

2021

# Temperaturas e períodos de embebição durante o teste de condutividade elétrica para análise do vigor de sementes de soja

Shinozaki, Guilherme Augusto

Universidade Estadual do Norte do Paraná

---

SHINOZAKI, Guilherme Augusto. Temperaturas e períodos de embebição durante o teste de condutividade elétrica para análise do vigor de sementes de soja. Orientadora: Cristina Batista de Lima. 2021. 41 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2021.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/341>

*Baixado de Repositório Institucional UENP*



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ  
*CAMPUS LUIZ MENEGHEL*  
**MESTRADO EM AGRONOMIA**

GUILHERME AUGUSTO SHINOZAKI

**TEMPERATURAS E PERÍODOS DE EMBEBIÇÃO DURANTE O TESTE DE  
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA ANÁLISE DO VIGOR DE SEMENTES DE  
SOJA**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL**

**2021**

GUILHERME AUGUSTO SHINOZAKI

**TEMPERATURAS E PERÍODOS DE EMBEBIÇÃO DURANTE O TESTE DE  
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA ANÁLISE DO VIGOR DE SEMENTES DE  
SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Agronomia da Universidade Estadual  
do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel.

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Batista de Lima

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL**

**2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

SS556t Shinozaki, Guilherme Augusto  
Temperaturas e períodos de embebição durante o teste de condutividade elétrica para análise do vigor de sementes de soja / Guilherme Augusto Shinozaki; orientadora Cristina Batista de Lima - Bandeirantes, 2021.  
41 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2021.

1. Glycine max (L.) Merr.. 2. Potencial fisiológico. 3. Germinação. 4. Análise de sementes . 5. Teste de vigor. I. Lima, Cristina Batista de , orient. II. Título.

GUILHERME AUGUSTO SHINOZAKI

**TEMPERATURAS E PERÍODOS DE EMBEBIÇÃO DURANTE O TESTE DE  
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA ANÁLISE DO VIGOR DE SEMENTES DE  
SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Agronomia da Universidade  
Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz  
Meneghel.

BANCA EXAMINADORA



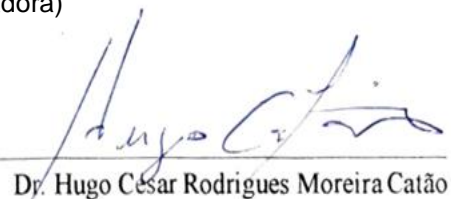
---

Profa. Dra. Cristina Batista de Lima  
(Orientadora)



---

Prof. Dr. Hatiro Tashima



---

Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado e iluminar em todos os momentos.

Aos meus pais Jorge Shinozaki e Ruth Aparecida Pedro Shinozaki, por todo suporte, apoio e carinho durante minha caminhada. À minha irmã Marcela Mayumi Shinozaki.

À minha orientadora Professora Dra. Cristina Batista de Lima, pelos ensinamentos, paciência e compreensão durante o mestrado.

Aos professores componentes da banca examinadora pela participação, sugestões e conselhos de melhorias no trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Análise de Sementes: Júlio César Altizani Júnior, Jean Vitor Coutinho e Victor Matheus Martins.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa do mestrado.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPAGRO) da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

**OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1 Importância Econômica.....	16
2.2 Testes de Vigor .....	16
2.3 Teste de Condutividade Elétrica (CE) .....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Percentuais médios do teor de água (TA) e dos testes de primeira leitura da germinação (PLG), germinação (GE), emergência de plântulas em substrato (EPS), em areia (EPA), a campo (EPC) e envelhecimento acelerado tradicional (EA) em diferentes lotes e cultivares de sementes de soja. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2021. ....26

**Tabela 2.** Valores médios do teste de condutividade elétrica realizado com três temperaturas e dois períodos de embebição, em diferentes lotes e cultivares de sementes de soja. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2021.....28

**Tabela 3.** Variação percentual (VP) entre as médias observadas nos testes de germinação (GE) e envelhecimento acelerado tradicional (EA), resultados obtidos no teste de condutividade elétrica 25 °C/24 horas e, classificação do vigor segundo as recomendações de Vieira et al. (2004) e Prado et al. (2019) de diferentes lotes e cultivares de sementes de soja. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2021.....30

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sequência hipotética da deterioração de sementes proposta por Delouche e Baskin (1973), conforme Marcos-Filho (2020) .....	16
--	----

SHINOZAKI, GUILHERME. A. **Temperaturas e períodos de embebição durante o teste de condutividade elétrica para análise do vigor de sementes de soja.** 2021. 35 f. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2021.

## RESUMO

O teste de condutividade elétrica é recomendado para se classificar lotes de sementes de soja, quanto ao vigor, porém, a temperatura e o período de embebição das sementes, durante a execução deste teste podem influenciar de modo significativo os resultados obtidos para amostras de sementes de mesmo lote fazendo com que o teste de condutividade elétrica, mesmo estando validado para análise de sementes de soja, ainda apresente limitações que precisam ser estudadas a fim de aprimorar procedimentos. Dessa maneira, o presente estudo teve por objetivo verificar a influência da temperatura e do período de embebição, utilizados no teste de condutividade elétrica sobre a classificação de lotes de sementes de soja, quanto ao vigor. Foram utilizados 19 lotes de sementes de soja das cultivares 64HO114, M6210, AS3730 e AS3680, isentos de tratamento fitossanitário. As sementes foram avaliadas quanto a determinação do teor de água, teste de germinação, primeira leitura do teste de germinação, teste de envelhecimento acelerado, testes de emergência de plântulas em substrato comercial, areia e no campo. O teste de condutividade elétrica foi conduzido com 75 ml de água deionizada e amostras de 50 sementes, utilizando-se como tratamentos três temperaturas (20 °C, 25 °C e 30 °C) e dois períodos de embebição (2 e 24 horas). O delineamento foi inteiramente casualizado com 4 repetições de 50 sementes de cada lote por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Os resultados verificados após 2 horas de embebição, nas três temperaturas não possibilitaram a separação dos lotes de sementes de soja em função do vigor, sendo todos os lotes classificados como de alto vigor. Após 24 horas de embebição e, em todas as temperaturas foi possível verificar diferenças entre os lotes quanto ao vigor, porém, a classificação dos lotes não correspondeu com a observada no teste de envelhecimento acelerado. Apesar dos fatores temperatura e período de embebição

terem influenciado os resultados do teste de condutividade elétrica, ficou evidenciado que existe um fator que exerce maior influência e, portanto, é imprescindível que ocorram novas pesquisas que incluam outros fatores não investigados no presente estudo.

**PALAVRAS-CHAVES:** *Glycine max* (L.) Merr. Potencial fisiológico. Germinação. Análise de sementes. Testes de vigor.

SHINOZAKI, GUILHERME. A. **Temperatures and imbibition periods during the electrical conductivity test to analyze the vigor of soybean seeds.** 2021. 35 f. Dissertation paper presented to the master's Program in Agronomy, the State University of North of Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2021.

## **ABSTRACT**

The electrical conductivity test is recommended to classify lots of soybean seeds, as to vigor, however, the temperature and the soaking period of seeds, during the execution this test can significantly influence the results obtained for seed samples of same batch causing the electrical conductivity test, even though is validated for soybean seed analysis, still presents limitations that need to study to improve procedures. The present study aimed to verify the influence of temperature and period of imbibition, used in electrical conductivity tests on classification of soybean seed lots, regarding the vigor. Nineteen soybean seed lots of cultivars 64HO114, M6210, AS3730 and AS3680 used, exempt from phytosanitary treatment. The seeds evaluated for water content determination, germination test, first reading of the germination test, accelerated aging, seedling emergence tests in commercial substrate, sand and in field. The electrical conductivity test conducted with 75 ml of deionized water and samples of 50 seeds, using three temperatures (20 ° C, 25 ° C and 30 ° C) and two imbibition periods (2 and 24 hours) as treatments. The design completely randomized with 4 replications of 50 seeds of each lot per treatment. The data obtained subjected to analysis of variance and means grouped by Scott-Knott test at 5%. The results verified after 2 hours of imbibition, in three temperatures did not allow separation of lots of soybean seeds according to vigor, being all the lots classified as of high vigor. After 24 hours of soaking and, at all temperatures, it is possible to verify differences between the lots as to vigor, however, the classification of lots did not correspond to observed in accelerated aging test. Although the factors of temperature and period of imbibition influenced the results of electrical conductivity test, it evidenced that there is a factor greater influence and,

therefore, it is essential that new research take place that include other factors not investigated in the present study.

**KEY WORDS:** *Glycine max* (L.) Merr. Physiological potential. Germination. Seed analysis. Vigor tests.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* (L.) Merr. é a aleuro-oleaginosa de maior consumo mundial, com relevante importância econômica e a principal commodities produzida no Brasil (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento estima-se a produção de 133,817 milhões de toneladas na safra 2020/2021 (CONAB, 2021). Considerando que a maioria das lavouras de soja no Brasil é conduzida em regime de sequeiro, estando sujeitas a ocorrência de déficit hídrico na instalação da cultura, o uso de sementes vigorosas é fundamental para assegurar o sucesso no estabelecimento da lavoura (KRZYZANOWSKI et al. 2018).

Sementes de alta qualidade e vigor possuem rápida germinação, emergência de plântulas uniformes e toleram condições de campo adversas (MARCOS-FILHO, 2015). Lotes de sementes com elevados percentuais de germinação podem demonstrar resultados distintos no campo ou no armazenamento, em função do nível de vigor de cada lote. As diferenças entre a germinação e o vigor de um lote de sementes ocorrem pelo fato de que, as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração, acontecem antes que sejam verificados declínios na capacidade germinativa (VIEIRA et al., 2002).

O vigor está relacionado a uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos que determinam respostas diferenciadas da semente durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, visto que a germinação é realizada em condições ideais de água, temperatura e luminosidade (BRASIL, 2009). Na avaliação do vigor, busca-se, mais que identificar um processo fisiológico específico, identificar manifestações do seu comportamento em campo ou durante o armazenamento. Deve-se salientar, contudo, que o vigor expressa um potencial e sua manifestação depende muito das condições ambientais (KRZYZANOWSKI et al., 2021).

O vigor das sementes é uma característica de maior complexidade que a germinação e fornece informações precisas para determinar o real potencial fisiológico de um lote de sementes. O vigor representa a manifestação de um conjunto de características que determinam a capacidade das sementes

apresentarem desempenho adequado, quando expostas a diferentes condições de ambiente (MARCOS-FILHO, 2020). A partir da maturidade fisiológica atingida no campo, a análise do vigor é imprescindível para o monitoramento da qualidade das sementes. Os testes de vigor foram desenvolvidos para detectar diferenças sutis entre lotes, que apresentam elevados percentuais de germinação, uma vez que o teste de germinação é conduzido seguindo as recomendações das regras para análise de sementes (BRASIL, 2009), que indicam as condições de ambiente ideal para cada espécie.

As empresas procuram por testes que sejam rápidos, eficientes e de fácil execução para garantir a qualidade comercial do lote de sementes que será disponibilizado ao produtor (MATTIONI et al., 2015). Os testes rápidos geralmente se baseiam na coloração dos tecidos vivos das sementes em função das alterações na atividade respiratória, na permeabilidade das membranas por meio da avaliação da condutividade elétrica do meio de embebição ou nas alterações no pH do exsudato, devido à liberação de metabólitos durante a embebição das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica são recomendados para se classificar lotes de sementes de soja, quanto ao vigor.

No teste de condutividade elétrica, os valores das leituras das soluções medem a intensidade da corrente elétrica, determinada pela quantidade de lixiviados, indicando o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de sementes, desse modo, quanto maiores os valores, menor o vigor das sementes (SILVA et al., 2014). Fatores importantes como a temperatura e o período de embebição das sementes, durante a execução do teste de condutividade podem influenciar de modo significativo os resultados obtidos para amostras de mesmo lote, analisadas em laboratórios diferentes, fazendo com que o teste de condutividade elétrica ainda não esteja padronizado, com metodologia específica para sementes de soja (CARVALHO et al., 2009). Além disso, outros fatores como o genótipo, tamanho e número de sementes, quantidade de água para avaliação dos eletrólitos, desorganização da membrana e fase da deterioração das sementes também podem influenciar os valores da condutividade elétrica.

A temperatura de 25 °C é recomendada para a embebição das sementes durante o teste de condutividade elétrica, entretanto a duração do período de embebição das sementes varia. Em relação a avaliação de sementes de soja, Dias e Marcos-Filho (1996) relataram que lotes mais vigorosos puderam ser diferenciados após seis horas de embebição, enquanto, lotes menos vigorosos foram diferenciados em períodos variando de 18 a 24 horas. Segundo Carvalho et al. (2009), o aumento da temperatura pode reduzir o período de embebição. Estes autores concluíram que sob temperaturas de 32 e 40 °C, o período de 10 minutos de embebição é suficiente para possibilitar a separação dos lotes de sementes de soja, quanto ao vigor. Silva e Villela (2011), utilizaram a temperatura de 20 °C durante 24 horas, enquanto Martins et al. (2016) adotou a temperatura de 25 °C no mesmo período de embebição. Entretanto, Catão e Caixeta (2019), recomendaram os períodos de 30 e 60 minutos de embebição sob as temperaturas de 30 °C e 35 °C.

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo verificar a influência da temperatura e do período de embebição, utilizados no teste de condutividade elétrica sobre a classificação de lotes de sementes de soja, quanto ao vigor.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importância Econômica**

O complexo agroindustrial da soja no Brasil, apresenta produtividade comparável a outros países e, pode-se desenvolver ainda mais com a exploração de novas áreas (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014). A soja será a cultura com maior índice de expansão, substituindo principalmente áreas de pastagens e onde há terras disponíveis para o plantio, podendo aumentar cerca de 9,7 milhões de hectares nos próximos 10 anos, chegando a ultrapassar a barreira de 46,6 milhões de hectare em 2030 (MAPA, 2020).

Estima-se que a produção da safra 2020/2021 de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento será de 133,817 milhões de toneladas em uma área plantada de 38.461,5 milhões de hectares, obtendo a produtividade de 3.513 Kg/ha (CONAB, 2021). A projeção segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é alcançar a produção de 156,5 milhões de toneladas em 2029/2030, representando um acréscimo de aproximadamente 30,1% em relação à safra 2020/2021, mas o percentual relativamente fica abaixo do crescimento dos últimos 10 anos, que foi de 60,0% (MAPA, 2020).

O complexo agroindustrial da soja gerou cerca de 119,5 bilhões de reais em 2020, representando cerca de 1/3 de todo o arrecadamento do agronegócio brasileiro (MAPA, 2020). O fator de maior importância foi o farelo de soja, que no ano de 2020 produziu 36.021.000 de toneladas, com um aumento de 7,5% em relação à produção do ano anterior. O setor de óleo vegetal para alimentação humana produziu 9.557.000 toneladas (ABIOVE, 2020).

### **2.2 Testes de Vigor**

Os testes de vigor utilizados para avaliar o potencial fisiológico são fundamentais para a avaliação da qualidade de sementes, fornecendo informações da capacidade de desenvolvimento de plântulas, sob diferentes condições ambientais, e à seleção de lotes para comercialização (MARCOS-FILHO, 2015). Segundo a International Seed Test Association (ISTA), o termo vigor está associado ao conjunto de propriedades, atuantes no desempenho e

atividade de lotes de sementes, que sob uma ampla variação das condições ambientais, garantem germinação aceitável (ISTA, 2015).

Os valores do teste de germinação, segundo Finch-Savage e Bassel (2016), não podem ser extrapolados para o campo, já que, o mesmo é realizado em condições ideais, fatores essenciais que em certos casos não são encontrados no campo. O vigor é o conceito mais adequado e assertivo para estimar a taxa de germinação, uniformidade e crescimento das plantas (ZHANG, 2015). A utilização de sementes com alto vigor pode auxiliar os produtores a alcançar melhores rendimentos nas safras, promovendo a germinação rápida e uniforme das sementes além de garantir a densidade ideal no campo (HATZIG et al. 2015). Segundo Carneiro et al. (2020) lotes vigorosos favorecem os aspectos fisiológicos da semente, além de promover os estádios iniciais, proporcionam o aumento da produtividade em até 30% na comparação com lotes menos vigorosos.

Os testes de vigor são desenvolvidos e utilizados para entender o comportamento da semente em relação ao processo de vigor. No entanto, independente da exposição às condições de estresse, a qualidade inicial da semente é o fator principal, exercendo influência na dinâmica da redução do potencial fisiológico e a caracterização do alto e baixo vigor (FINCH-SAVAGE e BASSEL, 2016). Desse modo, sementes que apresentam percentuais de germinação próximos podem apresentar níveis de vigor diferentes, portanto, os testes de vigor são fundamentais para a compreensão da qualidade fisiológica, atuando principalmente na tomada de decisão sobre a finalidade de lotes de sementes com germinação semelhante. A intensidade e a velocidade da deterioração variam com a espécie, variedade, entre lotes de sementes de uma mesma variedade, entre sementes de um mesmo lote e até de uma mesma embalagem e entre as diferentes estruturas das sementes. Em sementes de leguminosas (Fabaceae), as regiões mais sensíveis são os pontos de crescimento do embrião, como epicótilo e radícula (KRZYZANOWSKI et al., 2021).

O processo de deterioração é influenciado por vários fatores como a herança genética, o teor de água e a temperatura do ambiente onde as sementes

ficam armazenadas que podem provocar alterações fisiológicas, físicas e bioquímicas, acarretando na redução do vigor ou em casos mais severos a morte das sementes (MARCOS-FILHO e FRANÇA-NETO, 2017). A desorganização das membranas celulares é a primeira manifestação do processo de deterioração. No início, ocorre a perda de partes da estrutura da membrana, decorrentes da peroxidação dos fosfolipídios presentes na sua constituição. Em seguida, com o aumento da deterioração e a liberação de solutos, as funções do metabolismo da semente ficam comprometidas, podendo atuar na redução da velocidade da germinação, aumentando a sensibilidade às condições de estresse, armazenamento e em casos mais severos a total degradação da membrana, perdendo sua integridade e função (KRZYZANOWSKI et al., 2021).

O armazenamento é um dos principais pilares para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, para isso, o monitoramento periódico durante o armazenamento e antes da comercialização é fundamental. Para minimizar o dano causado pelo armazenamento, as empresas realizam análises durante todo o beneficiamento da semente. O sistema de controle de qualidade usado pelas empresas deve ser rápido, dinâmico e eficaz, além de estar intimamente ligado às etapas de todo o sistema de produção, a fim de verificar e efetivar a qualidade fisiológica das sementes (FRANÇA-NETO, 2010). Fatores como o alto teor de água das sementes e alta temperatura merecem atenção especial durante esse período, assim como o monitoramento frequente dos lotes, pois teores acima de 13,5% aceleram o processo de deterioração da semente (HENNING, 2005).

Na rotina laboratorial das empresas de sementes, o teste de envelhecimento acelerado é utilizado para estimar do real potencial fisiológico da semente de soja durante o armazenamento, devido o fato de ser o único teste de vigor padronizado para semente de soja, porém outros testes como a condutividade elétrica, tetrazólio, emergência de plântula em areia e no solo, podem ser empregados para verificar a qualidade fisiológica no armazenamento e antes da comercialização (MARCOS-FILHO, 2020). Na comparação entre os testes, a condutividade elétrica possui a vantagem de ser rápido e de fácil instalação (CARVALHO et al., 2009), mas segundo Cheng et al. (2005), deve-se tomar cuidado para os riscos de subestimação do vigor de sementes de com

qualidade fisiológica elevada. Nessa fase, é realizado os dois testes exigidos pela legislação que são o teste de germinação e a pureza física e varietal, ambos os testes devem ser feitos antes da disponibilização da semente ao mercado, para que o produtor de semente conheça em profundidade a qualidade do produto no momento da entrega (FRANÇA-NETO, 2010),

Segundo Marcos-Filho (2020), após a semente atingir sua maturação fisiológica, inicia-se o processo de deterioração, a partir desse ponto torna-se irreversível a perda do vigor das sementes, podendo até causar a perda total do poder germinativo, fator base no desenvolvimento dos testes de vigor. Nessa situação, testes que avaliam indiretamente a permeabilidade do sistema de membranas celulares, como o de condutibilidade elétrica, seriam mais sensíveis, pois a desorganização do sistema de membrana é o primeiro evento da deterioração, conforme a sequência hipotética proposta por Delouche e Baskin (1973), apresentada na Figura 1.

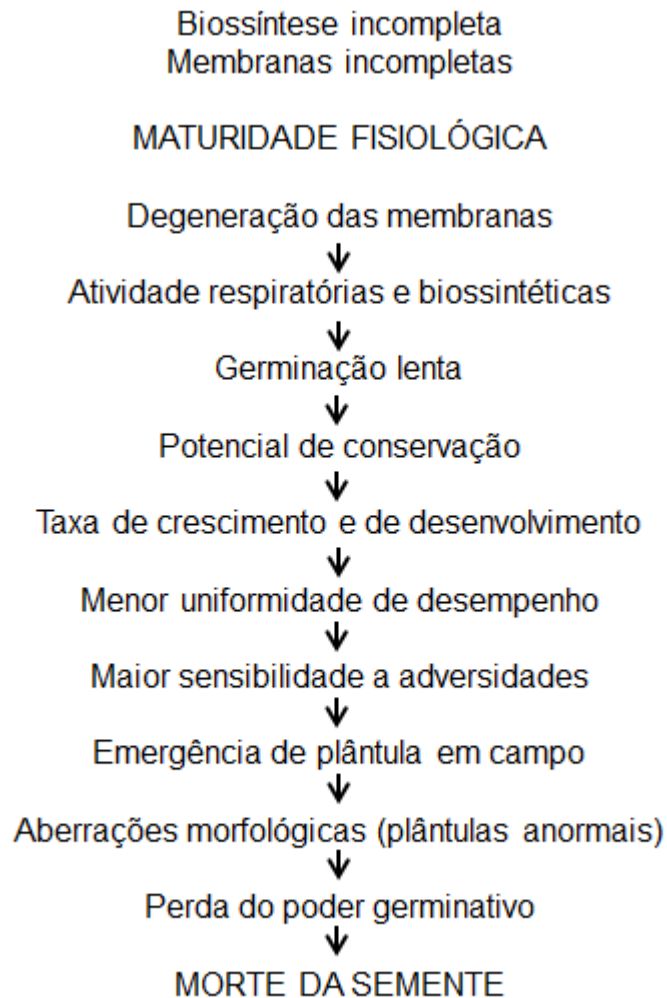


Figura 1. Sequência hipotética da deterioração de sementes proposta por Delouche e Baskin (1973), conforme Marcos-Filho (2020).

Os testes de vigor foram agrupados em testes que avaliam os danos dos sistemas básicos biológico-bioquímicos como o teste de condutividade elétrica; testes que avaliam a velocidade e intensidade das atividades e respostas fisiológicas como o teste de velocidade de germinação, emergência de plântulas e, os testes que avaliam mudanças na resistência ou tolerância a condições de estresse, como o teste de envelhecimento acelerado (DELOUCHE, 2002).

O teste de envelhecimento acelerado (EA) está padronizado para análise do vigor de sementes de soja, sendo recomendado pela International Seed Testing Association. Este teste avalia o nível de tolerância das sementes às condições

de umidade relativa (100%) e temperatura (41 a 45°C) durante 48 horas, estabelecendo que as amostras de sementes de maior vigor apresentam germinação superior, após este procedimento. Marcos-Filho (2013) afirma que este é o único teste que há possibilidade da utilização de parâmetros que indicam adequação nos procedimentos adotados, fato essencial para sua padronização. O envelhecimento acelerado é relevante na abordagem da intensidade e velocidade de deterioração, além de analisar durante o período do teste o efeito da rápida absorção de água, intensificando o processo de deterioração e consequentemente proporcionar menores percentuais de germinação (ARNDT, 2019). Desse modo, lotes que apresentam menor vigor obtêm acentuada redução no percentual de germinação, após o envelhecimento acelerado, enquanto os lotes mais vigorosos, mantêm a capacidade de originar plântulas normais (MARCOS-FILHO et al., 2020).

O princípio do teste do envelhecimento acelerado considera que a taxa de deterioração das sementes é intensificada significativamente após sua exposição a temperatura e umidade relativa elevadas, os fatores ambientais de maior influência na intensidade e velocidade de deterioração, simulando condição inadequada para o armazenamento de sementes. Durante o envelhecimento, as sementes são mantidas em ambiente úmido (umidade relativa do ar próxima a 100%), absorvem vapor de água e são estressadas pela ação da temperatura elevada, à medida que as sementes são umedecidas. O decréscimo do potencial de armazenamento (Figura 1) seria a segunda manifestação fisiológica da deterioração (após a redução da velocidade de germinação) e, portanto, o teste de envelhecimento acelerado pode ser considerado como um dos mais sensíveis para avaliação do vigor (MARCOS-FILHO, 2020).

O teste de emergência a campo demonstra a real influência da sensibilidade de sementes viáveis as adversidades do campo, além de ter seu efeito potencializado de acordo com o seu grau de deterioração, refletindo nos resultados obtidos na avaliação do seu potencial fisiológico. Portanto, o reconhecimento dos testes de vigor que condizem com o desempenho em campo possibilita analisar a influência sobre o comportamento após a semeadura (WENDT, 2017). As sementes consideradas mais vigorosas,

possuem o potencial de se estabelecer de maneira mais rápida e uniforme em condições de campo. De acordo com Nascimento et al. (2011), esse fator representa um pré-requisito fundamental para alcançar um estande adequado, garantindo maiores produtividades. Segundo Vieira e Krzyzanowski (1999), os resultados do teste de emergência de plântulas estão intimamente relacionados com os do teste de condutividade elétrica, onde à medida que aumenta o percentual de plântulas no teste de emergência, diminui o valor da condutividade elétrica em sementes de soja. Além disso, a relação entre os resultados da condutividade elétrica (CE) e de emergência de plântula (EP) em campo indica que, por meio da CE, pode-se estimar o desempenho de plântulas de soja em campo, dependendo das condições climáticas (temperatura e precipitação) predominantes por ocasião da semeadura e do nível de vigor dos lotes utilizados.

### **2.3 Teste de Condutividade Elétrica (CE)**

O teste de CE foi proposto por Fick e Hibbard em 1925, quando associaram a baixa germinação de sementes de capim timóteo ao aumento da liberação de solutos, durante a embebição. Em 1928, Hibbard e Miller relataram resultados promissores para o teste de CE em sementes de milho, trigo, ervilha e feijão. O princípio deste teste estabelece que sementes com menor vigor apresentam maior nível de deterioração da membrana celular durante a embebição e, em consequência, liberam maiores quantidades de solutos como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons orgânicos (THORNTON et al., 1990).

O teste de condutividade elétrica tem sido reconhecido como eficiente para avaliar o vigor de sementes de diversas espécies (MARCOS-FILHO, 2015). A liberação inicial de eletrólitos é intensa tanto pelas sementes intactas e vigorosas como pelas danificadas, tornando difícil a identificação de possíveis diferenças de qualidade entre os lotes, logo no início da embebição. Com o decorrer deste processo, contudo, a quantidade de exsudatos liberados pelas sementes vigorosas vai se estabilizando, devido, principalmente, à reorganização das membranas (ROSA et al., 2000). Os testes que se baseiam na integridade dos

sistemas de membranas, como a condutividade elétrica, são indicados para detectar o processo de deterioração das sementes em sua fase inicial. Quanto maior a velocidade de restabelecimento da integridade das membranas, menor será a quantidade de lixiviados liberados para o meio externo e, conseqüentemente, maior o vigor da semente (MARCOS-FILHO, 2015).

A semente de soja é muito suscetível á apresentar danos mecânicos, que podem ser obtidos na colheita mecanizada, principalmente na operação de trilha na colheita mecanizada e durante a operação de beneficiamento, devido ao impacto sofrido pelas sementes no processo, transporte inadequado, número excessivos de quedas e utilização de elevadores desajustados ou inadequados para semente (FRANÇA-NETO et al., 2016). Além disso, o dano mecânico pode estar atrelado com o teor de água das sementes, onde conteúdos abaixo de 12% possuem maior chance de apresentar danos mecânicos imediatos como fissuras, rachaduras e quebras (FRANÇA- NETO et al., 1998). Dessa maneira, os danos sofridos pela semente podem influenciar diretamente o resultado do teste de condutividade elétrica, aumentando principalmente o grau de injúria na membrana celular, e conseqüentemente maior quantidade de eletrólitos lixiviados em detrimento a baixa estabilidade da membrana (VIEIRA et al., 1996).

O aprimoramento da metodologia do teste de CE, para sementes de soja, tem permitido a identificação de fatores que interferem significativamente nos resultados obtidos como, teor de água inicial e tamanho das sementes (Vieira et al., 1996). A duração do período de embebição das sementes tem efeito marcante na capacidade do teste de CE distinguir diferenças de vigor entre lotes. Os testes de CE têm sido realizados com 24 horas de condicionamento, por se tratar de um período adequado para a rotina normal dos laboratórios de análise de sementes. Entretanto, a rapidez na obtenção das informações tem sido pesquisada, como fator fundamental para a dinamização dos programas de controle de qualidade interno nas empresas produtoras de sementes. Com o propósito de fácil execução, rapidez e ter possibilidade de ser padronizado como exame de rotina, o teste de condutividade elétrica se destaca dentre os demais teste de vigor (LEMES et al., 2015).

Neste contexto, Loeffler et al. (1988) apesar de verificarem que 6 horas de embebição foram suficientes para identificar lotes de sementes de soja com

níveis extremos inferiores de vigor, alertaram que diferenças menos acentuadas entre os lotes, somente foram detectadas por um período mais longo de embebição (18 a 24 horas). Dias e Marcos-Filho (1996), observaram que a partir de quatro horas foi possível identificar lotes de sementes de soja com diferenças de vigor contrastantes, enquanto pequenas diferenças de vigor somente foram detectadas entre 16 a 20 horas de embebição.

Os maiores valores de lixiviação corresponderam às menores porcentagens de plântulas normais, mostrando ser esse um bom indicador do potencial fisiológico de sementes de soja, os quais se verificam que maiores valores de lixiviação de solutos corresponderam às menores porcentagens de plântulas normais (Dias e Marcos-Filho, 1996). Tentativas foram realizadas para estabelecer valores referência para diferenciar o vigor de lotes de diferentes espécies. Por exemplo, Matthews e Powell (1981) consideram que resultados inferiores a 25  $\mu\text{mho/cm/g}$  indicavam alto vigor e superiores a 44  $\mu\text{mho/cm/g}$  eram associados ao baixo vigor em sementes de ervilhas e correspondiam a lotes inadequados para semeadura no campo. Por outro lado, Vieira et al. (2004) destacam que as leituras inferiores a 70  $\mu\text{mho/cm/g}$  identificam amostras de soja com alto vigor e, as superiores de 100  $\mu\text{mho/cm/g}$ , as de baixo vigor.

Os valores do teste de CE são expressos em  $\mu\text{mhos/cm/g}$  ou  $\mu\text{S/cm/g}$ , para sementes de soja, Vieira (1994) observaram que valores variando entre 60 e 70  $\mu\text{S/cm/g}$  foram considerados de alto vigor, enquanto, valores variando de 70 a 80  $\mu\text{S/cm/g}$  foram de médio vigor, para as cultivares estudadas. Conforme Prado et al. (2019) valores até 70  $\mu\text{S/cm/g}$  são considerados de alto vigor; de 71 a 90 vigorosos; de 91 a 110 de médio e, acima de 111 são de baixo vigor.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel (UENP-CLM), Bandeirantes/PR. Foram utilizados sete lotes da cultivar 64HO114 e das cvs M6210, AS3730 e AS3680 foram utilizados quatro lotes de cada cv. As

sementes foram obtidas sem tratamento químico, de uma empresa do ramo de produção de sementes de soja.

As sementes foram submetidas às avaliações de Determinação do teor de água (TA): pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas, com duas amostras de 10 g de sementes de cada lote/cv (BRASIL, 2009). Teste de germinação (GE): conduzido com 4 repetições de 50 sementes para cada lote/cv, distribuídas de forma equidistante em rolos de papel filtro, com duas folhas na parte inferior e uma na superior, as folhas de papéis foram previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e, mantidos em câmara germinativa sob temperatura constante de 25 °C. As avaliações ocorreram ao quinto e oitavo dia após a instalação, contabilizando o número de plântulas normais, conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e transformado em porcentagem. Primeira leitura do teste de germinação (PLG), realizado juntamente com o teste de germinação, registrando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após a instalação.

Teste de emergência de plântulas em substrato (EPS): com 4 repetições de 36 células de cada lote/cv, semeadas em bandejas de polietileno (totalizando 144 células/bandeja), preenchidas com substrato comercial MecPlant®, semeando-se 1 semente por célula. As bandejas foram mantidas sob estufa plástica modelo do tipo arco, sendo irrigadas diariamente a no período da manhã e à tarde, até obtenção do ponto de escoamento. A avaliação ocorreu quatorze dias após a semeadura, contabilizando o número de plântulas normais emersas com folhas cotiledonares expandidas. Teste de emergência de plântulas em areia (EPA): instalada simultaneamente e seguindo a mesma metodologia do teste de Emergência de plântula, mas substituindo o substrato comercial por areia, padronizada através de uma peneira de 0,8mm, eliminando resíduos igual ou superior a essa medida, além de estar livre de sementes, a avaliação assim como na emergência no substrato ocorreu quatorze dias após a instalação, (BRASIL, 2009). Teste de emergência de plântulas no campo (EPC): inicialmente foram feitos os preparos da área como capina manual e a formação do sulco de plantio, em seguida foi realizada a semeadura manual com uma linha de quatro repetições de 50 sementes para cada cv/lote a uma profundidade de

1 centímetro, sob um distanciamento de aproximadamente 3 centímetros/semente, 20 centímetros/repetição e 50 centímetros/linha. A irrigação foi realizada diariamente no período da manhã e à tarde com auxílio de irrigador de 10 litros/linha. As avaliações ocorreram diariamente após a instalação, onde foram contabilizadas as plântulas normais emersas com folhas cotiledonares expandidas, onde a avaliação ocorreu quatorze dias após a instalação.

Teste de envelhecimento acelerado (EA): foi efetuado com o pré-condicionamento das sementes, utilizando caixas plásticas transparentes (gerbox). Para cada lote/cv foram contadas 220 sementes colocadas em telas de alumínio, fixados dentro do gerbox sobre uma lâmina de água de 40 mL, sendo mantidas em câmara de germinação durante o período de 48 horas a uma temperatura de 41°C constante. Após o término, o recipiente com 220 sementes foi submetido ao teste de germinação, instalado com 4 repetições de 50 sementes para cada lote/cv, distribuídas de maneira equidistante em rolos de papel filtro, com duas folhas na parte inferior e uma na superior, as folhas de papéis foram previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e, mantidos em câmara germinativas sob temperatura constante de 25 °C. Da mesma maneira ocorreu com teor de água do envelhecimento acelerado, na qual, foi pesado 10 g de sementes que após o período de pré-condicionamento os recipientes passaram pelo processo padrão pelo método da estufa a  $130 \pm 3$  °C por 1 hora, com duas amostras de 10 g de sementes de cada lote/cv (MARCOS-FILHO et al., 2009).

Teste de condutividade elétrica (CE): avaliado com 4 repetições de 50 sementes para cada lote/cv, inicialmente pesadas em balança de precisão de 0,0001 g, e posteriormente colocadas em copos plásticos (200 mL) com 75 mL de água deionizada, mantidos em câmara de germinação nas 20 °C, 25 °C, 30 °C por 2 e 24 horas. Para a análise de cada copo, as células do condutivímetro foram limpas com água deionizada, além de inicialmente ser calibrado utilizando a solução de cloreto de potássio a 146,9  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ . A condutividade elétrica da solução foi determinada com condutivímetro de bancada, sendo que o resultado de cada repetição ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi dividido pelo peso inicial da amostra (g), portanto, os valores de CE para cada lote foram apresentados em  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  de semente.

Os resultados do teste de CE foram comparados com os parâmetros de classes de vigor indicados por Vieira (1994), Vieira et al. (2004) e Prado et al. (2019), conforme descrito a seguir:

Classes de vigor	Vieira (1994)	Vieira et al. (2004)	Prado et al. (2019)
Muito alto	-----	-----	< 70
Alto	60 - 70	60 - 70	71 - 90
Médio	71 - 80	71 - 99	91 - 110
Baixo	> 81	> 100	> 111

O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados originais foram submetidos à análise de variância e, as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. As análises foram realizadas com o software estatístico Sisvar<sup>®</sup> (FERREIRA, 2019)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de soja variou entre 4,2 a 9,4% (Tabela 1), indicando que as sementes estavam armazenadas com graus de umidade adequados. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), às sementes de soja devem apresentar umidade situada numa faixa entre 9 a 11%, pois, valores acima de 14% podem acarretar danos devido a deterioração por umidade. Conforme Bortoli (2017), quando o teor de água é igual ou inferior a 12% ocorre redução significativa no metabolismo das sementes de soja, auxiliando na manutenção da viabilidade e no aumento do período de armazenamento.

Os testes de PLG, GE, EP e EA classificaram os lotes de sementes de soja, em diferentes níveis de viabilidade e vigor, conforme a finalidade de cada teste, entretanto, a ordem em que os lotes foram classificados variou conforme o teste (Tabela 1). Os testes de PLG, GE e os de EP classificaram o lote 5 da cv. 64HO114 e o lote 4 da cv. M6210 entre os de melhor potencial fisiológico, porém, o EA agrupou estes lotes entre os de menor vigor (Tabela 1). Martins et al. (2016) destaca importância da utilização do teste de emergência em campo na comparação com os testes de vigor, pois seu resultado serve de referência, já que apresenta as condições reais enfrentadas pelas sementes. Os lotes 1 e 2 da cv. AS3730, classificados como sendo de alta viabilidade nos testes de PLG e GE, não mantiveram a melhor classificação nos testes de EP e EA. Segundo Marcos-Filho (2013), os trabalhos propostos para avaliação do vigor estão associados, principalmente com as condições ambientais.

Este resultado, reafirma a importância da adoção de um teste de vigor na rotina dos laboratórios de análise de sementes de soja, pois, nem sempre lotes de maior viabilidade, correspondem aos de maior vigor. Lotes que apresentam alta viabilidade, ou seja, elevado percentual de germinação podem ter desempenho diferente em outros testes, dependendo da intensidade do estresse e da condição do nível de vigor. Quanto maior o desvio em relação às condições favoráveis do ambiente, menor a probabilidade da associação dos resultados dos testes de vigor e emergência em campo (MARCOS-FILHO, 2013).

Na cv. M6210 os lotes 1, 2 e 3 apresentaram menor percentual de germinação permanecendo abaixo dos 80% exigidos pelo MAPA (2013) nos testes de PLG e GE, e menor desempenho no teste de EA (Tabela 1). Este resultado confirma que lotes de menor viabilidade geralmente possuem menor vigor. Marcos-Filho (2015), explicou que isto ocorre porque quando as sementes perdem a viabilidade significa que elas se encontram em um avançado estágio de deterioração, onde ocorre a perda da capacidade germinativa e morte da semente. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), por se tratar de uma contagem de plântulas normais obtidas de um teste padrão de germinação, a primeira leitura da germinação pode ser analisada como um teste de vigor. No teste de primeira leitura da germinação, as sementes que germinam mais rapidamente, isto é, possuem maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação são classificadas, como de maior vigor (MARCOS-FILHO, 2015).

Tabela 1 - Percentuais médios do teor de água (TA) e dos testes de primeira leitura da germinação (PLG), germinação (GE), emergência de plântulas em substrato (EPS), em areia (EPA), a campo (EPC) e envelhecimento acelerado tradicional (EA) em diferentes lotes e cultivares de sementes de soja. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2021.

Cultivar	Lote	TA	PLG	GE	EPS	EPA	EPC	EA
64HO114	1	9,4	79,0 b	80,5 b	72,9 b	63,2 a	87,0 a	6,5 d
	2	9,2	88,5 a	89,5 a	77,8 b	75,0 a	76,0 b	0,0 d
	3	7,9	79,5 b	84,0 b	88,9 a	44,5 b	77,5 b	4,0 d
	4	4,8	86,5 a	93,5 a	81,9 a	77,8 a	90,0 a	77,5 a
	5	4,9	85,5 a	92,5 a	91,0 a	78,5 a	86,0 a	11,5 d
	6	4,2	77,0 b	81,0 b	75,7 b	70,8 a	91,5 a	65,0 b
	7	4,6	84,5 a	91,5 a	59,0 c	49,3 b	87,5 a	33,5 c
CV (%)			7,1	6,0	13,1	27,6	4,5	22,4
M6210	1	5,2	0,0 c	68,5 b	91,0 a	67,4 a	69,5 b	0,0 b
	2	5,1	3,0 c	70,0 b	91,0 a	68,8 a	69,0 b	4,5 b
	3	5,0	12,0 b	57,0 c	73,6 b	22,9 b	65,0 b	22,5 a
	4	5,1	85,0 a	94,0 a	94,4 a	68,1 a	78,0 a	9,5 b
CV (%)			18,8	13,9	8,1	23,9	4,1	57,4
AS3730	1	5,2	90,0 a	95,0 a	32,0 b	68,8 b	52,0 b	24,0 b
	2	6,2	83,5 a	93,5 a	51,4 b	70,1 b	51,5 b	21,5 b
	3	6,8	91,0 a	93,5 a	79,2 a	87,5 a	65,0 a	37,5 a
	4	6,7	95,5 a	98,0 a	76,4 a	84,0 a	68,0 a	53,5 a
CV (%)			5,8	4,0	22,9	13,2	4,8	32,3
AS3680	1	6,2	85,0 a	93,0 a	89,6 a	86,1 a	2,0 a	32,0 a
	2	5,9	96,5 a	98,0 a	89,6 a	89,6 a	81,5 a	34,0 a
	3	5,4	93,5 a	97,0 a	91,0 a	88,2 a	72,0 a	43,5 a
	4	6,1	95,0 a	98,5 a	82,6 a	84,7 a	73,0 a	21,5 a
CV (%)		--	8,5	8,2	6,8	9,9	5,7	33,5

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, dentro da cultivar, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%; CV = coeficiente de variação.

As leituras da CE sofreram maior influência do período de embebição em relação a temperatura, observando-se maiores valores de CE nas medições realizadas após 24 horas de embebição (Tabela 2). O período de embebição por 2 horas não foi adequado, pois os resultados permaneceram entre 25,0 a no máximo 49,1  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ , independente da temperatura utilizada. Deste modo, todos os lotes analisados são classificados como de alto vigor, pois de acordo com Vieira et al. (2004) leituras inferiores a 70  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  identificam amostras de soja com alto vigor.

Nos resultados obtidos após 24 horas de embebição observou-se que o número de lotes classificados como sendo de baixo vigor aumentou de acordo com o acréscimo da temperatura (Tabela 2). Quando se utilizou 20 °C/24 horas 3 lotes foram classificados como sendo de alto vigor, 9 lotes de médio e 7 lotes de baixo vigor. Na temperatura de 30 °C nenhum lote foi classificado como de alto vigor, 3 lotes foram classificados como de médio e 16 lotes como de baixo vigor.

Na temperatura de 25 °C, que é a de uso geral recomendado para a condução do teste de CE, um lote foi classificado como de alto vigor, 8 lotes como de médio vigor e 10 lotes como de baixo vigor, considerando-se o critério recomendado por Vieira et al. (2004), no qual resultados de CE superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ , indicam lotes de baixo vigor. Na comparação entre os dois períodos de avaliação, quanto maior o tempo de contato entre a semente e a solução, maior será a troca dos íons. Segundo Carvalho et al. (2009), o aumento da temperatura do teste de condutividade elétrica, possibilita a antecipar a separação dos lotes analisados em relação ao seu vigor, além de verificar a estabilidade dos resultados de acordo com o aumento do período de embebição. Para Wendt (2015) a correspondência entre os resultados de diferentes testes de vigor aumenta, quando se comparam testes que utilizam condições potencialmente capazes de provocar estresses, semelhantes aos que ocorrem quando as circunstâncias de campo são desfavoráveis.

Tabela 2. Valores médios do teste de condutividade elétrica realizado com três temperaturas e dois períodos de embebição, em diferentes lotes e cultivares de sementes de soja. UENP/CLM, Bandeirantes-PR. 2021.

Cultivar	Lote	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ )					
		2 Horas			24 Horas		
		20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
64HO114	1	33,6	31,5	33,0	63,2	75,6	71,5
	2	34,9	34,2	34,4	61,9	61,7	78,1
	3	36,9	35,9	35,4	74,7	81,0	107,2
	4	40,8	39,0	40,5	92,6	90,4	129,7
	5	40,3	38,1	40,6	101,9	100,6	141,7
	6	43,5	42,4	42,4	107,2	116,2	144,9
	7	39,7	38,8	39,1	89,1	98,8	108,6
M6210	1	40,0	38,8	40,4	100,6	94,0	121,1
	2	36,9	36,2	37,0	99,8	108,3	133,5
	3	42,5	40,6	44,9	169,0	186,3	225,6
	4	37,9	37,2	38,0	95,4	96,7	111,1
AS3730	1	40,3	42,1	42,6	141,9	170,7	196,9
	2	49,1	49,0	48,4	147,2	192,9	205,9
	3	34,9	38,2	39,3	101,0	124,2	132,3
	4	36,0	36,2	35,9	99,1	110,2	132,0
AS3680	1	28,9	32,0	25,8	79,6	100,7	119,2
	2	25,0	25,9	35,4	63,8	65,5	84,9
	3	33,6	34,4	35,3	93,1	99,2	112,1
	4	33,4	35,4	36,6	89,5	108,1	120,7

Segundo os parâmetros de classes de vigor indicados por Prado et al. (2019), os lotes classificados com potencial fisiológico muito alto (Tabela 3, não foram classificados da mesma forma pelo teste de EA. O lote 6 da cv. 64HO114 com a segunda melhor classificação de vigor pelo teste de EA, seria classificado como sendo de baixo vigor, pelo resultado da CE, ou seja, neste caso o resultado do teste de CE não correspondeu ao de EA. Dos 12 lotes considerados como de muito alto, alto e médio vigor, apenas 5 demonstraram resultado superior no EA (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado por Martins (2016), ao correlacionar o teste de CE com os testes de germinação, emergência de plântula e envelhecimento acelerado.

A classificação recomendada por Vieira et al. (2004), também não coincidiu com a classificação observada no EA, porém, ficou mais próxima do que a sugerida por Prado et al. (2019). O lote 4 da cv. 64HO114 obteve o melhor

desempenho no EA (Tabela 3) e, o menor percentual de variação podendo ser classificado como o lote de maior qualidade fisiológica. Entretanto, esta classificação não se manteve em nenhuma das escalas utilizadas na CE. Segundo Marcos-Filho (2013) as informações obtidas nos testes de vigor contribuem para detectar diferenças importantes nos lotes além de auxiliar na tomada de decisão. A variação da classificação dos lotes analisados, pelos diferentes testes aplicados, indica que outros fatores, como por exemplo, período de armazenamento, genótipo e fatores ambientais, citados por Zucareli et al, (2014), podem ter influenciado nos resultados do presente estudo. A utilização de mais de um teste para avaliação do vigor de sementes é imprescindível, pois a comparação entre os resultados permite que se possa decidir sobre a finalidade de um lote com maior segurança e eficiência (PRADO et al., 2019).

Tabela 3. Variação percentual (VP) entre as médias observadas nos testes de germinação (GE) e envelhecimento acelerado tradicional (EA), resultados obtidos no teste de condutividade elétrica 25 °C/24 horas e, classificação do vigor segundo as recomendações de Vieira et al. (2004) e Prado et al. (2019) de diferentes lotes e cultivares de sementes de soja. UENP/CLM, Bandeirantes-PR. 2021.

Cultivar	Lote	GE	EA	VP	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ )		
					Resultado*	Classe de vigor	
						Vieira	Prado
64HO114	1	80,5	6,5	91,9	75,6	Médio	Alto
	2	89,5	0,0	100,0	61,7	Alto	Muito alto
	3	84,0	4,0	95,2	81,0	Médio	Alto
	4	93,5	77,5	17,1	90,4	Médio	Alto
	5	92,5	11,5	87,6	100,6	Baixo	Médio
	6	81,0	65,0	19,8	116,2	Baixo	Baixo
	7	91,5	33,5	63,4	98,8	Médio	Médio
M6210	1	68,5	0,0	100,0	94,0	Médio	Médio
	2	70,0	4,5	93,6	108,3	Baixo	Médio
	3	57,0	22,5	60,5	186,3	Baixo	Baixo
	4	94,0	9,5	89,9	96,7	Médio	Médio
AS3730	1	95,0	24,0	74,7	170,7	Baixo	Baixo
	2	93,5	21,5	77,0	192,9	Baixo	Baixo
	3	93,5	37,5	59,9	124,2	Baixo	Baixo
	4	98,0	53,5	45,4	110,2	Baixo	Médio
AS3680	1	93,0	32,0	65,6	100,7	Baixo	Médio
	2	98,0	34,0	65,3	96,5	Médio	Médio
	3	97,0	43,5	55,2	99,2	Médio	Médio
	4	98,5	21,5	78,2	108,1	Baixo	Médio

\*Foram considerados os valores de CE verificados para a temperatura de 25 °C durante o período de 24 horas de embebição (metodologia adotada pelas duas referências utilizadas para as classes de vigor).

Os resultados obtidos no presente estudo demonstraram que existe necessidade de maior investigação sobre os valores de referência indicados para diferenciar o vigor de lotes de diferentes espécies e, também, sobre outros fatores que influenciam sobre os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica. Conforme Krzyzanowski et al. (2021), apesar dos grandes avanços recentes obtidos com a utilização das informações providas pelos diversos testes de vigor em sementes, muito ainda deve ser realizado no sentido de melhor conscientizar os agricultores sobre o significado dos resultados dos diversos testes de vigor e como essa informação pode ser utilizada em seu benefício, visando o constante aprimoramento da produção agrícola nacional. Mas não existe a menor sombra de dúvida de que todo o empreendimento agrícola deve estar embasado na utilização de sementes de alta qualidade.

## **5. CONCLUSÃO**

Os resultados verificados após 2 horas de embebição, nas três temperaturas, não possibilitaram a separação dos lotes de sementes de soja em função do vigor, sendo todos os lotes classificados como de alto vigor. Após 24 horas de embebição e, em todas as temperaturas foi possível verificar diferenças entre os lotes quanto ao vigor, porém, a classificação dos lotes não correspondeu com a observada no teste de envelhecimento acelerado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE. **Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais**. Nota à imprensa: resultados da moratória. 2018. Disponível em: <[https://abiove.org.br/site/Files/Portugues/10012018-18523710-01-2018-nota a imprensa](https://abiove.org.br/site/Files/Portugues/10012018-18523710-01-2018-nota_a_imprensa)>. Acessado em: 02 de abril de 2021.

ARNDT, J. R.; JÚNIOR, J. C. A.; BONETTI, R. A. T.; SHINOZAKI, G. A.; LIMA, C. B. de. Envelhecimento acelerado e emergência de plântula na seleção de sementes de soja conforme microclima e época para semeadura. **Ensaios nas Ciências Agrárias e Ambientais** 3. Ponta Grossa: ATENA. 2019 v. 1, p. 116-129.

BORTOLI, M. de. **Soja: A influência da temperatura e umidade na qualidade da semente**. Sementes Aurora. Disponível em: <[www.sementesaurora.com.br/noticias/4/soja-a-influencia-da-temperatura-e-umidade-na-qualidade-da-semente](http://www.sementesaurora.com.br/noticias/4/soja-a-influencia-da-temperatura-e-umidade-na-qualidade-da-semente)>. Publicado em: 13/11/2017. Acesso em: 18/12/2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio Brasil 2019/2020 a 2029/2030**. Brasília: MAPA/DAS/ACS, 2020. 102p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, p. 16. 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/DAS/ACS, 2009. 399p.

CARNEIRO, T. H. M.; CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, A. C. P.; ANDRADE, G. A. V.; LIMA, N. J. C.; AQUINO, L. A. Efeito do vigor de sementes sobre as características fisiológicas e produtivas da soja. **Acta Igazu**, v.9, n. 2, p. 122-133, 2020.

CARVALHO, L. F.; SEDIYAMA, C. S.; REIS, M. S.; DIAS, D. C. F. S.; MOREIRA, M. A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 9-1, 2009.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F. Testes de condutividade elétrica em sementes de soja com períodos de embebição reduzido. **Revista de Ciência Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 387-393, 2019.

CHENG, H. Y.; ZHENG, G. H.; WANG, X. F.; LIU, Y.; YAN, Y. T.; LIN, J. Possible Involvement of K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> in Assessing the Seed Vigor Index. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 47, n. 8, p. 935-941, 2005.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas, soja safra 2020/21**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>>. Acesso em: 10/02/2021.

DELOUCHE, J. C. Germinação, Deterioração e vigor da Semente. **Revista Seed News**, v. 6, n. 6, 2002.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agrícola**, v. 53, n. 1, p.31-42, 1996.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Vigor da semente e estabelecimento da cultura: estendendo o desempenho além da adaptação. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, p. 567–591, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FRANÇA-NETO, J. B. Características fisiológicas da semente: germinação, vigor, viabilidade, danos mecânicos tetrazólio, deterioração por umidade tetrazólio e dano por percevejo tetrazólio. In: LORINI, I. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil – safra 2014/15**. EMBRAPA soja, p.31-47, 2016.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Abrates**, v. 20, n.3, p. 26-32, 2010.

HATZIG, S. V.; FRISCH, M.; BREUER, F.; NESI, N.; DUCOURNAU, S.; WAGNER, M. H.; LECKBAND, G.; ABBADI, A. O mapeamento de associação em todo o genoma desvenda o controle genético da germinação e vigor da semente em *Brassica napus*. **Front Plant Science**, v. 6, p. 221-234, 2015.

HENNING, A.A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Embrapa Soja, 52p, 2005.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas Com a Produção de Soja Nos Contextos Mundial e Brasileiro**. Londrina: EMBRAPA, 2011. 47p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International Rules for Seed Testing**. Zurich: ISTA, 2015. 14p.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA-NETO. Deterioração e vigor da semente. **Seed News**, v. 25, n. 1, 2021. Disponível em <<https://www.seednews.com.br/artigos/3451-deterioracao-e-vigor-da-semente-edicao-janeiro-2021>>. Publicado em: 01/01/2021. Acesso em: 27/02/2021.

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:EMBRAPA. 2018. 24p.

LEMES, E. S.; OLIVEIRA, S.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDAS, A. S.; MENEGHELLO, G. E.; TUNES, L. M. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de aveia preta por meio do teste de condutividade elétrica. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 2, p. 5-10, 2015.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v. 12, p. 37-53, 1988.

MARCOS-FILHO, J. TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. Vigor de sementes: conceitos e testes. **Abrates**, p.185-246, 2020.

MARCOS-FILHO, J.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes: um componente de qualidade em permanente evolução. **Seed News**, v. 21, n. 5, p. 42-49, 2017.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

MARCOS-FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**, v. 23, n. 1, 2013.

MARCOS-FILHO, J. **Testes de vigor: dimensão e perspectivas**. Seed News. Disponível em <<https://seednews.com.br/artigos/1111-testes-de-vigor-dimensao-e-perspectivas-edicao-janeiro-2011>>. Publicado em: 01/01/2011. Acesso em: 27/02/2021.

MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. D. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

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. **ABRATES**, p.3.1-3.24, 1999.

MARTINS, C. C.; TREVISOLI, S. H. U.; MÔRO, G. V.; VIEIRA, R. D. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D. A. ed. **Handbook of vigor test methods**. 2. ed. Zurich: ISTA, 1981. p.37-42.

MATTIONI, N. M.; MERTZ, L. M.; BARBIERI, A. P. P.; HAESBAERT, F. M.; GIORDANI, W.; LOPES, S. J. Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 31-38, 2015.

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. S.; SILVA, P. P. Qualidade da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. In: NASCIMENTO, W. M.

**Hortaliças: tecnologia de produção de sementes.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. p.79-106.

OUYANG, X.; VAN VOORTHUYSEN, T.; TOOROP, P. E.; HILHORST, H. W. M. Seed vigor, aging and osmopriming affect anion and sugar leakage during imbibition of maize (*Zea mays* L.) caryopses. **International Journal of Plants Science**, v. 23, n. 1, p. 198-204, 2001.

PRADO, J. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MARTINS, C. C.; VIEIRA, R. D. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 407-415, 2019.

ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E. V. R. V.; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1., p. 54-63, 2000.

SILVA, K. R. G.; VILLELA, F. A. Pré-hidratação e avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2 p. 331-345, 2011.

SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 206-213, 2014.

THORNTON, J. M.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Investigations of the relationship between seed leachate conductivity and the germinations of *Brassica* seed. **Annals of Applied Biology**, v. 17, n. 1, p. 129-135, 1990.

VIEIRA, R. D.; SCAPPA-NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. B.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 164-168, 2004.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica, In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**, v. 4, p. 1-29, 1999.

VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.

WENDT, L. **Testes de vigor e a relação com a emergência de plântulas de soja a campo**. 2015. 42p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon.

WENDT, L.; MALAVASI, M. M.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; JUNIOR, F. G. G. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p.166-171, 2017.

ZHANG, H.; WANG, W. Q.; LIU, S. J.; MOLLER, I. M.; SONG, S. Q. **Análise do Proteoma do Vigor da Semente de Choupo**. Hanchou: Universidade de Zhejiang, 2015. 19p.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; GUISTEM, J. M.; HENNING, F. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de milho doce classificadas pela espessura e largura. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 71-78, 2014.