



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



KEYSE CRISTINA MENDES LOPES

**PREDIÇÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA POR PARÂMETROS
BIOQUÍMICOS**

Botucatu

2021

KEYSE CRISTINA MENDES LOPES

**PREDIÇÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA POR PARÂMETROS
BIOQUÍMICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador(a): Prof^a Dra. Maria Márcia P.
Sartori

Coorientador(a): Prof^a Dra. Daiani Ajala
Luccas

Botucatu

2021

L864p

Lopes, Keyse Cristina Mendes

Predição da longevidade de sementes de soja por parâmetros bioquímicos / Keyse Cristina Mendes Lopes. -- Botucatu, 2021
54 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Maria Marcia Pereira Sartori

Coorientadora: Daiani Ajala Luccas

1. Condutividade elétrica. 2. Longevidade de sementes. 3. Ajustes.
4. Modelos matemáticos. 5. Análise de sementes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

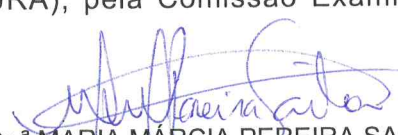
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PREDIÇÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE SOJA POR
PARÂMETROS BIOQUÍMICOS

AUTORA: KEYSE CRISTINA MENDES LOPES

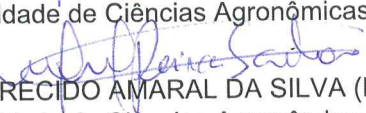
ORIENTADORA: MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

COORIENTADORA: DAIANI AJALA LUCCAS

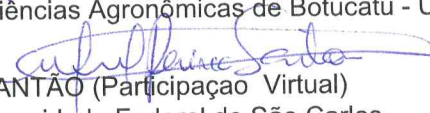
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA
(AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Pesquisadora Dr.^a MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. RENATO FERNANDES CANTÃO (Participação Virtual)
Física, Química e Matemática / Universidade Federal de São Carlos

Botucatu, 01 de junho de 2021

*À mulher que me inspira cada dia a ser uma pessoa melhor,
tia Marinete Mendes, por todo apoio que me deste durante
toda a minha caminhada acadêmica.*

dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade que me foi concedida e ter me permitido chegar até aqui com todo seu amor e proteção que tens por mim.

Aos meus familiares (Keila Mendes, Ana Karine Mendes, Katiuse Mendes, Marly Mendes, Ulisses Mendes, Ana Cécilia, João Lucas, Lindonaide Garcês, Kauã Mendes, Cláudia Mendes) por toda força, incentivo para não desistir dos meus sonhos mesmo diante de todas as dificuldades e por todo apoio no decorrer de minha vida se fazendo sempre presente. Especialmente minhas primas que tenho como irmãs.

A minha tia/mãe Marinete Mendes obrigada por tudo, pois sem a senhora não seria quem sou hoje, minha eterna gratidão.

A minha mãe por mesmo sem entender muitas coisas nunca interferiu na educação que eu tive e se mostra ali sempre apoiado.

A minha vó Serafina Mendes e minha madrinha Aldenora Mendes Reis obrigada pelo amor e carinho que tem e sempre tiveram por mim.

A Isaías por todo amor, companheirismo, incentivo e por ser meu porto seguro nos momentos bons e difíceis longe de casa. Obrigada por tudo.

A minha amiga e irmã Raissa Martins, por todos os momentos (bons e ruins) que se mostrou presente me apoiando e dando muita força para continuar.

A minha orientadora, Professora Doutora Maria Márcia Pereira Sartori, pela orientação, muito obrigada pelos ensinamentos transmitidos, pela paciência, confiança e palavras de incentivo.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa de MODELSTAT: Gabriela Nunes, Lucas Vasconcelos, Michelane Lima, Amanda Rithieli, Brunna Rithielly, Mónica Córdoba. Em especial as meninas que me ajudaram nas análises, muito obrigada vocês foram essenciais para execução do projeto.

A minha coorientadora, Daiani Ajala Luccas, pela co-orientação durante o mestrado, muito obrigada por todas as considerações e palavras de incentivo.

Aos meus amigos que adquiri ao longo do mestrado Odila Friss, Ivanayra Mendes, Larissa Bernardes obrigada por todo apoio e palavras de incentivo.

Ao meu amigo Ricardo Tajra por todo o suporte de acolhimento e carinho que teve comigo sempre ali para me ajudar. Sou eternamente grata por tudo que fez por mim.

Ao Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, pelos ensinamentos e por ter disponibilizado o Laboratório de Análises de sementes, o qual foi fundamental para realização deste trabalho.

As técnicas dos laboratórios, Valéria Giandoni e Iara Brito, pelas profissionais que são, por todo conhecimento transmitido, pela amizade e ajuda na execução do projeto.

Aos colegas de laboratório de sementes (LAS) por transmitirem seus conhecimentos e serem sempre atenciosos e estarem dispostos a ajudar.

Aos meus amigos da graduação, Cinara Siqueira, Patrycia Amorim, Jéssica Almeida, Sandy Ranchel, Werly Soeiro, Daniel Gusmão e Lúelio Serejo obrigada pelo carinho, amizade, apoio, conversas trocadas e palavras de incentivo.

A Gerdson Gaspar e Maria de Jesus Gaspar, obrigada por tudo que fizeram por mim.

A todos os funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (Agricultura) e aos da Seção Técnica de Pós-Graduação

A Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP/FCA), e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia- Agricultura, pela oportunidade de se tornar aluna desta instituição de ensino e pesquisa para realização do curso de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com minha destra fiel”.

BÍBLIA. Isaías. Português. *In*: Bíblia sagrada: antigo e novo testamento. Tradução de João Ferreira de Almeida. Barueri: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 41, ver. 10.

RESUMO

A longevidade de sementes é definida como o período total que uma semente pode permanecer viável, quando armazenadas em condições ambientais favoráveis, para cada espécie. A partir desse ponto, inicia-se a deterioração, que pode ser retardada ou mantida numa velocidade mínima por condições ideais de colheita, secagem e armazenamento, numa tentativa de manter a qualidade tão próximo quanto possível do ponto mais alto atingido. A utilização de testes como condutividade elétrica, na avaliação da qualidade das sementes, agrega informações que permitem conhecer mais detalhes sobre o processo de envelhecimento e deterioração de sementes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da condutividade elétrica na obtenção da longevidade por diferentes funções de ligação. As sementes foram provenientes do município de Campo Alegre – GO na safra 2017/2018, foram realizados testes de germinação, teor de água, longevidade e condutividade elétrica. Os dados foram transformados pelas funções de Cauchy-SSF, Logit e Probit com ajustes realizados por regressão linear, o que permitiu a determinação do P50 para cada amostra, e posteriormente o P50 foi verificado para ver se estava incluso dentro do intervalo de interesse. Conclui-se que a cultivar 8473 RSF RR, mostrou longevidade superior que as outras cultivares dos lotes e que a função de Cauchy-SSF estimou o maior número de P50 das sementes avaliadas, apresentando superioridade na estimação. Entretanto, para as análises entre P10 ao P95 a função de Logit foi a que apresentou maior porcentagem de π dentro do intervalo esperado II (61%), mostrando melhoria de 8% quando comparados o antes e o após o ponto de redução da aceleração da condutividade elétrica.

Palavras-chaves: condutividade elétrica; longevidade de sementes; ajustes; modelos matemáticos; análise de sementes.

ABSTRACT

Seed longevity is defined as the total period that a seed can remain viable, when stored under favorable environmental conditions, for each species. From that point onwards, deterioration begins, which can be slowed down or kept at a minimum speed by ideal conditions of harvesting, drying and storage, in an attempt to maintain quality as close as possible to the highest point reached. The use of tests such as electrical conductivity, in the evaluation of seed quality, adds information that allows knowing more details about the aging and deterioration process of seeds. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of electrical conductivity in obtaining longevity for different bonding functions. The seeds came from the municipality of Campo Alegre – GO in the 2017/2018 harvest, germination, water content, longevity and electrical conductivity tests were performed. Data were transformed by Cauchy-SSF, Logit and Probit functions with adjustments performed by linear regression, which allowed the determination of the P50 for each sample, and later the P50 was checked to see if it was included within the range of interest. It was concluded that the 8473 RSF RR cultivar showed superior longevity than the other cultivars of the lots and that the Cauchy-SSF function estimated the highest P50 number of the evaluated seeds, showing superiority in the estimation. However, for the analyzes between P10 and P95, the Logit function was the one that presented the highest percentage of P_i within the expected range II (61%), showing an 8% improvement when compared before and after the point of reduction of the acceleration of the Electric conductivity.

Keywords: electrical conductivity; seed longevity; adjustments; mathematical models; seed analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Precipitação média acumulada e temperatura do ar, no município de Campo Alegre de Goiás-GO, 2018.....32
- Figura 2** - Comportamento da condutividade e protrusão dos cultivares BRS 6979 IPRO (A e B), 7677RSF IPRO (C e D), 8473 RSF IPRO (E e F), 8579 RSF IPRO (G e H) e M7119 IPRO (I e J), durante o período avaliação.39
- Figura 3** - Ajustes das regressões lineares dos dados transformados pelas funções de Probit, Logit, Cauchy-SSF das cultivar BRS 6979 IPRO (A), 7677 RSF IPRO (B), 8473 RSF RR 8579 (C), RSF IPRO(D) e M7119 IPRO (E) de sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e umidade relativa (UR) de 75%.....42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Funções de ligação usadas para ajustar os dados de longevidade de sementes de soja.34
- Tabela 2** - Parâmetros de avaliação da viabilidade em função do tempo (dias) observado para as cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) de sementes de soja.37
- Tabela 3** - Equação do ajuste da viabilidade e da condutividade elétrica e número de dias de estabilidade (ponto de intersecção) da viabilidade para sementes de cinco cultivares de soja.41
- Tabela 4** - K_i , $1/\sigma$, desvio amostral (S) e coeficiente de determinação das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit de sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR).43
- Tabela 5** - K_i , $1/\sigma$, desvio amostral (S) e coeficiente de determinação, após o período anterior a redução da aceleração da CE, das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit de sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR).44
- Tabela 6** - P15 ao P95 sem correção dos dados das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit para sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR).46
- Tabela 7** - P15 ao P95 após correção dos dados das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit para sementes de soja,

armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade
relativa (UR)..... 47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Vigor de sementes de soja.....	23
2.2	Avaliação do vigor	24
2.3	Condutividade elétrica em sementes de soja	25
2.4	Longevidade de sementes de soja.....	27
2.5	Modelos aplicados à longevidade de sementes	29
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*, (L) Merrill) é uma das leguminosas mais importantes no mundo. Além do seu valor nutricional, no Brasil ela desempenha um importante papel socioeconômico, onde se adaptou gerando empregos e contribuindo para a economia. Com uma área plantada de 36,9 milhões de hectares, no ano agrícola de 2019/2020 a produção da soja no Brasil foi de 124,8 milhões de toneladas, com produtividade média de 3.379 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

A qualidade da semente é um fator de extrema importância para que se obtenha a produtividade esperada e o armazenamento é uma prática fundamental que pode ajudar na manutenção de sua qualidade fisiológica (AZEVEDO et al., 2003). A capacidade da semente se manter viável e os fatores que influenciam a longevidade no decorrer do processo de armazenamento das têm sido motivos de muitos estudos (BEWLEY et al., 2013; LEPRINCE et al., 2017).

O envelhecimento da semente armazenada é um fenômeno natural, e as sementes tendem a perder viabilidade, mesmo sob condições ideais de armazenamento. A intensidade e a velocidade de deterioração das sementes são inerentes às espécies (MARCOS FILHO, 2015). A deterioração da semente se inicia a partir da maturidade fisiológica, chamada de deterioração zero, e continua até a perda da sua capacidade de germinar. A semente incapaz de alguma germinação visível é considerada morta (BEWLEY et al., 2013).

Para Cardoso et al. (2012), o processo de deterioração é inevitável, mas pode ser retardado dependendo das condições de armazenamento e das características da semente. Dentre os fatores que afetam a qualidade durante o armazenamento estão a temperatura e o teor de água da semente. Segundo Berbert et al. (2008), o teor de água é o fator de maior significância na prevenção da deterioração da semente durante o armazenamento. Mantendo-se baixo o teor de água e a temperatura do grão, o ataque de microrganismos e a respiração terão seus efeitos minimizados. A temperatura e a umidade relativa são determinantes no processo de perda de viabilidade de sementes durante o armazenamento e alterações na qualidade do produto e, em contrapartida, dos subprodutos (KONG et al., 2008; MALAKER et al., 2008).

A utilização de testes como condutividade elétrica, na avaliação da qualidade das sementes, agrega informações que permitem conhecer mais detalhes sobre o

processo de envelhecimento e deterioração de sementes. Estes estudos bioquímicos para avaliação da deterioração de sementes têm sido cada vez mais usados.

Poder estimar a perda da viabilidade de sementes ao longo do tempo de armazenamento por meio de modelos matemáticos, pode proporcionar agilidade na tomada de decisão e redução nos prejuízos econômicos causados pela utilização de sementes de baixa qualidade (AFONSO JÚNIOR et al., 2000). Modelos matemáticos de natureza linear ou não, são utilizados para descrever as respostas do desenvolvimento biológico em relação ao ambiente, como crescimento vegetal e até estudos epidemiológicos (CRAMER 2003).

O processo de germinação de sementes ao longo do tempo é comumente descrito por meio de equações não lineares (JOOSEN et al., 2010; GOMES NETO, et al., 2018). Desta forma, Santos (2018), propôs o modelo Cauchy-SSF, que é a função Cauchy modificada, originalmente proposta por Bonat et al. (2012). A função modificada trocou a equação trigonométrica pela equação hiperbólica da tangente, adaptando-a aos comportamentos de degradação das sementes. Já a função Probit é usada para prever a longevidade de sementes, para dados de sobrevivência das sementes armazenadas ao longo do tempo, este modelo representa a distribuição cumulativa da distribuição normal (FINEY, 1962). O modelo Logit usa a função de distribuição cumulativa da equação logística (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2007). Dito isto, é importante fazer comparações entre modelos, a fim de verificar qual apresenta melhor ajuste ao conjunto de dados.

Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que a condutividade melhora o ajuste dos modelos para encontrar valores de longevidade mais adequados. Portanto, o objetivou-se foi avaliar a influência da condutividade elétrica na predição da longevidade por diferentes funções de ligação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vigor de sementes de soja

Dada a importância da soja, a utilização de sementes de alta qualidade constitui-se em sementes de alto vigor, germinação e sanidade, bem como garantias de purezas varietal e físicas. Estes fatores culminam na obtenção de estandes uniformes no campo, plantas bem desenvolvidas e elevada produtividade de grãos (DORNBOS, 1995; KRZYZANOWSKI et al., 2018). Desta forma, os testes de vigor possibilitam identificar e separar lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar bom desempenho no campo ou durante o período de armazenamento (BEWLEY et al., 2013; MARCOS FILHO, 2015).

O vigor das sementes é caracterizado como a soma de propriedades que determinam o desempenho de um lote de sementes, com elevada germinação em ambientes com condições edafoclimáticas contrastantes (ISTA, 2015). Esses conjuntos de aspectos de desempenho incluem uniformidade na germinação, no crescimento das plântulas e desempenho após o armazenamento, relativo à capacidade germinar. Desta forma, o vigor das sementes pode ser considerado como o desempenho potencial de sementes viáveis de germinar e, na prática agrícola é determinado pela interação entre componentes genéticos e ambientais (WHITTINGTON, 1973; HODGKIN; HEGARTY, 1978).

Por meio do vigor da semente sabe-se o potencial que uma planta tem de apresentar alto desempenho agrônômico (FINCH-SAVAGE, 2004). Para tanto, o vigor de sementes pode ser definido como a soma das propriedades das sementes que determina o potencial para uma rápida emergência e o desenvolvimento de plantas normais quando submetidas à ampla diversidade de condições ambientais (FINCH-SAVAGE; BASSEL 2016). A obtenção de resultados confiáveis que possam agilizar as tomadas de decisões em relação às operações de colheitas, processamento e comercialização, são as principais exigências no que se refere à avaliação de vigor.

Nos Estados Unidos e no Canadá, a partir do ano de 1976, houve aumento na procura por testes de vigor por parte dos laboratórios de sementes; até esta época, os testes utilizados eram os de envelhecimento acelerado e de frio. A partir de 1982, o teste de condutividade elétrica juntamente com os anteriormente citados foram objetos de estudo para avaliar o vigor de sementes pela AOSA (Association of

Official Seed Analysts), que os destacou como os mais promissores para esta finalidade. No Brasil, a condutividade elétrica ainda é pouco utilizada em laboratórios de análises de sementes, sendo comum apenas em atividades que estão diretamente relacionadas a pesquisas (MARCOS FILHO, 2015).

2.2 Avaliação do vigor

A condução de testes de vigor procura verificar diferenças no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante e que atenda a padrões estabelecidos para que ocorra a comercialização, fornecendo informações adicionais às proporcionadas pelo teste de germinação (LIMA; MARCOS FILHO, 2011). Com isso, espera-se que os resultados permitam que auxiliem na distinção de lotes com alto e baixo vigor. Além disso, deseja-se que tais diferenças detectadas estejam relacionadas ao comportamento das sementes durante o armazenamento e/ou após a semeadura (CARALHO; NAKAGAWA, 2000; DUTRA; MEDEIROS FILHO, 2008).

O desenvolvimento confiável de um teste de vigor de sementes, necessita ter base teórica confiável, a fim de que os dados obtidos nas pesquisas sejam reproduzíveis e correlacionados positivamente com resultados de germinação no campo (MARCOS FILHO, 2015). Desta forma, pode-se inferir que um teste de boa qualidade deve ser passível de utilização em diferentes laboratórios.

A primeira tentativa correta de classificar os métodos para avaliação do vigor foi efetuada por Isely (1957), que os separou em testes diretos e indiretos. Os testes diretos incluíam os que simulavam condições de campo, em laboratório, ou eram conduzidos diretamente no campo; avaliavam, também, características diretamente relacionadas ao processo de germinação. Eram considerados indiretos os testes que procuravam identificar, em laboratório, aspectos do comportamento das sementes relacionados ao vigor, baseando-se na resistência a estresses, em atributos bioquímicos ou fisiológicos, sendo incluídos nessa categoria os de envelhecimento acelerado, primeira contagem de germinação, tetrazólio, crescimento de plântulas e outros (MARCOS FILHO, 2009; CAVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Esta proposta foi adotada durante alguns anos, mas revelou ser inconsistente à medida que foram desenvolvidos novos testes de vigor. Outras classificações foram propostas posteriormente, mas a mais completa tem sido atribuída a McDonald (1975), pois, além de precisa, tem

permitido a inclusão de novos métodos, sem se tornar desatualizada, sendo ainda hoje a mais citada.

2.3 Condutividade elétrica em sementes de soja

Estimar de forma rápida e confiável a viabilidade de sementes é uma necessidade nas instituições de pesquisa e laboratórios de análises de sementes, uma vez que isso gera resultados satisfatórios nos diversos segmentos da cadeia produtiva (CARVALHO, et al., 2009). A informação rápida e precisa da qualidade de sementes das culturas a serem implantadas representa uma garantia para o agricultor (BEVILAQUA et al., 2013). A rápida avaliação possibilita o descarte de lotes de sementes de qualidade inadequada, já na recepção ou no beneficiamento, favorecendo a consequente redução de armazenamento de material desnecessário (FRANÇA NETO et al., 2016).

Os testes rápidos mais estudados estão relacionados com eventos iniciais da sequência de deterioração das sementes, como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratórias e biossintéticas (DELOUCHE; BASKIN, 1973). Dentre os testes rápidos, destaca-se o da condutividade elétrica (FESSEL et al., 2010). Esse teste avalia indiretamente o grau de estruturação das membranas celulares, em decorrência da deterioração das sementes, por meio da determinação da quantidade de íons lixiviados em uma solução de embebição (DIAS FILHO, 2015; SANTOS et al., 2011).

As sementes são embebidas em determinado volume de água, sob temperatura controlada, durante um período preestabelecido. As sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de lixiviados, como consequência da menor estruturação e seletividade das membranas. Essa avaliação baseia-se na concentração de íons na solução de embebição (VIEIRA et al., 2002).

A organização das membranas celulares sofre alterações em razão do desenvolvimento das sementes até atingir a maturidade fisiológica, da dessecação antes da colheita e da embebição de água que antecede a germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Após a maturidade fisiológica, a semente atinge uma condição de baixo teor de água, o qual é variável em função das condições ambientais, principalmente da umidade relativa do ar (CARDOSO et al., 2012).

Assim, com a secagem da semente, as membranas celulares sofrem um processo de desorganização estrutural, estando tanto mais desorganizadas quanto

menor o teor de água na semente, perdendo, temporariamente, a sua integridade organizacional (CORRÊA; JÚNIOR, 1999; COSTA et al. 2008). A desestruturação, desorganização e danificação das membranas também podem ocorrer por ataque de insetos, danos mecânicos e, ou, por ação do armazenamento prolongado, as quais estão ligeiramente associadas ao processo de deterioração da semente, reduzindo seu vigor, ataques severos provocam até a perda total da viabilidade, tornando as sementes inadequadas para a comercialização (PEREIRA et al., 2011; RESENDE et al., 2011; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; OLIVEIRA et al., 2013).

Desse modo, a integridade das membranas celulares é variável em função do grau de alterações bioquímicas deteriorativas ou danos físicos, pode ser considerada como a causa fundamental das alterações do nível de vigor de uma semente (VIEIRA et al., 2001; PANOBIANCO; VIEIRA, 2007; FESSEL et al., 2010). Essas alterações podem ser indiretamente avaliadas usando-se determinações de condutividade elétrica na solução de embebição de semente (DIAS; MARCOS FILHO, 1996).

Na fase inicial do processo de embebição, a capacidade da semente reorganizar o sistema de membranas celulares e reparar danos físicos ou biológicos, que podem ter ocorrido durante o processo de produção, irá influenciar a quantidade e a natureza de lixiviados liberados para o meio externo (AOSA, 1983; VIEIRA et al., 2013).

Assim, 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 (VIEIRA et al. 2002). O valor da condutividade elétrica da solução de embebição das sementes varia em quantidade e tipo de lixiviados, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos, como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ (FESSEL et al., 2010; MARCOS FILHO, 2015).

Dentre os fatores com possibilidade de interferir no teste de condutividade elétrica, estão o genótipo dentro de uma espécie (PANOBIANCO e VIEIRA, 1996; PANOBIANCO et al., 1999); o estágio de desenvolvimento na ocasião da colheita (POWEL, 1986); as mudanças na estrutura e composição da semente durante o desenvolvimento (STYER; CANTLIFFE, 1983); o tamanho das sementes analisadas (LOEFFLER et al., 1988; DESWAL e SHEORAN, 1993); o tempo de embebição (LOEFFLER et al., 1988; SCHMIDT; TRACY, 1989), dentre outros.

Trabalhando com atmosfera controlada, LUDWIG et al., (2021), observaram efeito positivo na adoção da condutividade elétrica como metodologia para estimar o potencial fisiológico de sementes de soja. Tendo em vista que a condutividade elétrica correlaciona-se negativamente com a germinação. Quanto menor a condutividade elétrica da semente de soja, maior será seu potencial fisiológico (WANG et al., 2019).

A temperatura influencia a velocidade de embebição e a lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio externo, o que, por sua vez, pode estar relacionado com a alteração na viscosidade da água (MURPHY e NOLAND, 1982). O efeito da temperatura sobre a lixiviação ocorre basicamente sobre a quantidade e a velocidade de perda de lixiviados (HAMPTON et al., 1992). Aumentos significativos de condutividade elétrica foram observados em função do aumento da temperatura de embebição de sementes de soja (PANOBIANCO; VIEIRA, 2007). Este efeito tem ocorrido na magnitude do valor de condutividade, porém sem alterar a classificação dos lotes (LEOPOLD, 1980). Por outro lado, além da temperatura de embebição, a temperatura de avaliação, pode ter efeito significativo e direto sobre os resultados da condutividade (COSTA et al., 2008).

2.4 Longevidade de sementes de soja

O processo de desenvolvimento e maturação da semente é monitorado geneticamente e envolve toda uma sequência ordenada de alterações que são verificadas a partir do momento que ocorre fecundação, até que as sementes se tornem indivíduos independentes da planta mãe (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Compreende um conjunto de eventos sucessivos de preparação para o sucesso da futura germinação, caracterizada pela síntese e acúmulo de reservas, posteriormente mobilizadas durante a germinação, conduzindo à retomada do crescimento e a formação de uma plântula (MARCOS FLHOS, 2015).

Durante o processo de maturação, as sementes obtêm uma série de características fisiológicas que são importantes para o estabelecimento bem-sucedido de plântulas no campo, como a germinação, o vigor e a longevidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Estas características dependem da notável capacidade das sementes de sofrer dessecação completa sem perda de viabilidade (tolerância à dessecação) e permanecerem vivas por longos períodos de tempo quando armazenadas no estado seco (longevidade) (MARCOS FILHO, 2015).

Enquanto a tolerância à dessecação é adquirida durante o enchimento da semente, a longevidade aumenta progressivamente durante a fase final da maturação das sementes (VIEIRA et al., 2013).

A maturação é um processo constituído por uma série de alterações morfológicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem a partir da fecundação do óvulo e prosseguem até o momento em que as sementes se desligam fisiologicamente da planta, ou seja, atinge a maturidade fisiológica (DELOUCHE, 1971).

O processo de desenvolvimento da semente, que acontece desde a fertilização do óvulo até a maturidade, pode ser dividido em quatro fases: assim após a fertilização, há um período de formação da estrutura da semente, mediante uma divisão, expansão e diferenciação celulares; durante essa etapa de histodiferenciação, constituindo as fases I e II do desenvolvimento pós-fecundação, acontece o aumento do comprimento e da largura das sementes e o grau de umidade permanece constante e elevado. A fase III é caracterizada por acréscimos progressivos da massa seca das sementes, sob teor de água ainda relativamente alto, que passa a diminuir à medida em que as sementes acumulam reservas. Na etapa final do processo de maturação (fase IV), as sementes perdem água com maior intensidade, sem que haja modificação significativa da massa seca (MARCOS FILHO, 2015).

Durante a maturação as sementes chamadas de ortodoxas adquirem tolerância à dessecação, o que permite a secagem a níveis inferiores a 10% de água (em base úmida) com a retomada da atividade normal após a reidratação. A tolerância à dessecação e a capacidade de germinação não são características expressas em todos os estádios de desenvolvimento das sementes, mas adquiridas após a histodiferenciação, em que há aumento na massa fresca e deposição de reservas, e antes da fase de secagem na maturação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015).

Após a maturidade fisiológica ocorre a perda gradativa de água. Em sementes ortodoxas, ao se aproximarem da maturidade fisiológica, estas se tornam mais tolerantes à dessecação (secagem com menos de 10% de conteúdo de água) e apresentam maior capacidade de germinar rapidamente e formar plântulas normais (ELLIS; PIETÁ FILHO, 1992; VIEIRA et al., 2013).

Além de tolerância à dessecação, as sementes ortodoxas também adquirem capacidade de tolerar o armazenamento, chamada de longevidade (MARCOS FILHO, 2015; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), que corresponde ao período máximo em que as sementes permanecem vivas, quando armazenadas sob condições ambientais ideais.

Sementes com alto teor de água, submetidas a altas temperaturas, tem os processos naturais de degeneração dos sistemas biológicos acelerados. Dessa forma, as sementes perdem o vigor rapidamente e, em seguida a capacidade de germinação (AZEVEDO et al., 2003). Para reduzir ao mínimo o processo de deterioração é necessário que, após a coleta, as sementes sejam armazenadas adequadamente e com baixo teor de umidade, podendo assim controlar a deterioração (VILLELA; PEREZ 2004; BEWLEY et al., 2013).

Na armazenagem da semente, após o beneficiamento até a sua retirada do armazém, por melhores que sejam as condições de temperatura e umidade relativa do ar (menores que 20°C e 70% UR), pode ocorrer redução da viabilidade e do vigor da semente. Por essa razão, deve-se atentar para o período que antecede ao armazenamento, o qual poderá comprometer a viabilidade da semente posteriormente, uma vez que a qualidade inicial desta é definida no campo.

2.5 Modelos aplicados à longevidade de sementes

O período em que a semente se mantém viável durante o armazenamento é definido como longevidade, isso quando armazenadas em condições favoráveis. Tendo em vista que a longevidade pode variar por diversos fatores dentre eles a constituição química da semente, o estágio de maturação, viabilidade inicial, umidade, temperatura do ar, do grau de infecção por microrganismos e insetos (BEWLEY et al., 2013).

Quando sementes ortodoxas são armazenadas com temperatura e umidade de sementes constantes, estas envelhecem, desta forma, a viabilidade diminui na forma de distribuição normal cumulativa de inclinação negativa ao longo do tempo (POWELL, 2006; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016).

O processo de deterioração e os dados da perda de viabilidade das sementes ao longo do tempo pode ser linearizado pela transformação em Probit, que é a base das equações de viabilidade (ELLIS; ROBERTS 1980a). No entanto, há divergências

sobre a aplicabilidade deste modelo como medida global de vigor (HAMPTON; COOLBEAR, 1990).

Para estimar a longevidade segundo Roberts (1972), usa-se a função de ligação Probit, para linearizar os dados. Essa transformação permite estimar o tempo em que ocorre o decréscimo de 50% chamado P50 da viabilidade de uma amostra de sementes pelos coeficientes da regressão linear de Ellis e Roberts (1980).

Existem outros modelos para estimar a longevidade de sementes: estudando a longevidade de sementes de soja, Santos et al., (2019), observaram que os modelos Logit e Cauchy-SSF, apresentaram maior robustez, comparativamente ao modelo probit. Em contrapartida, Faria (2019), observou maior aceitabilidade para determinar a longevidade de sementes usando a equação Logit.

O modelo Logit é semelhante ao Probit, no entanto, esta é dada pelo inverso da distribuição logística (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2007). Já o modelo Cauchy-SSF, é o resultante da modificação da função Cauchy (BONAT, et al., 2012), proposta por Santos (2018). Esta função não tem origem em nenhuma distribuição de probabilidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

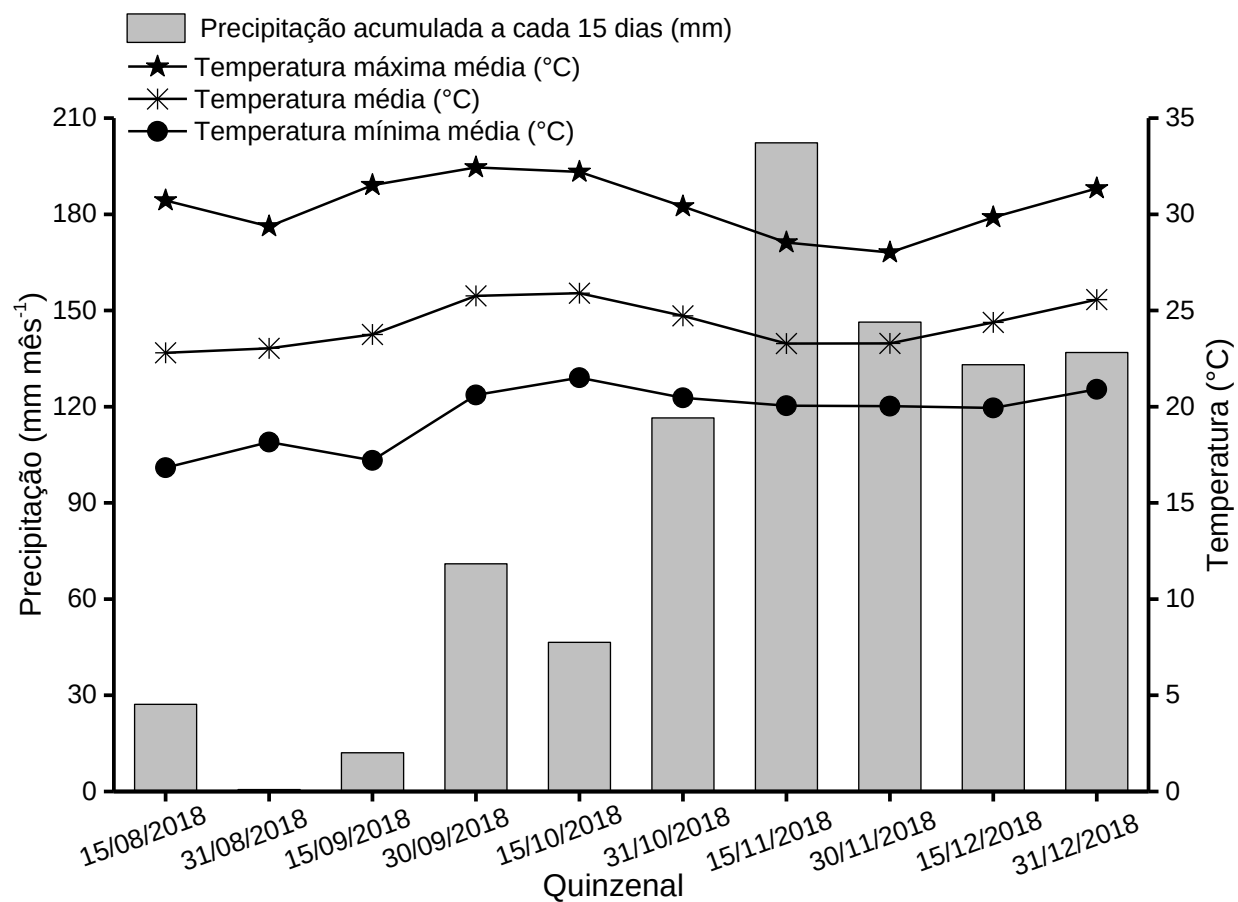
O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Botucatu-SP, enquanto houve viabilidade das sementes. Foram utilizadas cinco cultivares de soja, BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, 8473 RSF RR, 8579 RSF IPRO, M7119 IPRO.

Obtenção das sementes

Foram utilizadas sementes de soja de lotes produzidos no município de Campo Alegre de Goiás-GO, durante a safra agrícola 2017/2018. Os dados de temperatura e precipitação do local de plantio podem ser observados na figura 1. Ao final da maturação, as sementes foram colhidas e beneficiadas mecanicamente e após 6 meses de armazenamento com controle da umidade relativa do ar (35°C - 75%), foram caracterizadas quanto a qualidade fisiológica.

Posteriormente as sementes foram submetidas à determinação do teor de água, avaliação da germinação (protrusão radicular), e da longevidade (viabilidade x tempo).

Figura 1 - Precipitação média acumulada e temperatura do ar, no município de Campo Alegre de Goiás-GO, 2018



Fonte: INMET (2018).

Determinação do teor de água

Foi determinado por lote, pelo método gravimétrico em estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, utilizando duas amostras de 10 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de água em base úmida (b.u) (BRASIL, 2009).

Teste de Germinação

O teste de germinação foi realizado com seis repetições de 50. As sementes foram semeadas em papel do tipo filtro previamente umedecido com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes o peso da massa do papel seco. Posteriormente foram formados rolos, os quais foram acondicionados dentro de sacos plásticos fechados e mantidos em uma câmara de germinação regulada à temperatura de 25°C (BRASIL, 2009). As avaliações foram realizadas ao quinto e

oitavo dia após a implantação do teste, e considerando-se como germinadas a protrusão da radícula maior que 2 mm, os resultados foram expressos em percentual.

Longevidade

Para avaliar a longevidade, as sementes foram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados contendo solução saturada de NaCl (Cloreto de Sódio), e foram mantidas a 35°C e 75% de umidade relativa (UR) e armazenadas em câmara do tipo BOD. Posteriormente foram avaliadas por vários períodos de tempo enquanto houvesse viabilidade (como descrito no teste de germinação citado acima) durante o armazenamento para a determinação do P50.

Foram determinados os intervalos de P (P10 a P95) experimental, definido como o tempo em dias, para o qual as sementes perdem viabilidade durante o armazenamento.

Condutividade Elétrica

Para o teste de condutividade elétrica foram usadas 200 sementes, em quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram previamente pesadas em uma balança de precisão, acondicionadas em copos plásticos descartáveis (200 mL) contendo 75 mL de água destilada, e conservadas em uma câmara de germinação tipo BOD ajustada para a temperatura de 25 °C durante um período de 24 horas. Após esse período procedeu-se as leituras da condutividade em condutímetro da marca DIGIMED CD-31 e os resultados foram expressos com base no peso da amostra em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ (VIEIRA, 1999).

Estatística

Os dados de longevidade foram transformados pelas funções de ligação Probit e Logit propostas por Ellis e Robert (1980b) e Cauchy-SSF proposta por Santos et al (2018), conforme descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Funções de ligação usadas para ajustar os dados de longevidade de sementes de soja

Função de Ligação	Modelo	Equação
Probit	$F(x) = \Phi^{-1}(x)$	(1)
Logit	$F(x) = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right)$	(2)
Cauchy-SSF	$F(x) = \tanh\left(\pi\left(x - \frac{1}{2}\right)\right)$	(3)

Os dados foram transformados e ajustados por regressão linear para obtenção do parâmetro do P. Os valores amostrados das funções de Cauchy-SSF e Probit foram corrigidos de acordo com Santos (2018).

Seguindo aos pressupostos de uma regressão linear, os ajustes foram realizados utilizando as seis repetições, para possível comparação dos modelos Cauchy-SSF e Logit com os resultados de Probit.

Para o ajuste da função Probit foi necessária à multiplicação dos dados para a limitação da área da função entre $0 < x < 1$. Essa correção se faz necessária em função da propriedade da inversa da normal ser infinita nos pontos 0 e 1. A multiplicação realizada foi por 0,9999999713 em todos os pontos, exceto 0 que teve valor trocado por $2,87 \times 10^{-07}$, valor complementar a 1 da multiplicação utilizada. Esse valor foi definido a partir de simulações realizadas em pré-testes. O mesmo processo foi realizado para a função Logit, sendo que o valor definido foi 0,9975 e seu complementar 0,0025 (valor esse substituindo o zero).

Estimação do P - Após as correções descritas anteriormente, o valor de P50 foi obtido a partir do ajuste dos modelos apresentados na Tabela 1, sendo calculados pelo método dos mínimos quadrados (OLS), como proposto por Ellis e Roberts (1980b).

$$V = K_i - p\left(\frac{1}{\sigma}\right)$$

Em que:

V é a viabilidade percentual na escala utilizada para funções simétricas;

p é o período de armazenamento dado em dias;

K_i representa o valor das funções aplicadas da viabilidade inicial ou coeficiente linear; e $(1/\sigma)$ é a inclinação da curva de sobrevivência transformada, sendo σ o desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas durante o período de armazenamento.

Os ajustes das regressões foram avaliados em função do Coeficiente de determinação corrigido e considerado o modelo que estimou o maior intervalo i de P_i dentro do intervalo dos dados observados, sendo i , a porcentagem de sementes vivas, proximidade do valor de P_i estimado para cada função de ligação avaliada em relação ao intervalo observado pelos dados reais (II , intervalo de interesse). Para cada função, Probit, Logit, e Cauchy-SSF foi computado o número de vezes que P_i foi encontrado contido o intervalo de interesse e o intervalo de porcentagem de sementes vivas que representa.

Todos os dados obtidos foram avaliados quanto a pressuposição de normalidade pelo teste de Komogorov-Smirnov antes e após a transformação dos mesmos (KAPS E LAMBERSON, 2004). Todas as análises estatísticas desse estudo foram realizadas com software Minitab® 17 e OriginPro 2016 64 bit.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de longevidade não apresentaram normalidade $p < 0,05$, para o teste de Komogorov-Smirnov. Resultado semelhante foi encontrado após a transformação dos dados pelas funções de ligação em todas as amostras analisadas. Estudando a longevidade de sementes de soja em condições constante de umidade e temperatura, durante o armazenamento, Santos (2018), encontrou resultados semelhantes.

Os valores médios obtidos na determinação do teor de água (b.u) das sementes de soja (Tabela 2) mantiveram-se estáveis durante as avaliações da longevidade, entrando em equilíbrio com o ambiente próximo de 11 ± 1 de teor de água (b.u).

Todas as cultivares foram submetidas à mesma temperatura e umidade relativa (Tabela 2), no entanto, os cinco lotes que foram avaliados tiveram comportamentos diferentes com relação à longevidade. Todo esse comportamento observado pode estar relacionado com o ambiente de cultivo ou a fatores genéticos das cultivares (ELLIS E ROBERTS, 1980b).

As cultivares BRS 6979 IPRO, 8579 RSF IPRO, 7677 RSF IPRO e M7119 IPRO apresentaram viabilidade inicial de aproximadamente 98%, e apenas a cultivar 8473 RSF RR apresentou viabilidade inicial de 100%. No entanto, a longevidade das cinco cultivares foi diferente, sendo que as cultivares BRS 6979 IPRO e 7677 RSF IPRO tiveram longevidade total de 83 dias, a cultivar 8473 RSF RR foi a cultivar que teve o menor tempo de avaliação uma vez que as sementes foram avaliadas até 70 dias e as cultivares 8579 RSF IPRO e M7119 IPRO foram longevas até os 76 dias.

Tabela 2 - Parâmetros de avaliação da viabilidade em função do tempo (dias) observado para as cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) de sementes de soja

Cultivares	Ambiente (Temp-UR)	Teor de água (%)	Viabilidade Inicial (%)	Longevidade (Total)
BRS 6979 IPRO	35°C - 75%	11,06	98,3	83
7677 RSF IPRO	35°C - 75%	11,53	98,7	83
8473 RSF RR	35°C - 75%	12,34	100	70
8579 RSF IPRO	35°C - 75%	12,81	98,3	76
M7119 IPRO	35°C - 75%	12,26	98,7	76

Temp= temperatura em graus Celsius

UR=umidade relativa

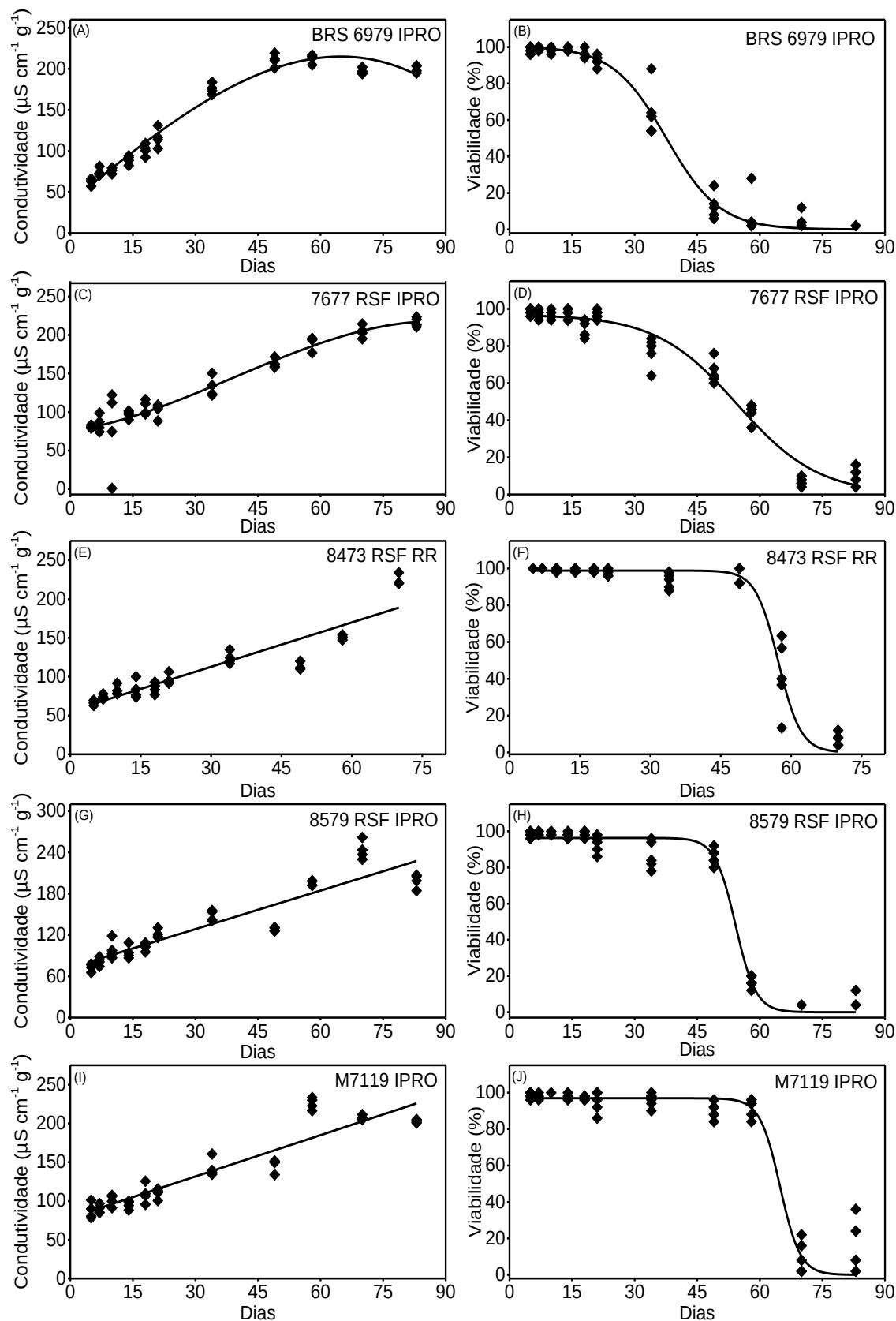
O aumento da condutividade elétrica e o decréscimo da viabilidade durante o tempo de armazenamento pode ser observado na Figura 2, onde observou-se diferenças entre as cinco cultivares avaliadas de acordo como o período de tempo em que elas foram armazenadas. Toda essa variação pode ser relacionada ao período em que as sementes sofreram perda da viabilidade durante o armazenamento. Segundo Finch-Savage e Bassel, (2016), mesmo estando armazenadas sob condições iguais de temperatura e umidade, lotes de sementes podem diferir quando à viabilidade, pois existem fatores ligados à condição genética de cada cultivar como predecessor desta característica.

A análise dos dados de protrusão, condutividade elétrica e seus ajustes em função dos dias de avaliação, descritas na Figura 2 e na Tabela 2, indicou que a classificação das cinco cultivares avaliados mostrou níveis de potencial fisiológico variados. Pode-se observar que o comportamento da viabilidade, avaliado pela protrusão radicular, reduziu de forma lenta até os 30 dias para as cultivares BRS 6979 IPRO e 7677 RSF IPRO (Figura 2, A e B), após o ponto de redução da aceleração da condutividade elétrica, que ocorreu aproximadamente aos 14 dias (Tabela 2). No entanto, após esse período, observou-se aumento acelerado na queda de viabilidade para estas cultivares.

As cultivares 8473 RSF IPRO, 8579 RSF IPRO e M7119 IPRO (Figura 2 C, D e E), apresentaram baixa redução de viabilidade até 50 dias, mesmo que o ponto de redução da aceleração da condutividade elétrica tenha sido observado aos 21, 14, e 18 dias, respectivamente.

O comportamento da condutividade elétrica e viabilidade estão representados na Tabela 2, o ponto de redução na aceleração da condutividade elétrica define o período em que as sementes ainda não apresentavam perda de viabilidade. Aparentemente o estado vítreo ainda encontrava-se mantido. O estado vítreo é formado por um líquido muito viscoso capaz de reduzir as reações químicas que necessitam de difusão molecular, atuando assim, na preservação das estruturas celulares, evitando o colapso celular (OOMS et al., 1993; SANTOS, 2000), além de impedir a formação de cristais de gelo durante o armazenamento em baixas temperaturas (PAMMENTER; BERJAK, 1999). Desta forma, a sementes mantêm seu sistema estável, ou com menor taxa de deterioração.

Figura 2 - Comportamento da condutividade e protrusão dos cultivares BRS 6979 IPRO (A e B), 7677RSF IPRO (C e D), 8473 RSF IPRO (E e F), 8579 RSF IPRO (G e H) e M7119 IPRO (I e J), durante o período avaliação



Para os resultados de condutividade elétrica, observou-se elevação durante todo o período de avaliação, como observado por Mira et al. (2011), para sementes de quatro espécies de selvagens de Brassicaceae. O aumento na condutividade está relacionado às maiores lixiviações de eletrólitos pelas sementes de soja, caracterizando assim, maior deterioração (FESSEL et al., 2010; FESSEL et al., 2006). A comparação de sementes e lotes de sementes que apresentam o mesmo teor de água antes do envelhecimento minimiza as diferenças na intensidade de deterioração, pois sementes são geralmente mais sensíveis quando expostas a alta umidade e alta temperatura (MARCOS FILHO, 1999).

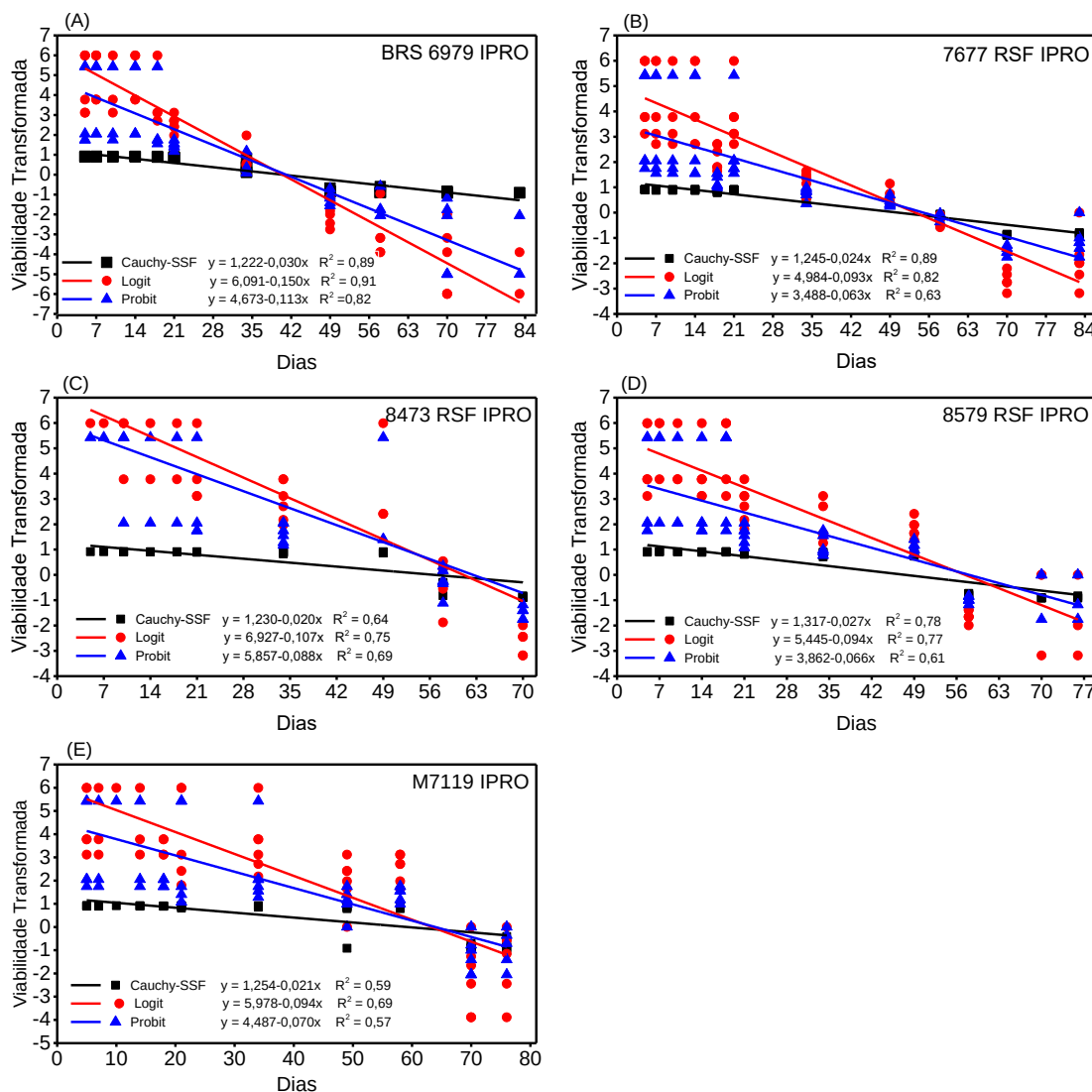
Desta forma, verificou-se que a cultivar 8473 RSF, obteve queda de protrusão mais tardia, aos 21 dias, e resultado mais tardio de deterioração na condutividade elétrica. As cultivares BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, 8579 RSF IPRO e M7119 IPRO, apresentaram comportamentos semelhantes em relação à protrusão, pois apresentaram queda de protrusão de forma mais rápida e maior condutividade elétrica durante o período de avaliação.

A perda da protrusão da cultivar 7677 RSF IPRO e da cultivar 8579 RSF IPRO ocorreu aos 14 dias (Figura 2 e Tabela 3). Ambas mostraram comportamento intermediário, quando relacionadas com as cultivares BRS 6979 IPRO e M7119 IPRO, com a condutividade elevada e decréscimo da protrusão, o que pode ter sido motivado pelas condições de temperatura e umidade relativa, e até mesmo pela presença de sementes deterioradas dentro dos lotes avaliados.

Tabela 3 - Equação do ajuste da viabilidade e da condutividade elétrica e número de dias de estabilidade (ponto de intersecção) da viabilidade para sementes de cinco cultivares de soja

Cultivares	Condutividade	Viabilidade	Dias
BRS 6979	$Y = -0,0003x^3 -$	$Y = 100,284 / (1 + \exp(0,155 * (x -$	14
I PRO	$0,0032x^2 + 4,205x + 37,692$	$37,566)))$	
7677 RSF	$Y = -$	$Y = 96,918 / (1 + \exp(0,102 * (x -$	14
I PRO	$0,00033x^3 + 0,041x^2 + 0,509x + 81,398$	$54,624)))$	
8473 RSF RR	$Y = 1,587x + 61,850$	$Y = 98,879 / (1 + \exp(0,411 * (x -$	21
		$57,265)))$	
8579 RSF	$Y = 1,866x + 72,533$	$Y = 96,301 / (1 + \exp(0,407 * (x -$	14
I PRO		$54,177)))$	
M7119 I PRO	$Y = 1,777x + 78,301$	$Y = 96,902 / (1 + \exp(0,414 * (x -$	18
		$64,851)))$	

Figura 3 - Ajustes das regressões lineares dos dados transformados pelas funções de Probit, Logit, Cauchy-SSF das cultivar BRS 6979 IPRO (A), 7677 RSF IPRO (B), 8473 RSF RR 8579 (C), RSF IPRO(D) e M7119 IPRO (E) de sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e umidade relativa (UR) de 75%



Para os dados de protrusão foram estimados a viabilidade inicial (K_i) e $1/\sigma$ de cada função (Tabelas 4 e 5). A função Cauchy-SSF foi a que apresentou maior estabilidade para o valor σ , valores próximos de σ são esperados uma vez que a espécie é a mesma (soja) segundo Ellis e Robert (1980b). A qualidade dos modelos pode ser verificada pelo R^2 ajustado, com isso pode-se observar que o ajuste linear das funções Cauchy-SSF e Logit foi superior ao modelo Probit antes e após a correção dos dados para todas as cultivares analisadas. Estes resultados estão de

acordo com os encontrados por Faria et al. (2020), em que a função Logit ajustou-se melhor aos dados de longevidade de sementes de soja comparativamente ao modelo Probit.

Tabela 4 - K_i , $1/\sigma$, desvio amostral (S) e coeficiente de determinação das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit de sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR)

Cultivar	Função	K_i	$1/\sigma$	Desvio Amostral (S)	R ² Ajustado (%)
BRS 6979 IPRO	Cauchy-SSF	1,223	-0,030	0,279	89,00
	Logit	6,138	-0,153	1,138	92,60
	Probit	4,738	-0,117	1,334	84,10
7677 RSF IPRO	Cauchy-SSF	1,245	-0,025	0,231	88,70
	Logit	5,034	-0,098	1,125	84,00
	Probit	3,365	-0,061	1,219	63,30
8473 RSF RR	Cauchy-SSF	1,317	-0,025	0,369	74,80
	Logit	7,594	-0,143	1,813	79,60
	Probit	6,472	-0,122	1,781	74,60
8579 RSF IPRO	Cauchy-SSF	1,320	-0,028	0,365	78,40
	Logit	5,344	-0,089	1,300	74,80
	Probit	4,679	-0,113	1,568	76,30
M7119 IPRO	Cauchy-SSF	1,274	-0,021	0,441	59,40
	Logit	6,329	-0,113	1,925	68,40
	Probit	5,074	-0,103	1,911	44,20

Tabela 5 - K_i , $1/\sigma$, desvio amostral (S) e coeficiente de determinação, após o período anterior a redução da aceleração da CE, das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit de sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR)

Cultivar	Função	K_i	$1/\sigma$	Desvio Amostrai (S)	R^2 Ajustado (%)
BRS 6979 IPRO	Cauchy-SSF	1,343	-0,032	0,338	82,80
	Logit	5,658	-0,146	0,971	92,30
	Probit	3,807	-0,104	1,093	82,80
7677 RSF IPRO	Cauchy-SSF	1,568	-0,030	0,228	90,20
	Logit	4,800	-0,095	1,008	82,30
	Probit	2,742	-0,051	0,759	70,50
8473 RSF RR	Cauchy-SSF	2,074	-0,038	0,394	78,00
	Logit	9,423	-0,174	2,252	69,30
	Probit	7,020	-0,132	2,229	56,50
8579 RSF IPRO	Cauchy-SSF	1,624	-0,033	0,383	79,70
	Logit	5,296	-0,089	1,360	68,80
	Probit	5,141	-0,121	1,499	77,10
M7119 IPRO	Cauchy-SSF	1,763	-0,030	0,496	62,30
	Logit	7,210	-0,129	2,041	67,50
	Probit	5,767	-0,115	1,896	65,60

O parâmetro que é usualmente definido para avaliar a longevidade de sementes é o P50, ou seja, ele avalia o tempo em que as amostras perdem 50% da sua viabilidade, no entanto, informações de outras porcentagens de sementes vivas são importantes, principalmente para bancos de germoplasma. Para cada porcentagem P_i de sementes vivas foi determinado o intervalo de interesse II (P_i , obtido pelos dados originais), e pelos dados da viabilidade inicial (K_i) e $1/\sigma$ de cada função foi determinado o P_i (estimado pela função) (Tabelas 6 e 7), para avaliar se os valores de cada P_i estavam contidos no intervalo de interesse II.

Para as cultivares BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, 8473 RSF RR e M7119 IPRO, as funções propostas Cauchy-SSF, Logit e Probit estimaram o P50 dentro do intervalo de interesse esperado, visto que o P50 é um dos principais parâmetros para avaliar a qualidade da predição na determinação dos modelos estudados. No entanto, para a cultivar 8579 RSF IPRO nenhum dos modelos estimou o P50 dentro do intervalo de interesse (Tabelas 6 e 7).

Ao avaliar o número de porcentagens estimadas pelas funções de forma correta (Tabelas 6 e 7), observou-se que o modelo de Probit após a correção dos dados teve uma melhoria de 10% Logit de 8% e Cauchy-SSF de 7%. O que comprova que a utilização da informação da Condutividade Elétrica auxilia na determinação da longevidade. A função Logit foi a que apresentou a maior porcentagem de acertos de P_i dentro do intervalo $II(i)$ após as correções dos dados.

Tabela 6 - P15 ao P95 sem correção dos dados das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit para sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR)

Cultivar	Função	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70	P 65	P 60	P 55	P 50*	P 45	P 40	P 35	P 30	P 25	P 20	P 15	P 10
	II	18-21	21-34	21-34	21-34	21-34	21-34	21-34	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	49-58
BRS 6979 IPRO	Cauchy-SSF	11,08	12,34	13,99	16,11	18,78	22,05	25,95	30,41	35,33	40,48	45,64	50,55	55,02	58,92	62,19	64,86	66,98	68,62
	Logit	21,21	25,94	28,91	31,16	33,02	34,66	36,14	37,53	38,87	40,18	41,49	42,82	44,22	45,71	47,35	49,23	51,51	54,53
	Probit	26,44	29,54	31,64	33,30	34,73	36,01	37,20	38,33	39,42	40,50	41,57	42,66	43,79	44,98	46,26	47,69	49,35	51,45
	II	14-18	14-18	18-34	18-34	18-34	34-49	49±1	49-58	49-58	49-58	58±1	49-58	58-70	58-67	58-68	58-69	58-70	70-83
7677 RSF IPRO	Cauchy-SSF	14,47	16,02	18,04	20,63	23,90	27,92	32,69	38,17	44,19	50,51	56,83	62,85	68,32	73,10	77,11	80,38	82,97	84,99
	Logit	21,77	29,13	33,76	37,26	40,16	42,71	45,02	47,18	49,26	51,30	53,34	55,42	57,59	59,91	62,47	65,39	68,94	73,64
	Probit	28,09	34,02	38,02	41,20	43,93	46,38	48,66	50,81	52,90	54,95	57,00	59,08	61,24	63,51	65,96	68,69	71,87	75,87
	II	34-49	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	83±
M7119 IPRO	Cauchy-SSF	18,05	19,84	22,17	25,16	28,93	33,56	39,06	45,38	52,33	59,62	66,91	73,85	80,17	85,68	90,30	94,07	97,07	99,40
	Logit	30,28	36,65	40,66	43,70	46,21	48,41	50,42	52,29	54,09	55,86	57,62	59,42	61,30	63,31	65,53	68,06	71,13	75,21
	Probit	33,46	37,00	39,39	41,29	42,92	44,39	47,03	47,03	48,28	49,50	50,73	51,97	53,26	54,62	56,08	57,71	59,61	62,01
	II	18-21	21-34	34-49	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	58-70	58-70
8579 RSF IPRO	Cauchy-SSF	15,52	16,89	18,68	20,98	23,88	27,43	31,66	36,51	41,85	47,45	53,05	58,38	63,23	67,47	71,02	73,92	76,22	78,01
	Logit	27,39	35,48	40,56	44,41	47,60	50,39	52,93	55,31	57,59	59,83	62,07	64,36	66,74	69,29	72,10	75,32	79,21	84,38
	Probit	26,97	30,20	32,38	34,11	35,60	36,93	38,17	39,34	40,47	41,59	42,71	43,84	45,02	46,25	47,59	49,07	50,80	52,98
	II	21-34	49-58	49-59	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	58-70	58-70	58-70	58-70	58-70	58-70	58-70
8473 RSF RR	Cauchy-SSF	16,85	18,34	20,30	22,82	25,98	29,87	34,49	39,80	45,63	51,75	57,87	63,70	69,01	73,63	77,52	80,68	83,20	85,15
	Logit	32,83	37,89	41,06	43,47	45,46	47,20	48,79	50,28	51,70	53,10	54,50	55,93	57,42	59,01	60,77	62,78	65,21	68,44
	Probit	39,60	42,58	44,59	46,19	47,56	48,79	49,93	51,01	52,06	53,09	54,12	55,17	56,25	57,39	58,63	60,00	61,60	63,61

Tabela 7 - P15 ao P95 após correção dos dados das cultivares (BRS 6979 IPRO, 7677 RSF IPRO, M 7119 IPRO, 8579 RSF IPRO e 8473 RSF RR) pelas funções Cauchy-SSF, Logit e Probit para sementes de soja, armazenadas em temperatura constante de 35°C e 75% umidade relativa (UR)

Cultivar	Funções	P 95	P 90	P 85	P 80	P 75	P 70	P 65	P 60	P 55	P 50*	P 45	P 40	P 35	P 30	P 25	P 20	P 15	P 10
	II	18-21	21-34	21-34	21-34	21-34	21-34	21-34	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	34-49	49-58
BRS 6979 IPRO	Cauchy-SSF	14,09	15,27	16,81	18,79	21,29	24,35	28,00	32,18	36,78	41,60	46,43	51,03	55,21	58,86	61,92	64,42	66,40	67,94
	Logit	18,99	23,96	27,08	29,44	31,40	33,12	34,68	36,14	37,55	38,92	40,30	41,70	43,17	44,73	46,46	48,44	50,83	54,01
	Probit	20,73	24,21	26,56	28,43	30,03	31,47	32,81	34,07	35,30	36,50	37,71	38,93	40,19	41,53	42,97	44,57	46,44	48,79
	II	14-18	14-18	18-34	18-34	18-34	34-49	49±1	49-58	49-58	49-58	58±1	49-58	58-70	58-67	58-68	58-69	58-70	70-83
7677 RSF IPRO	Cauchy-SSF	22,66	23,93	25,59	27,72	30,41	33,70	37,63	42,13	47,07	52,27	57,46	62,41	66,91	70,83	74,13	76,81	78,94	80,60
	Logit	20,15	27,80	32,60	36,24	39,26	41,90	44,30	46,55	48,71	50,83	52,95	55,11	57,37	59,78	62,43	65,48	69,16	74,05
	Probit	21,48	28,59	33,39	37,20	40,48	43,41	46,14	48,72	51,22	53,68	56,14	58,64	61,22	63,95	66,89	70,16	73,97	78,77
	II	34-49	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	49-70	83±
M7119 IPRO	Cauchy-SSF	29,39	30,67	32,35	34,50	34,59	40,53	44,48	49,02	53,28	59,10	64,93	70,48	75,52	79,92	83,62	86,63	89,02	90,88
	Logit	33,42	39,02	42,54	45,21	47,45	49,35	51,11	52,76	54,38	55,93	57,48	59,07	60,72	62,49	64,43	66,66	69,36	72,95
	Probit	35,84	39,00	41,14	42,83	44,28	45,59	46,80	47,94	49,06	50,15	51,24	52,35	53,50	54,71	56,01	57,47	59,16	61,29
	II	18-21	21-34	34-49	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	58-70	58-70
8579 RSF IPRO	Cauchy-SSF	22,18	23,33	24,83	26,76	29,19	32,17	35,72	39,79	44,26	48,96	53,66	58,13	62,20	65,75	68,73	71,16	73,09	74,59
	Logit	27,11	35,27	40,41	44,29	47,51	50,33	52,90	55,30	57,60	59,86	62,13	64,43	66,84	69,42	72,25	75,50	79,43	84,65
	Probit	29,01	32,03	34,06	35,68	37,07	38,31	40,56	40,56	41,62	42,66	43,71	44,77	45,86	47,02	48,26	49,65	51,27	53,30
	II	21-34	49-58	49-59	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	49-58	58-70	58-70	58-70	58-70	58-70	58-70	58-70
8473 RSF RR	Cauchy-SSF	31,08	32,08	33,39	35,06	37,17	45,44	46,39	50,48	53,45	56,56	59,67	62,63	65,33	67,68	69,65	71,26	72,54	73,53
	Logit	37,44	41,62	44,23	46,21	47,84	49,28	51,80	54,48	56,28	56,28	57,17	58,07	59,02	60,03	61,14	62,42	63,96	66,02
	Probit	40,88	43,64	45,50	46,98	48,25	49,40	51,46	54,28	55,76	55,76	56,49	57,24	58,01	58,82	59,69	60,67	61,81	63,24

5 CONCLUSÕES

A cultivar 8473 RSF RR, apresentou maior longevidade em relação às demais cultivares dos lotes avaliados. No entanto, para as análises dos Pi entre P10 ao P95 a função de Probit foi a que apresentou maior porcentagem de Pi dentro do intervalo esperado II, mostrando melhoria de 10% quando comparado o antes e o após a correção dos dados a partir da redução da aceleração da Condutividade Elétrica.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JUNIOR, P.C.; CORREA P.C.; QUEIROZ, D.M.; Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, v. 4, n. 3. p.403-408, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. (Ed.). The seed vigor test committe. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, Nebraska: AOSA, 1983. 93p. (The handbook on seed testing, Contribution 32).
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; GOUVEIA, J. P. G.; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p. 519-24, 2003.
- BERBERT, P. A.; SILVA, J. S.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: Silva, J. S. (Ed) **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p.63-107.
- BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; EBERHARDT, P. E. R.; EICHHOLZ, C. J.; GREHS, R. C.; Indicações Técnicas para Produção de Sementes de Feijão para a Agricultura Familiar. Londrina-PR, Embrapa Clima Temperado, 2013. p. 16. (**Circular Técnica, 141**).
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H. W.M.; NONOGAKI, H.; **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. 408 p.
- BONAT, W. H; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; ZEVIANI, W. M.; Regression models with responses on the unity Interval: specification, estimation and comparison. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.30, n.4, p.415-431, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras Para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 2009.
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.272-278, 2012.
- 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.9-17, 2009
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência e tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 5.ed., 2012. 590p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: Safra 2019/2020, 12º levantamento, setembro de 2020**.

Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> . Acesso em: 20 fev. 2021.

CORDEIRO, G.; DEMÉTRIO, C. **Modelos lineares generalizados**. In: Simpósio de estatística aplicada à experimentação agronômica. SEAGRO,12.; reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria. RBRAS, 52. Santa Maria. Minicurso. Santa Maria: UFSM, 2007.

CORRÊA, P. C.; JÚNIOR, P. C. A. Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.1, n.1, p. 21-26, 1999.

COSTA, C. J.; VILLELA, F. A.; BERTONCELLO, M. R.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L. Pré-hidratação de sementes de ervilha e sua interferência na avaliação do potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.198-207, 2008.

CRAMER, J. S. **The origins and development of the Logit model**. University of Amsterdam and Tinbergen Institute, Amsterdam. 2003. Disponível em: <http://www.cambridge.org/resources/0521815886/1208_default.pdf>. Acesso em: 24/08/2018.

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

DELOUCHE, J.C. **Seed maturation**. In: handbook of Seed Technology. Mississippi State University, State College, Mississippi. p.17-21,1971.

DESWAL, D. P.; SHEORAN, I. S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology**, v.21, p.179-185, 1993.

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 Agricola**, v.53, p.31-42, 1996.

DORNBOS, D. L. Production environment and seed quality. In: Basra, A. S, ed. **Seed Quality: basic mechanisms and agricultural implications**, New York: Haworth Press, 119-145, 1995.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, n. 1, p.19-23, 2008.

ELLIS, R. H.; PIETÁ FILHO, C. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. **Seed Science Research**, Wallingford, v.2, n.1, p.9-15, Mar., 1992.

ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, v.45, p.13-30, 1980a.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E. H. Towards a rational basis for testing seed quality. In: Hebblethwaite PD, ed. **Seed production**. London: Butterworths, 605–635, 1980b.

FARIA, R. Q.; SANTOS, A. R. P.; AMORIM, D. J.; CANTÃO, R. F.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Probit or Logit? Which is the better model to predict the longevity of seeds? **Seed Science Research**, v. 30, p.49–58, 2020.

FARIA, R. Q. **Modelagem matemática na predição da longevidade de sementes de soja e milho**. 2019. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP, 2019.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; PAULA, R. C.; PANOBIANCO, M. Teste de condutividade elétrica de sementes de milho influenciada pela temperatura e período de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

FINCH-SAVAGE, W. E. BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation, **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016.

FINCH-SAVAGE, W. E. The use of population-based threshold models to describe and predict the effects of seedbed environment on germination and seedling emergence of crops. In: Benecch-Arnold. RL. Sánchez RA, eds. **Handbook of seed physiology: pplications to agriculture**, New York: Haworth Press, 51–96. 2004.

FINNEY, D. J. **Probit Analysis**, 2. ed. London: Cambridge University Press. 1962. 318 p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING., A. A; PÁDUA, G. P.; LORINI.; HENNING, F. A. I Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (**Documentos**, 380).

GOMES NETO, V.; RIBEIRO, P. R.; DEL-BEM, L. E.; BERNAL, D. T.; LIMA, C. S. T.; LIGTERINKE, W.; FERNANDEZ, L. G.; CASTRO, R. D. Characterization of the superoxide dismutase gene family in seeds of two *Ricinus communis*L. genotypes submitted to germination under water restriction conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 155, p.453-463, 2018.

HAMPTON, J. G.; JOHNSTONE, K. A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 20, n. 3, p. 677-686, 1992.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR P. Potential versus actual seed performance—can vigour testing provide an answer. **Seed Science and Technology**, p. 215–228, 1990.

HODGKIN, THEGARTY, T. W. Genetically determined variation in seed germination and field emergence of Brassica oleracea. **Annals of Applied Biology**, p. 407–413, 1978.

ISELY, D. Vigor test. **Proceedings of Association of Official Seed Analysts**, v.47, p.176-182,1957.

ISTA. **International rules for seed testing**. Basserdorf, Switzerland: International Seed Testing Association, 2015.

JOOSEN, R. V. L.; KODDE, J.; WILLEMS, L. A. J.; LIGTERINK, W.; VAN DER PLAS, L. H. W.; HILHORST, H. W. M. Germinator: A software package for high-through put scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. **The Plant Journal**, v. 62, n. 1, p. 148-159, 2010.

KAPS, M.; LAMBERSON, W. R. **Biostatistics for animal science**. London: CABI publishing, 2004. 459 p.

KONG, F.; CHANG, S. K. C.; LIU, Z.; WILSON, L. A. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, v.73, p.134-144, 2008.

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-PR, Embrapa Clima Temperado, 2018. p. 24. (**Circular Técnica, 136**).

LEOPOLD, A. A. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. **Plant Physiology**, v. 65, n. 4, p. 1096-8, 1980.

LEPRINCE, O.; PELLIZZARO, A.; BERRIRI, S.; BUITINK, J.; Late seed maturation: drying without dying. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 827-841, 2017.

LIMA, L. B.; MARCOS FILHO, J. Procedimentos para condução de testes de vigor baseados na tolerância ao estresse térmico em sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1 p. 045-053, 2011.

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

LUDWIG, V.; BERGHETTI, M. R. P.; ROSSATO, F. P.; WENDT, L. M.; SCHULTZ, E. E.; BOTH, V.; BRACKMANN, A. Impact of controlled atmosphere storage on physiological quality of soybean seed, **Journal of Stored Products Research**, v. 90, p. 101749, 2021.

MALAKER, P. K.; MIAN, I. H.; BHUIYAN, K. A.; AKANDA, A. M.; REZA, M. M. A. Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v.33, p.469-477, 2008.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-21.

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

MCDONALD, M.B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Association of official Seed Analysts**, v.65, p.109-139, 1975

MIRA, S.; ESTRELLES, E.; BENITO, M. E. G.; CORBINEAU, F. Biochemical changes induced in seeds of Brassicaceae wild species during ageing. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cracóvia, v. 33, n. 5, p. 1803- 1809, 2011.

MURPHY, J. B.; NOLAND, T. L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, v. 69, n. 2, p. 428-431, 1982.

OLIVEIRA, P. D.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; GIOMO, G. S.; LIMA, R. R.; CARDOSO, R. A. Physiological aspects of coffee beans, processed and dried through different methods, associated with sensory quality. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.2, p.211-220, 2013.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, p.97-105, 2007.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.621-627, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v.27, p.945-949, 1999.

PEREIRA, C. C.; OLIVEIRA, P. D.; ISQUIERDO, E. P., BORÉM, F. M.; TAVEIRA, J. H. S.; ALVES, G. E. Análise fisiológica de grãos de café submetidos a diferentes tipos de processamento e métodos de secagem. **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 22 a 25 de Agos. de 2011.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v.10, p.81-100, 1986.

POWELL, A. A. Seed vigor and its assessment. In: Basra AS. ed. **Handbook of seed science and technology**. CRC Press, Boca Raton, p. 60–648, 2006.

RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V. C.; CHAVES, T. H.; FERREIRA, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1123-1135, 2011.

ROBERTS, E. H. Storage environment and the control of viability. In: ROBERTS, E. H. (Ed.). **Viability of seeds**. New York: Syracuse University Press, p.14-58, 1972.

SANTOS, A. R. P. **Funções de ligação na determinação de longevidade de sementes de soja**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2018.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; GIANDONI, V. C. R.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Cauchy, Cauchy–Santos–Sartori–Faria, Logit, and Probit Functions for Estimating Seed Longevity in Soybean, **Agronomy Journal**, v. 111, n. 6, p.2929-2939, 2019.

SANTOS, A. R. P.; FARIA, R. Q.; AMORIM, D. J.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Função de ligação de Cauchy para avaliação de P50 de longevidade de sementes de soja. **Caderno de Trabalhos do III Encontro Luso-Galaico de Biometria**, Aveiro – Portugal, 2018.

SANTOS, J. F.; ALVARENGA, R. O.; TIMÓTEO, T. S.; CONFORTO, E. C.; MARCOS FILHO J.; VIEIRA R. D. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, 33: 743-751, 2011.

SCHMIDT, D. H.; TRACY, W. F. Duration of imbibition affects seed leachate conductivity in sweet corn. **HortScience**, v.24, p.346-347, 1989.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R.C.T.; NOGUEIRA, A.P.O. Importância econômica da semente. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologia de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecenias, 2013. p.11-14.

STYER, R. C.; CANTLIFFE, D. J. O. Changes in seed structure and composition during development and their effects on leakage in two endosperm mutants of sweet corn. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.108, p.721-728, 1983.

VIEIRA, R. D. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p.1-26.

VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Avaliação do potencial fisiológico de sementes. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecenias, 2013. p.109-127.

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, n. 9, p.1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; RUCKER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, v.29, p. 599-608, 2001.

VILLELA, F. A.; PEREZ, W. B. Tecnologia de sementes - coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Coord.). **Germinação - do básico ao aplicado**, Porto Alegre: Artmed, 2004. p.265-80.

WANG, L.; HU, W.; ZAHOOOR, R.; YANG, X.; WANG, Y. Cool temperature caused by late planting affects seed vigor via altering kernel biomass and antioxidant metabolism in cotton (*Gossypium hirsutum* L.), **Field Crop. Res.**, 236 (2019), pp. 145-154.

WHITTINGTON, W. J. Genetic regulation of germination. In: Heydecker W, ed. **Seed ecology**. London: Butterworths, p. 5–30, 1973.