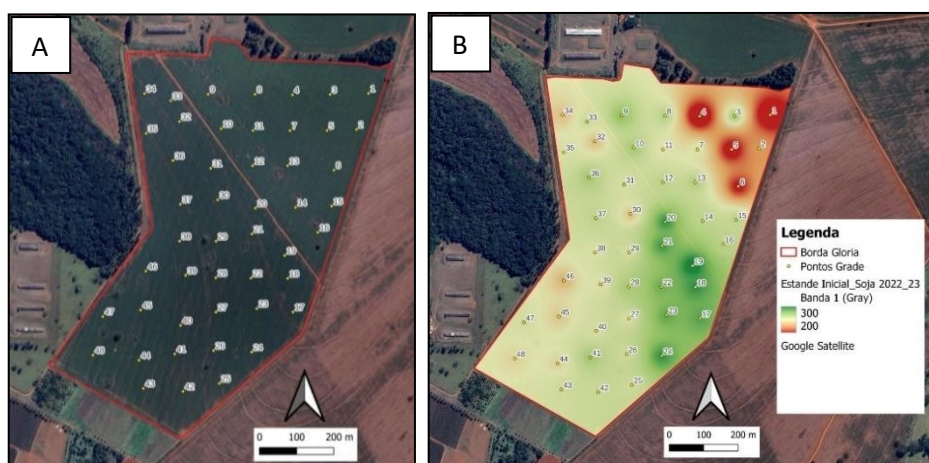


Figura 1. Área experimental e malha de 48 pontos amostrais (A), e mapa de estande inicial de plantas de soja - V1, safra 2022-23 (B).

Para localização dos pontos no campo foi utilizado o GPS Garmin E-trex Vista 30x e o aplicativo Avenza Maps. Prévio a realização deste trabalho foi realizado a definição do estande inicial das plantas de soja em V1. A mesma apresentou variação espacial, com estandes variando de 200 a 300 mil plantas/ha. A presença de variação espacial no estande inicial serviu como norte para o estudo visando o comportamento espacial de atributos de qualidade fisiológica em semente de soja.

2.2. Instalação do trabalho a campo e colheita da soja

A semeadura da soja (*Glycine max L.*), variedade Aporé IPRO, resistente a herbicidas, foi realizada em 28 de outubro de 2022, com espaçamento entrelinhas de 0,50 m e 17 sementes por metro. A semeadura buscou atingir uma média de 15 sementes por metro em função da restrição pluviométrica observada em data previa à semeadura (Figura 2). A colheita foi realizada em 27 de fevereiro de 2023 (122 dias após semeadura). Em cada um dos 48 pontos da malha amostral foram definidas parcelas úteis de 8m² (4 linhas com 4 m de comprimento cada) e realizado o arranquio de todas as plantas (Figura 3).

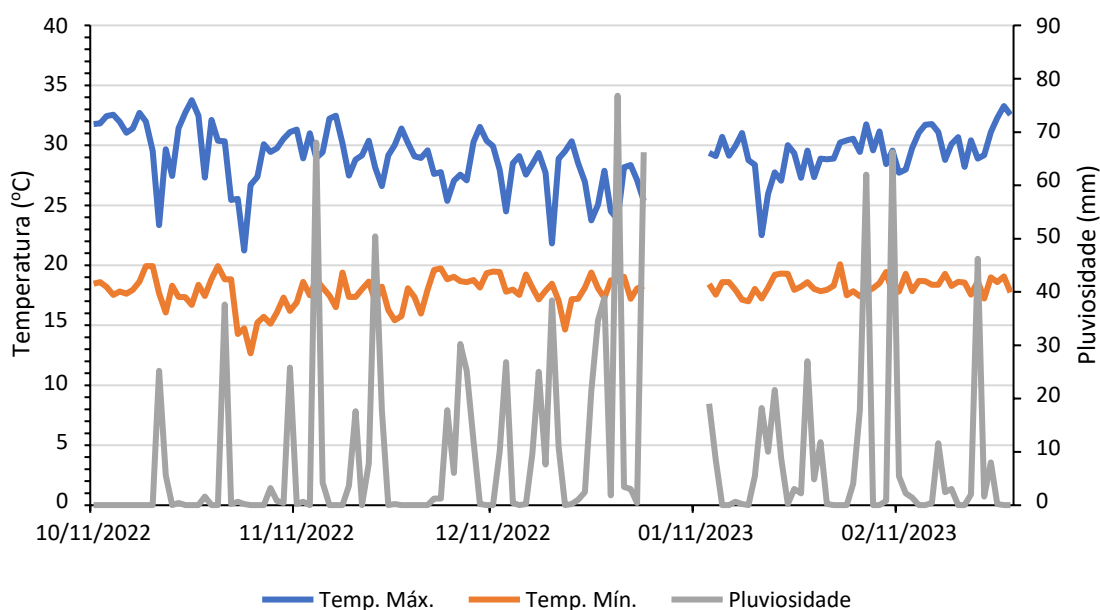


Figura 2. Dados de temperatura mínima, máxima e pluviosidade da área de estudo correspondentes ao período de avaliação.

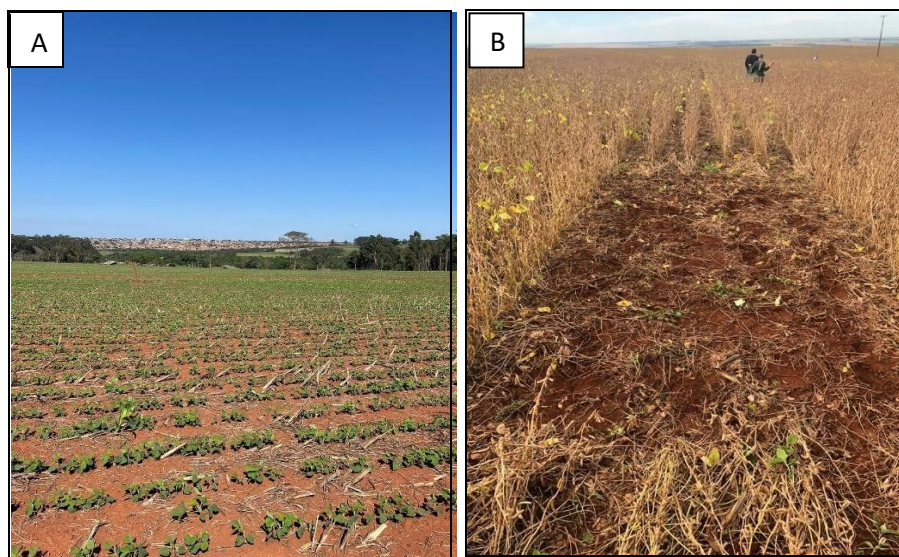


Figura 3: Área experimental com instalação da cultura da soja em V2 (A) e parcela útil (8m²) onde foi realizada a colheita das plantas (B). Fonte: Grupo GeAP.

Na sequência foi realizada a trilha do material (Figura 4), disposto em sacos de papel, identificados e levados ao Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia (LASEM-UFU), para obtenção do peso final e umidade das sementes. Em passo posterior foram realizadas análises de qualidade físicas e fisiológica das sementes.



Figura 4: Secagem das plantas de soja após colheita a campo (A), detalhe da secagem do material previo à trilha (B) e trilha e obtenção das sementes de soja (C). Fonte: Grupo GeAP.

2.3. Análise da qualidade de sementes de soja

A classificação das sementes em peneiras foi realizada prévio a execução das avaliações acima descritas. Foram considerados os diâmetros de abertura 7,0 mm; 6,5 mm; 6,0 mm; 5,5 mm; 5,0 mm e base, e utilizadas as sementes contidas na peneira de 6,0 mm, por ter sido a peneira mais significativa em porcentagem, com 56%. As sementes foram depositadas entre quatro peneiras (7,0 mm, 6,5mm, 6,0mm, 5,5 mm e 5,0mm) sendo cada amostra agitada durante um minuto, para haver homogeneidade das amostras.

Foram realizados os testes de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, emergência, tetrazólio e massa seca das plantas consideradas normais. As análises de qualidade foram realizadas de acordo com as regras para análises de sementes - RAS (BRASIL, 2009). A avaliação em laboratório seguiu um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

2.3.1. Teste de germinação

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, dispostos em dois papéis para germinação, livres de impurezas. Prévio ao início do teste, as sementes foram pré condicionadas em demanda biológica de oxigênio (BOD) por dezesseis horas, para que houvesse o reparo entre as membranas. Foram utilizadas caixas tipo gerbox, de poliestireno, com 40 mL de água, e uma tela metálica para evitar o contato direto com as sementes (Figura 5).



Figura 5: Alocação das sementes na BOD (A, B) e disposição das amostras de forma vertical no germinador (C, D).

As sementes foram dispostas em papel para germinação e cobertas por um terceiro papel para confecção de rolos (Figura 6A). Os papéis foram umedecidos com água destilada e colocados verticalmente no germinador tipo Mangelsdorf regulado à 25°C, durante 8 dias (Figura 5 C e D).



Figura 6: Instalação do teste de germinação (A) e avaliação no 8º dia (B).

A avaliação foi realizada no oitavo dia após a instalação do teste (Figura 6B). Foram determinadas a porcentagem de plântulas normais e a porcentagem de plântulas anormais danificadas, deterioradas e deformadas. Os dados foram expressos em porcentagem.

2.3.2. Teste de emergência

O teste foi realizado em condições não controladas em casa de vegetação. Foram utilizadas 48 bandejas contendo areia como substrato (Figura 7) visando atingir a capacidade de campo. A quantidade de água foi estabelecida visando atingir a capacidade de campo. O resultado foi multiplicado por 0,5, sendo a capacidade de retenção necessária para suprir a necessidade das sementes de soja de forma contínua para o período de avaliação. Na avaliação foi empregado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em ambiente homogêneo, sendo utilizadas quatro linhas de 50 sementes por tratamento (bandeja), e quatro repetições para cada um dos 48 tratamentos (Figura 7).



Figura 7: Disposição das bandejas com areia (A) e sementes (B) para realização do teste de emergência, e contagem do número de plântulas emergidas (C).

As sementes foram dispostas a uma profundidade de três centímetros, evitando problemas na emergência. A contagem do número de plântulas emergidas foi realizada após oito dias da sementeira, sendo considerada emergida a plântula com alça cotiledonar acima do nível do substrato (Figura 7C). Os dados foram expressos em porcentagem.

2.3.4. Teste de Tetrazólio

Para cada um dos 48 tratamentos foram realizadas quatro repetições com 25 sementes. As sementes foram dispostas em papéis de germinação durante dezesseis horas, visando um pré-umedecimento das sementes, para posteriormente facilitar o corte da semente, ativar a respiração e haver uma facilidade da penetração do sal. Após esse período (16 h), as sementes foram colocadas em solução de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio, na concentração de 0,075% e sob cuidados para as sementes serem bem cobertas com a solução (30mL) (Figura 8A). Na sequência, as sementes foram levadas a câmara tipo BOD, em ausência de luz, para início da reação da solução com as sementes. As sementes permaneceram na câmara durante quatro horas. Após esse tempo, a solução foi drenada com água destilada para evitar que continuasse ocorrendo as

reações. As sementes ficaram em tom de cor vermelho demonstrando que a reação ocorreu corretamente (Figura 8B).



Figura 8: Sementes de soja colocadas em solução de 2,3,5 trifênil cloreto de tetrazólio prévio ao início da reação (A) e após a reação com a solução (B)

Este teste tem por objetivo determinar, de maneira rápida, a viabilidade das sementes, ou seja, se elas se encontram vivas ou não. O teste atribui notas as sementes de soja e as classifica em: viáveis e vigorosas (notas 1 a 3), viáveis, porém com vigor baixo (notas 4 e 5) e não viáveis e mortas (notas 6 a 8), metodologia proposta por França-Neto *et al.*, (1998). Para o presente trabalho foram consideradas as três classificações, porém definindo as sementes como viáveis e de alto vigor - nota 1, viáveis e de médio vigor (danos mecânicos, por umidade e por percevejo) - nota 2, e não viáveis - nota 3 (Figura 9).

Em algumas situações foi observado que, algumas sementes já não eram consideradas nota 1, devido a picadas evidentes de percevejos e danos por umidade (Figura 8B). Os dados foram expressos em porcentagem.

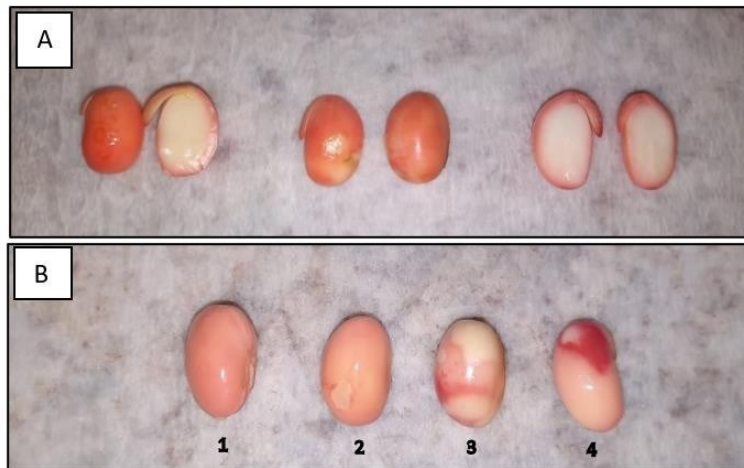


Figura 9: Classificação das sementes de soja após reação com a solução de tetrazólio (A) e sementes com Nota 1 (8B-1), Nota 2 (8B-2) e Nota 3 (8B-3 e 4).

2.3.5. Teste de Envelhecimento Acelerado

O teste avalia o vigor das sementes quando expostas a uma taxa de deterioração através de temperatura e umidade relativa distintas. O procedimento é semelhante ao praticado para o teste de germinação. Foram instalados 48 tratamentos contendo quatro repetições de 50 sementes cada. Antes da execução do teste, as sementes foram pré-condicionadas por 16 h a 25°C, utilizando caixas tipo gerbox, de poliestireno, contendo uma tela metálica e com 40 mL de água (Figura 10).

As sementes foram dispostas na BOD. Transcorridas as 16 h as sementes foram submetidas a uma temperatura de 41°C por 48 horas. Depois desse período as sementes foram dispostas nos papéis de germinação e adicionada a quantidade necessária de água, conforme a metodologia para teste de germinação constante na RAS (BRASIL, 2009) (Figura 10C). Os mesmos foram umedecidos com água destilada e colocados verticalmente na BOD a 25°C.

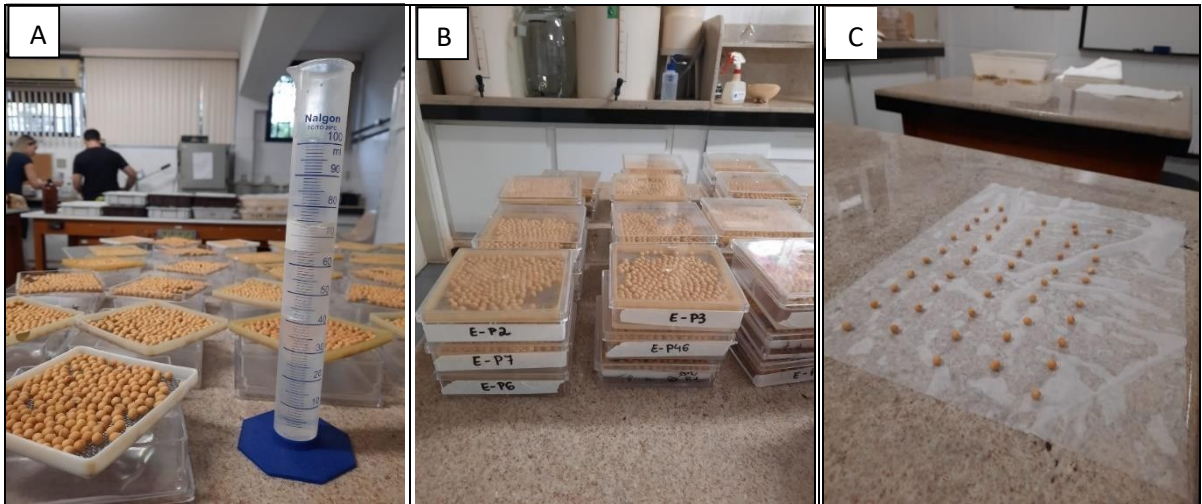


Figura 10: Instalação do teste de envelhecimento acelerado (A). Detalhe do acondicionamento das sementes em caixas tipo gerbox (B) e nos papéis de germinação (C).

Nesta fase o teste teve duração de cinco dias. Após esse período procedeu-se a leitura observando as plântulas normais e separadas em plântulas fortes e fracas (Figura 11). Os dados foram expressos em porcentagem.



Figura 11: Comparativo de plântulas vigorosas (A) e não vigorosas (B) na avaliação do envelhecimento acelerado das sementes.

2.3.6. Teste de Condutividade Elétrica

O teste determina a quantidade de lixiviados liberados internamente da semente para a solução de embebição. Em função do grau de deterioração das sementes poderá se verificar as amostras com maior ou menor vigor. Para cada

um dos 48 pontos amostrais (Figura 1) foram estabelecidos tratamentos considerando quatro copos com 50 sementes (total da amostra igual a 200 sementes) e pesados em balança analítica para realização dos cálculos pertinentes. Para cada copo foram adicionados 75 ml de água deionizada e acondicionados em câmara BOD a 25°C, no escuro por 24 horas, visando obter equilíbrio da temperatura (Figura 12A). As leituras foram realizadas após a embebição das sementes, com auxílio de condutivímetro (Figura 12B). O cálculo da condutividade elétrica foi realizado a partir da equação,

$$CE (\mu S. cm^{-1}.g^{-1}) = \frac{L-B}{P}$$

onde,

CE: Condutividade elétrica,

L: Leitura da amostra no condutivímetro em $\mu S. cm^{-1}$

B: Leitura do branco, deionizada, em $\mu S. cm^{-1}$

P: Peso da amostra em gramas.

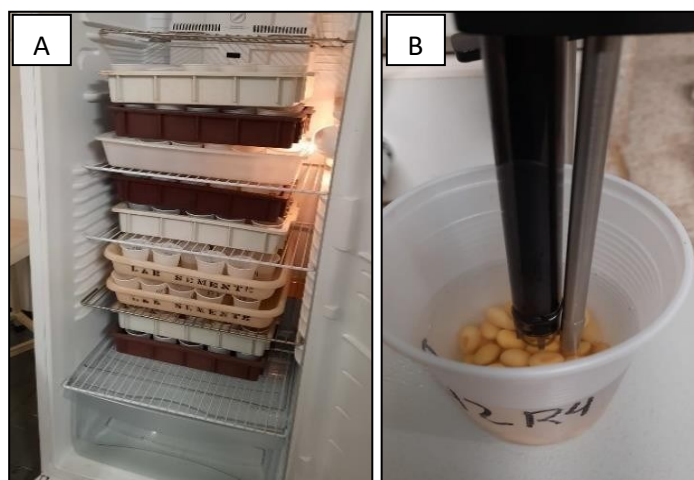


Figura 12: Sementes acondicionadas em câmara BOD (A) e realização da leitura no condutivímetro (B).

2.3.7. Massa seca

A teste foi realizado com o material vegetal proveniente do teste de germinação. Foram retirados os cotilédones das plântulas normais nas quatro repetições correspondentes aos 48 tratamentos. As amostras foram logo pesadas

e levadas a estufa de circulação de ar, a 65°C, durante 72 horas e pesadas novamente (Figura 13). Os dados foram expressos em porcentagem.

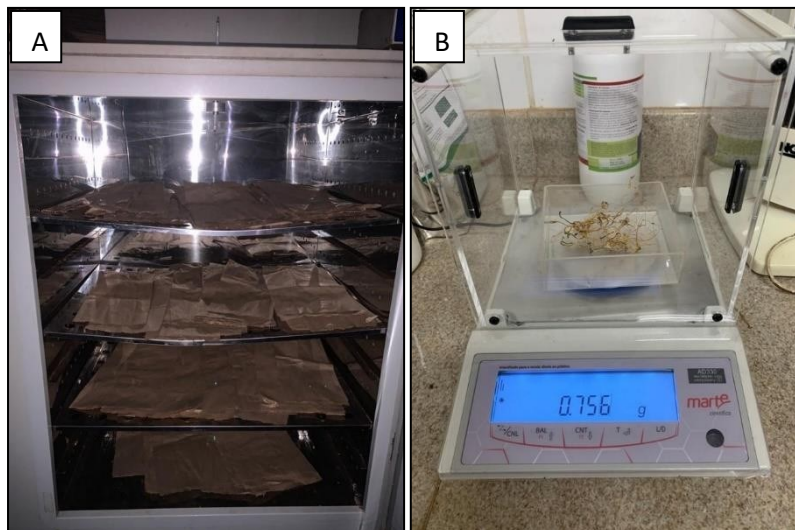


Figura 13: Secagem das plântulas em estufa de circulação de ar à 65°C (A) e pesadas após a secagem (B). Fonte: Grupo GeAP.

Os atributos fisiológicos dos testes de qualidade de sementes foram submetidos a análise estatística descritiva, como auxílio do programa de Excel®, para cálculo de medidas de tendência central (mínimo, máximo, média e mediana) e coeficiente de variação. Foram realizadas correlações dos dados a partir da análise de correlação linear de Pearson. Especialmente, os dados foram analisados pela geoestatística, a partir da obtenção de modelos de semivariograma e interpolação por krigagem (VIEIRA, 2000), com auxílio do programa Surfer, e posterior elaboração de mapas temáticos, com o programa Qgis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise descritiva dos atributos fisiológicos das sementes de soja

A partir dos dados observa-se variação entre os valores de porcentagem mínimos e máximos para os atributos analisados (Tabela 1). Isso demonstra interferência por fatores bióticos e abióticos vinculados à fatores químicos e físicos

do solo, altas temperaturas, estresse fisiológico da planta e o alto índice pluviométrico na colheita (Figura 2), o que interfere na qualidade final das sementes de soja (ARANGO et al., 2006; PINTO et al., 2007; PINTO et al., 2009; FORTI et al., 2010).

Tabela 1 - Análise descritiva dos atributos fisiológicos das sementes de soja.

Atributos Fisiológicos (n=48)	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	C.V. (%)
Germinação	16,6	91,0	73,2	78,0	20,1
Envelhecimento acelerado	2,6	58,4	34,2	34	41,6
Massa seca	0,6	2,8	2,0	2,2	21,7
Emergência	47,6	98,4	88,6	92,0	10,5
Condutividade elétrica	194,4	739,7	403,5	380,0	25,5
Tetrazólio 1	38,0	66,0	80,8	80,0	22,7
Tetrazólio 2	42,0	60,0	80,2	80,0	22,2
Tetrazólio 3	12,0	80,0	38,8	36,0	39,3

*C.V. (%): coeficiente de variação, em %.

Nesse sentido, as maiores amplitudes foram observadas para o envelhecimento acelerado e o tetrazólio 3. Ao analisar os resultados encontrados para o CV% percebe-se que, os maiores valores foram registrados para os atributos com a maior amplitude nos dados, sendo considerado um CV% alto para o envelhecimento acelerado (41,6) e tetrazólio 3 (39,3) e baixo para a emergência (10,5) (GOMES, 2009). Isso pode denotar variações bruscas nos dados. Os valores próximos de média e mediana estariam indicando um comportamento dos dados próximo a normal (Tabela 1). Cabe ressaltar a proximidade de valores encontrados para os atributos tetrazólio 1 e tetrazólio 2, o que pode indicar uma ausência de diferenciação entre ambos, do ponto de vista prático.

3.2. Análise espacial dos atributos fisiológicos das sementes de soja

A análise espacial, realizada a partir da geoestatística (VIEIRA, 2000), permitiu observar comportamento espacial para a maioria dos atributos avaliados, com exceção da germinação e massa seca. Para esses atributos não foi possível realizar ajuste de modelos ao semivariograma, denominado de efeito pepita puro (Figura 14). A ausência de ajuste de modelos significa que há independência entre

as amostras, assim como uma distribuição espacial ao acaso. A interpolação nesse caso poderá ser realizada a partir de um outro interpolador, como o inverso do quadrado da distância. Uma análise futura de dependência espacial para esses atributos deverá considerar uma malha menor a 1 ponto/ha. Cabe ressaltar, ainda, que a germinação e a massa seca tiveram os seus resultados atrelados ($r = 0,8$) (Tabela 2). Isto é explicado pelo uso da mesma fonte de sementes na análise (item 2.3.7) e ao ser a germinação um indicador de sementes saudáveis e vigorosas, capazes de desenvolverem plantas fortes e produtivas.

Tabela 2. Análise espacial dos atributos fisiológicos das sementes de soja.

	Germ	EnvelhAc	MS	Emerg	CE	TZ 1	TZ 2	TZ 3
Germinação	1,0							
EnvelhAc	0,5	1,0						
Massa seca	0,8	0,4	1,0					
Emergência	0,8	0,7	0,6	1,0				
CE	-0,6	-0,4	-0,4	-0,7	1,0			
Tetrazólio 1	0,1	0,2	-0,7	0,3	-0,2	1,0		
Tetrazólio 2	0,4	0,1	0,3	0,2	-0,3	-0,6	1,0	
Tetrazólio 3	-0,5	-0,4	-0,3	-0,6	0,6	-0,5	-0,4	1,0

*EnvelhAc: Envelhecimento acelerado; CE: Condutividade elétrica; MS: Massa seca

O modelo que melhor se ajustou aos semivariogramas de envelhecimento acelerado, emergência, condutividade elétrica, tetrazólio 1, tetrazólio 2 e tetrazólio 3 foi o modelo esférico (VIEIRA, 2000). Em relação ao parâmetro do semivariograma alcance foi observado variação de 220 a 350 m, com os maiores valores para o envelhecimento acelerado, emergência, tetrazólio 1 e 3. O alcance representa a distância máxima em que as amostras estão correlacionadas espacialmente entre si (CHAVES; FARIAS, 2009), ou seja, após essa distância as amostras não têm relação espacial e passam a contar com uma estrutura espacial ao acaso. Neste contexto, valores de alcance são fundamentais no planejamento de futuras amostragens, permitindo dimensionar grades e estimar o número de pontos a serem amostrados (SOUZA et al., 2006).

A partir dos mapas é possível verificar o comportamento espacial dos atributos fisiológicos vinculados à qualidade das sementes (Figura 15).

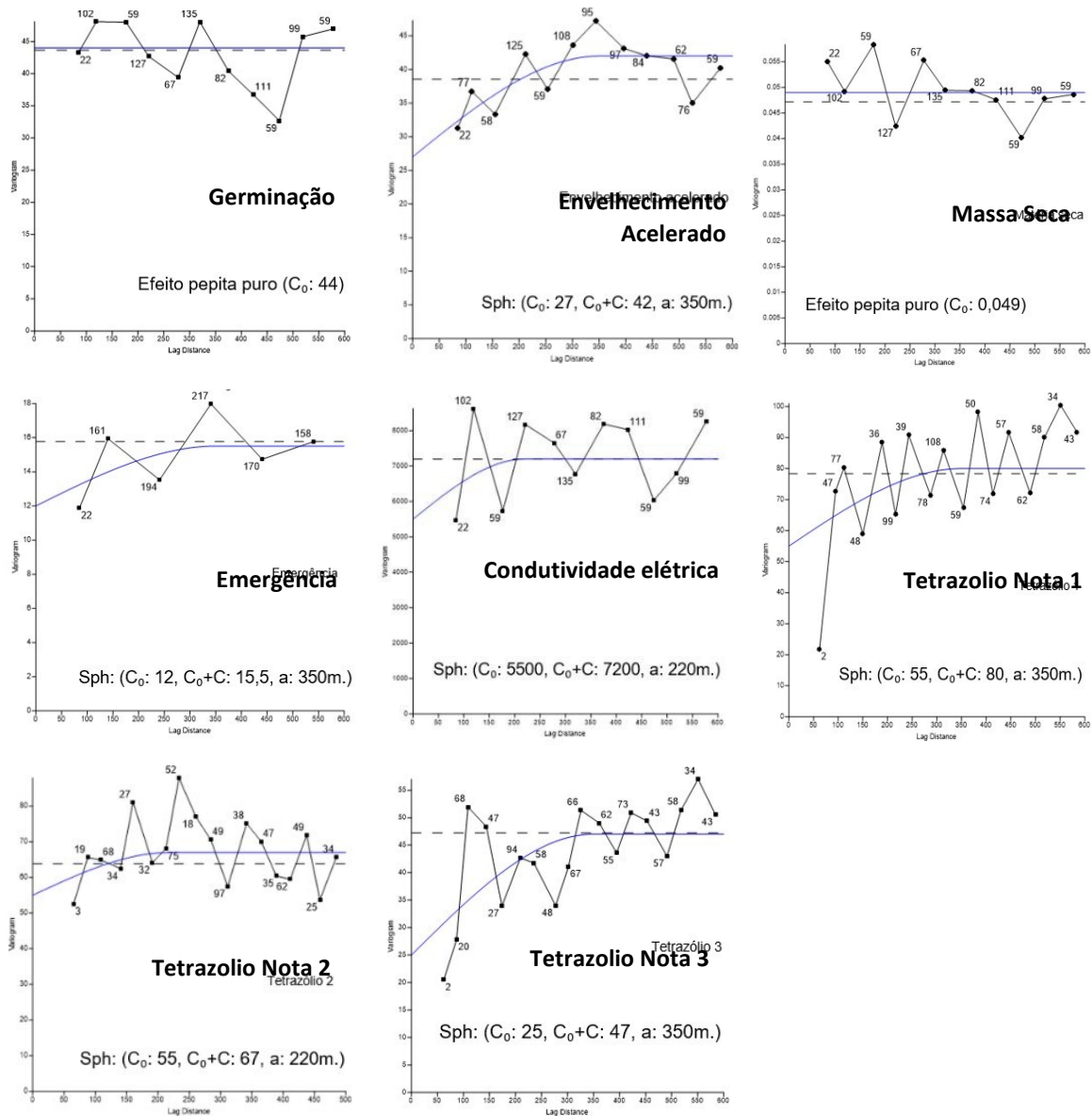


Figura 14: Semivariogramas experimentais para os atributos fisiológicos de sementes de soja.

É possível observar relação direta entre a germinação, envelhecimento acelerado, massa seca e emergência, com os menores valores (cor vermelha) alocados na parte superior esquerda do mapa (Figura 15). Observa-se também relação inversa entre esses atributos e a condutividade elétrica. Sementes com menor liberação de íons na solução de embebição são consideradas mais vigorosas e apresentam menor valor de condutividade elétrica. Portanto, há uma correlação negativa entre esse atributo, ou seja, enquanto um atributo está maior, o outro está menor e os demais testes como observado para a emergência ($r=-$

0,72), teste de tetrazólio 3 ($r=-0,60$), germinação ($r=-0,57$), envelhecimento acelerado ($r=-0,44$) e massa seca ($r=-0,38$) (Tabela 2).

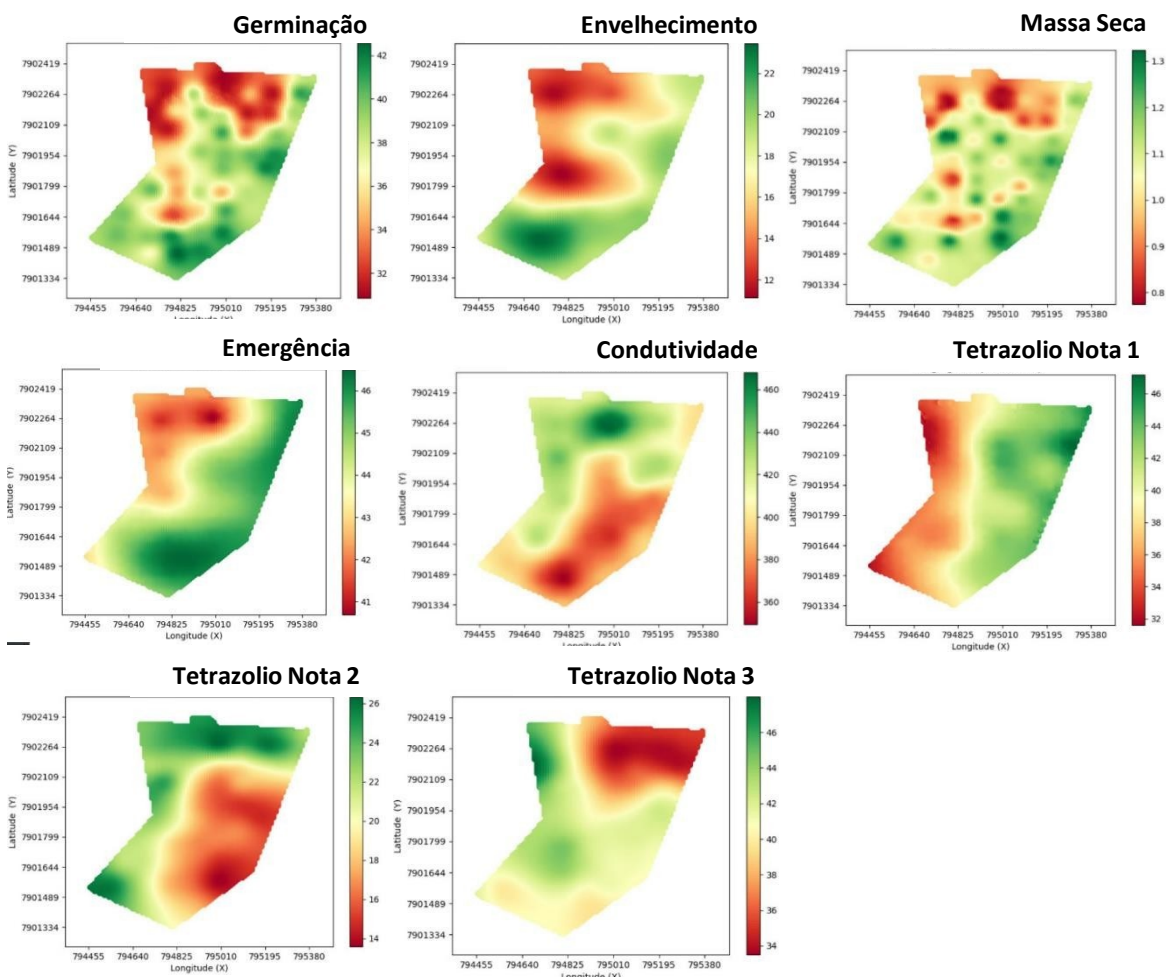


Figura 15: Mapas interpolados por krigagem para os atributos de qualidade de sementes de soja.

Houve relação positiva do envelhecimento acelerado com a germinação ($r=0,49$) e com a emergência ($r=0,68$), corroborando os resultados obtidos por Schuab *et al.*, (2006), ao apontarem maiores correlações entre o envelhecimento acelerado e esses testes de vigor. De acordo com Marcos Filho (1999) as sementes que possuem maior vigor e resistência ao estresse tendem a sofrer menos danos durante o envelhecimento acelerado. Quando semeadas têm maior probabilidade de germinar e estabelecer plantas saudáveis com taxas de emergência mais alta.

Para o teste do tetrazólio (TZ) houve correlação negativa do TZ1 com o TZ2 ($r=-0,65$) e com o TZ3 ($r=-0,45$), esta última parece ser mais evidente quando

visualizados os mapas (Figura 15). O TZ1 foi correlacionado também com a germinação ($r=0,57$) (Tabela 2). Para Schuab et al. (2006) esse resultado, apesar de focar diferentes aspectos de qualidade fisiológica das sementes, pode ser significativo por serem conduzidos com sementes pertencentes as mesmas amostras.

4. CONCLUSÕES

Há dependência espacial para os atributos fisiológicos vinculados ao envelhecimento acelerado, emergência, condutividade elétrica e tetrazólio das sementes de soja. Há menores distâncias espacialmente relacionadas para a condutividade elétrica e teste de tetrazólio com nota 2.

A análise espacial permite compreender melhor a interação entre os testes de vigor de sementes conduzidos, permitindo direcionar estratégias futuras de manejo.

REFERÊNCIAS

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo: Unisinos, 2003. 165 p.

ARANGO, M. R. et al. Description of the environmental damage on soybean seeds (Glycine Max (L.) Merrill). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 1, p. 133-141, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: Cnpso, 1987. 61 p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 21). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23236/1/Doc21.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

CHAVES, L. H. G., FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 211-218, 2009.

CORRÊA, M. F.; GADOTTI, G. I.; PINHEIRO, R. M. et al. Spatial variability of soil in soybean seed production and its yield components. **Diversitas Journal**. v.7, n. 2, p. 542-554. 2022.

DALLAGNOL, A. *et al.* **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: Saraiva, 2007. 12 p.

DALLAGNOL, A.; LAZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira**. Londrina: Dallagnol, F. 2010. 20 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/854125/1/CT74eletronica.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2023.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15 th ed. FEALQ, Piracicaba. 2009.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Vanessa Fuzinato Dall' Agnol, 2018. 24 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2023.

LIMA, T. C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (Triticum aestivum L.)**. 2005. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto

Agrônomo de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/pb1806303.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

LOPES, I. Z. C. **Manejos fitotécnicos aplicados em agricultura de precisão para maiores produtividades na cultura da soja**. 2021. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro Universitário de Goiás – Uni-Goiás, Goiás, 2021. Disponível em: <http://repositorio.anhanguera.edu.br:8080/bitstream/123456789/443/1/luhry%20Zedes%20-%20AGRO.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2023.

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

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A. 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.

MOLIN, J. P. (Org.). **Agricultura de precisão** - Boletim técnico: agricultura de precisão: números do mercado brasileiro. 3. ed. Piracicaba, 2017. 7 p. Disponível em: http://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2019/08/BT_3.pdf. Acesso em: 22 maio 2023.

MONDO, V. H. V. et al. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193- 201, 2012.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.306-310, 1998.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A; SCHUCH, L. O. B. Produção de Sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª ed. Pelotas: Ed. Universitária, 2012, cap. 1, p. 13-100.

SANTOS, M. E. P. **Qualidade de sementes de soja em zonas de manejo com diferente potencial produtivo**. 2021. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

SCHUAB, S. R. P. Universidade Estadual de Maringá (org.). **Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo**. Maringá, v. 28, n. 4, p. 1-9, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026571017.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2023.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA NETO, et. al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 553- 561, 2006.

SOUZA, G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F., Alvares, V. V. H., Schaeffer, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54.