

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
16/08/2025

At the author's request, the full text of this thesis/
dissertation will not be available online until
Aug. 16, 2025

LARISSA CHAMMA

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

Botucatu

2024

LARISSA CHAMMA

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agricultura.

Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Coorientador: Rômulo Pedro Macêdo Lima

Botucatu

2024

C448i Chamma, Larissa
Interação genótipo x ambiente na qualidade de sementes de soja / Larissa Chamma. -- Botucatu, 2024
112 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva
Coorientador: Rômulo Pedro Macêdo Lima

1. Fisiologia de Sementes. 2. Aquisição de qualidade fisiológica. 3. Longevidade. 4. Percevejo. 5. Dessecante.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

AUTORA: LARISSA CHAMMA

ORIENTADOR: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

COORIENTADOR: RÔMULO PEDRO MÂCEDO LIMA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Agricultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



Voluntário Livre-Docente JOÃO NAKAGAWA (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



Prof. Dr. JOSÉ BALDIN PINHEIRO (Participação Virtual)
Genética / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz



Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



Prof.ª Dr.ª DAIANI AJALA LUCCAS (Participação Presencial)
Agronomia / Faculdade Gran Tietê



Botucatu, 16 de fevereiro de 2024.

*Aos meus amados,
Denise, Reinoldo e Marcelo,*

dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais e irmão, Reinoldo Chamma, Denise Chamma e Marcelo Chamma, expresso minha profunda gratidão pelo apoio incondicional. Ter o respaldo de vocês em todas as decisões que tomei na vida foi de imensa importância, especialmente nos momentos mais desafiadores.

Aos meus avós, Madalena e Ayrton (in memoriam), sempre que me senti desanimada, suas palavras ecoavam em minha mente, pedindo-me para ser forte, e isso me deu forças para seguir em frente. À minha tia Ana Clara, com sua sabedoria, esteve ao meu lado nos momentos em que mais precisei, oferecendo-me seu valioso auxílio.

Ao Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, pela orientação, ensinamentos, paciência e principalmente por sempre acreditar, me incentivar e apoiar em várias decisões. O momento que estive sob sua orientação me fez crescer muito.

Ao Dr. Rômulo Pedro Macêdo Lima, meu coorientador por todo suporte na análise de dados e discussões científicas.

Ao Prof. Dr. João Nakagawa, por seus valiosos ensinamentos e por ser inspiração tanto profissional como pessoal.

Ao Prof. Dr. José Baldin Pinheiro, pela paciência, ensinamentos e confiança que tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores e funcionários da FCA, Profa. Marcia, Prof. Juliano Calonego, Cirinho, Seu Casemiro e Dirceu. Em especial a nossa querida Valéria Giandoni, sempre nos apoiando e incentivando.

Ao meu grande amigo de vida, Gustavo Ferreira da Silva, que sempre esteve ao meu lado, em momentos de extrema alegria e tristeza. Profissional incrível que me ensinou e apoiou muito. Lutamos muito juntos e continuaremos lutando, estarei sempre comemorando cada vitória sua.

Ao Jesús Almada Diaz pelo apoio emocional fundamental nos momentos finais da escrita da tese. Sua presença constante, incentivo e motivação foram essenciais durante uma fase desafiadora, equilibrando trabalho e conclusão do projeto

Aos meus amigos e colegas de laboratório, Barbara, Samara, Thiago, Barbara, Dennis, Ana, Ruan, Matias e Carol. A todos os estagiários que sempre muito solícitos apoiaram estas pesquisas.

Aos colegas do Laboratório de Diversidade, Genética e Melhoramento de Plantas (DGM), especial à Patricia, Adriano, Maiara e Emanuel.

Aos membros da banca, titulares e suplentes, que aceitaram o convite para a defesa da dissertação.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação, especialmente à Adriana, Débora e Taynan, por toda colaboração nas questões burocráticas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, pelo fornecimento de toda infraestrutura para realização da minha tese.

RESUMO

A qualidade fisiológica das sementes é determinada pela interação entre o genótipo e o ambiente. Parâmetros como germinação, vigor e longevidade são adquiridos durante a formação e desenvolvimento das sementes. No entanto, fatores bióticos e abióticos influenciam consideravelmente a dinâmica desse processo de aquisição da qualidade. Pesquisas têm buscado uma maior compreensão de como aspectos genéticos e ambientais (sejam eles bióticos ou abióticos), podem impactar na qualidade das sementes. Desta forma, os objetivos desta pesquisa foram: (i) avaliar o efeito da interação genótipo x ambiente no desempenho de genótipos de soja (ii) investigar como o ataque de percevejo impacta na aquisição da qualidade fisiológica das sementes (iii) compreender como o manejo de dessecante impacta na aquisição da qualidade fisiológica das sementes. Para o primeiro estudo, foram testados 14 genótipos de soja em quatro diferentes ambientes de produção, com e sem controle de percevejo, em relação à sua estabilidade, adaptabilidade e desempenho quanto à qualidade fisiológica de sementes. Para o segundo estudo, duas linhagens de soja (RIL36 e 251) foram testadas em ambientes com e sem controle de percevejo, em diferentes estádios fenológicos (R7.1, R7.2, R7.3, R8.1 e R9), quanto à alteração do processo de aquisição de qualidade fisiológica de sementes. O último estudo avaliou um genótipo de soja, em ambientes com e sem o uso de dessecante em R7.3, e a alteração na aquisição de qualidade fisiológica de sementes. Os resultados desta pesquisa indicaram que, entre os parâmetros de qualidade fisiológica das sementes, a longevidade apresenta a maior herdabilidade. Além disso, a população de percevejos prolonga o ciclo de cada fase de aquisição de qualidade fisiológica das sementes e modifica a dinâmica do processo de aquisição, uma vez que a tolerância à dessecação e o vigor passam a ser adquiridos nos estádios R7.3 e R8.1, respectivamente. O uso de dessecantes também afeta o processo de aquisição, especialmente a longevidade.

Palavras-chave: *Glycine max* (L) Merrill; interação genótipo e ambiente; longevidade; percevejo; manejo de dessecação.

ABSTRACT

The physiological quality of seeds is determined by the interaction between genotype and environment. Parameters such as germination, vigor, and longevity are acquired during seed formation and development. However, biotic and abiotic factors significantly influence the dynamics of this quality acquisition process. Research has sought a better understanding of how genetic and environmental aspects (whether biotic or abiotic) can impact seed quality. Thus, the objectives of this research were to (i) evaluate the effect of genotype x environment interaction on the performance of soybean genotypes, (ii) investigate how stink bug infestation impacts the acquisition of physiological seed quality, and (iii) understand how desiccant management impacts the acquisition of physiological seed quality. For the first study, 14 soybean genotypes were tested in four different production environments, with and without stink bug control, regarding their stability, adaptability, and performance in relation to seed physiological quality. For the second study, two soybean lines (RIL36 and 251) were tested in environments with and without stink bug control at different phenological stages (R7.1, R7.2, R7.3, R8.1, and R9) to assess the alteration in the process of acquiring seed physiological quality. The last study evaluated a soybean genotype in environments with and without the use of desiccant at R7.3 and the alteration in the acquisition of seed physiological quality. The results of this research indicated that among the physiological quality parameters of seeds, longevity has the highest heritability. Additionally, the stink bug population prolongs the cycle of each phase of physiological quality acquisition of the seeds and modifies the dynamics of the acquisition process, as desiccation tolerance and vigor are acquired at stages R7.3 and R8.1, respectively. The use of desiccants also affects the acquisition process, especially longevity.

Keywords: *Glycine max* (L) Merrill; genotype and environment interaction; longevity; stink bug; desiccant management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1: ANÁLISE DE INTERAÇÃO GENÓTIPO E AMBIENTES PARA PARAMÊTROS DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA E TOLERÂNCIA AO COMPLEXO DO PERCEVEJO

Figura 1 - Dados diários de temperaturas máximas, médias e mínimas e precipitação pluvial durante a condução da cultura da soja em Anhumas e Botucatu. 30

Figura 2 - Flutuação da população média de percevejos avaliado pelo pano de batida para os experimentos conduzidos em Anhuma e Botucatu na safra de 2019/2020, ao longo do desenvolvimento da cultura. A linha tracejada é referente ao nível de controle de percevejo para produção de sementes (um percevejo/m).....38

Figura 3 - Visão geral dos dados para todas as oito variáveis mensuradas (T50, PC, G, MSPA, MSR, CPA, CR e p50), contendo: dimensão dos fatores ENV, GEN e REP; representações de boxplots das médias para cada fator; histogramas com a curva de distribuição normal para cada variável; e scatter plots com a linha de regressão entre as variáveis aos pares. ENV = ambiente; GEN = genótipo; REP = repetição; T50 = tempo para alcance de 50% da germinação; PC = primeira contagem da germinação aos cinco dias; G = germinação final; MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; CPA = comprimento de parte aérea; CR = comprimento de raiz; p50 = tempo para perda de 50% da germinação.....39

Figura 4 - Heatmaps de performance dos 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) ao longo dos quatro ambientes associados ao complexo do percevejo. A) Tempo para alcance de 50% da germinação (T50); B) Primeira contagem da germinação aos cinco dias (PC); C) Germinação final (G); D) Massa seca de parte aérea (MSPA); E) Massa seca de raiz (MSR); F) Comprimento de parte aérea (CPA); G) Comprimento de raiz (CR); H) Tempo para perda de 50% da germinação (p50). Os genótipos foram pintados com cores diferentes de acordo a classificação prévia quanto à qualidade fisiológica de sementes e resistência ao complexo de percevejos

(Tabela 1). Eixo x: genótipos; Eixo y: ambientes; P1 = genitor IAC 100; P2 = genitor CODETEC 215; AC = Anhumá com controle químico do percevejo; AP = Anhumá sem controle químico do percevejo; BC = Botucatu com controle químico do percevejo; BP = Botucatu sem controle químico do percevejo..... 40

Figura 5 - Matriz da correlação de Pearson entre os pares das oito variáveis mensuradas (T50, PC, G, MSPA, MSR, CPA, CR e p50) nos 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) ao longo dos quatro ambientes associados ao complexo do percevejo. As correlações positivas são mostradas em azul e as negativas em vermelho. A intensidade da cor é proporcional ao coeficiente de correlação (valor exibido em cada caixa de fundo pela interação aos pares das variáveis). ***: $p < 0.001$; T50 = tempo para alcance de 50% da germinação; PC = primeira contagem da germinação aos cinco dias; G = germinação final; MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; CPA = comprimento de parte aérea; CR = comprimento de raiz; p50 = tempo para perda de 50% da germinação. 45

Figura 6 - Biplots de efeitos principais do modelo aplicado Additive Main Effect and Multiplicative interaction (AMMI) indicando a interação genótipo-ambiente para os 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) ao longo dos quatro ambientes associados ao complexo do percevejo. (A) AMMI1 com a variável p50 (eixo x). No eixo y, PC1 explica 66.4% da variação total. (B) PCA dos dados de qualidade fisiológica de sementes dos 14 genótipos de soja ao longo dos quatro ambientes, explicando 94.1% da variação total. No eixo x, PC1 explica 64.4%, enquanto no eixo y, PC2 explica 29.7%. Os genótipos foram pintados com cores diferentes de acordo a classificação prévia quanto à qualidade fisiológica de sementes e resistência ao complexo de percevejos (Tabela 1). PCA = Principal Component Analysis; ENV = ambiente; P1 = genitor IAC 100; P2 = genitor CODETEC 2015; AC = Anhumá com controle químico do percevejo; AP = Anhumá sem controle químico do percevejo; BC = Botucatu com controle químico do percevejo; BP = Botucatu sem controle químico do percevejo. 46

Figura 7 - Biplots de efeitos principais do modelo aplicado Genotype plus Genotype-
vs-Environment interaction (GGE) indicando múltiplas interações para os
14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) ao longo dos quatro
ambientes associados ao complexo do percevejo. A) Análise de GGE Biplot
mostrando um PCA para representação e discriminação dos genótipos ao
longo dos ambientes de avaliação. B) Análise de GGE Biplot na modalidade
Which-won-where view indicando dentro do PCA um polígono para
identificação dos melhores genótipos ao longo dos ambientes avaliados. C)
Análise de GGE Biplot mostrando um PCA com foco no ambiente,
estabelecendo um ranking entre os ambientes e indicando qual é o mais
ideal (próximo do ponto central dos círculos concêntricos) para se avaliar a
qualidade fisiológica de sementes e resistência ao complexo de percevejos
nesta população. D) Análise de GGE Biplot mostrando um PCA que
estabelece um ranking entre os genótipos (quanto mais próximo do ponto
central dos círculos concêntricos, melhor performance) ao longo dos
ambientes avaliados com base no desempenho médio e estabilidade. Os
genótipos foram pintados com cores diferentes de acordo a classificação
prévia quanto à qualidade fisiológica de sementes e resistência ao
complexo de percevejos (Tabela 1). PCA = Principal Component Analysis;
ENV = ambiente; P1 = genitor IAC 100; P2 = genitor CODETEC 2015; AC
= Anhumá com controle químico do percevejo; AP = Anhumá sem controle
químico do percevejo; BC = Botucatu com controle químico do percevejo;
BP = Botucatu sem controle químico do percevejo.47

Figura 8 - Melhores valores médios de predição linear imparcial para as oito variáveis
mensuradas nos 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs). A) Tempo
para alcance de 50% da germinação (T50). B) Primeira contagem da
germinação aos cinco dias (PC). C) Germinação final (G). D) Massa seca
de parte aérea (MSPA). E) Massa seca de raiz (MSR). F) Comprimento de
parte aérea (CPA). G) Comprimento de raiz (CR). H) Tempo para perda de
50% da germinação (p50). Os genótipos foram pintados com cores
diferentes de acordo a classificação prévia quanto à qualidade fisiológica
de sementes e resistência ao complexo de percevejos (Tabela 1). P1 =
genitor IAC 100; P2 = genitor CODETEC 2015.....51

Figura 9 - Ranking dos 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) em ordem crescente com base no índice MSTI. Os genótipos foram pintados com cores diferentes de acordo a classificação prévia quanto à qualidade fisiológica de sementes e resistência ao complexo de percevejos (Tabela 1). MSTI = Multitrait stability index; P1 = genitor IAC 100; P2 = genitor CODETEC 215. 52

Capítulo 2 - MODIFICAÇÕES FISIOLÓGICAS ACARRETADAS PELOS PERCEVEJO DURANTE O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

Figura 1 - Dados diários de temperaturas máximas, médias e mínimas e precipitação pluviométrica durante a condução da cultura da soja na primeira (I) e segunda (II) safra..... 68

Figura 2 - Flutuação da população média de percevejos avaliado pelo pano de batida para os experimentos conduzido nas Botucatu na safra de 2019/2020 e 2021/2022, ao longo do desenvolvimento da cultura. A linha tracejada é referente ao nível de controle de percevejo (um percevejo/ m). Os círculos nas retas representam o período do início do florescimento de sementes a R6, o triângulo representa o início do processo de maturação de sementes. 81

Figura 3 - Média dos dias após o florescimento em diferentes estádios fenológicos para duas linhagens de soja 36 e 241, em ambientes com (C) e sem controle de percevejo (P), nas safras 2019/2020 e 2020/2021..... 81

Figura 4 - Nota de retenção foliar para as duas linhagens de soja 36 e 241, em ambientes com (C) e sem controle de percevejo (P), na primeira (2019/2020) e segunda safra (2020/2021)..... 82

Capítulo 3 - DOES FORCED PLANT MATURATION BY APPLYING HERBICIDE WITH DESICCANT ACTION INFLUENCE SEED LONGEVITY IN SOYBEAN?

Figure 1 -Percentage Mean values of germination (%-(A)), first germination count (FCG-%-(B)), seedling length (cm-(C)), dry seedling mass (g-(D)), emergence speed index (ESI-(E)), emergence (%-(F)) and time in hours for 50% of the seeds to germinate (T50-(G)) for desiccated soybeans in 7.3 and

control as a function of the desiccant application. This means that the same uppercase letters do not differ in the comparison between the desiccation treatments within the same year of evaluation by the LSD test at 5% of probability.94

Figure 2 - Germination ability over storage time in the first (A) and second season (B). Time in days to loss of 50% of viability (P50) in the first and second season (C) for desiccated soybeans in 7.3 and control. The seeds were stored at a temperature of 35 ° °C and relative humidity of 75%.95

Figure 3 - Green seeds (%) in treatments with and without desiccant in the first and second season para for desiccated soybeans in 7.3 and control. This means that the same uppercase letters do not differ in the comparison between the desiccation treatments within the same year of evaluation by the LSD test at 5% of probability.96

Figure 4 - Mean germination values (%-(A)), first germination count (FCG-%-(B)), seedling length (cm-(C)), dry seedling mass (g-(D)), emergence (%-(E)), emergence speed index (ESI-(F)), time for 50% of the seeds to germinate (T50–hours-(G)), of soybean seeds as a function of desiccant application after ten months of cold storage for desiccated soybeans in 7.3 and control. Means followed by the same uppercase letters on the line do not differ from each other by the LSD test at 5% of probability.97

Figure 5 - Maximum, average, and minimum temperatures and rainfall during the first and second seasons of soybean. A- First season (2018/2019) B- Second season (2019/2020)..... 102

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: ANÁLISE DE INTERAÇÃO GENÓTIPO E AMBIENTES PARA PARAMÊTROS DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA E TOLERÂNCIA AO COMPLEXO DO PERCEVEJO

- Tabela 1 - Classificação de genótipos quanto a qualidade fisiológica de sementes e resistência ao complexo de percevejos.....28
- Tabela 2 - Análise combinada de variância (ANOVA) para as oito variáveis mensuradas (T50, PC, G, MSPA, MSR, CPA, CR e p50) nos 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) ao longo dos quatro ambientes associados ao complexo do percevejo.....42
- Tabela 3 - Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos a partir de modelo linear misto para as oito variáveis mensuradas (T50, PC, G, MSPA, MSR, CPA, CR e p50) nos 14 genótipos de soja (dois parentais).50
- Tabela 4 - Predição do diferencial de seleção para as oito variáveis mensuradas (T50, PC, G, MSPA, MSR, CPA, CR e p50) com base no índice MSTI.53
- Tabela 5 - Top1 do ranking com base no índice MSTI para os 14 genótipos de soja (dois parentais e 12 RILs) ao longo dos quatro ambientes associados ao complexo do percevejo.....54

Capítulo 2 - MODIFICAÇÕES FISIOLÓGICAS ACARRETADAS PELOS PERCEVEJO DURANTE O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

- Tabela 1 - Características químicas do solo a 0-20 cm de profundidade antes da semeadura69
- Tabela 2 - Caracterização dos estádios fenológicos da soja.71
- Tabela 3 - Análises de qualidade fisiológica de sementes, germinação de semente úmida (%), tolerância a dessecação (germinação de semente seca) (%),

primeira contagem (%), comprimento de plântula (cm), massa de matéria seca, T50 e P50, para linhagem de soja 36, em ambientes com (C) e sem controle de percevejo (P), ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento para a safra de 2019/2020. 76

Tabela 4 - Análises de qualidade fisiológica de sementes, germinação de semente úmida (%), tolerância a dessecação (germinação de semente seca) (%), primeira contagem (%), comprimento de plântula (cm), massa de matéria seca, T50 e P50, para linhagem de soja 241, em ambientes com (C) e sem controle de percevejo (P), ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento para a safra de 2019/2020. 77

Tabela 5 - Análises de qualidade fisiológica de sementes, germinação de semente úmida (%), tolerância a dessecação (germinação de semente seca) (%), primeira contagem (%), comprimento de plântula (cm), massa de matéria seca, T50 e P50, para linhagem de soja 36, em ambientes com (C) e sem controle de percevejo (P), ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento para a safra de 2020/2021. 79

Tabela 6 - Análises de qualidade fisiológica de sementes, germinação de semente úmida (%), tolerância a dessecação (germinação de semente seca) (%), primeira contagem (%), comprimento de plântula (cm), massa de matéria seca, T50 e P50, para linhagem de soja 241, em ambientes com (C) e sem controle de percevejo (P), ao longo diferentes estádios de desenvolvimento para a safra de 2020/2021. 80

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	23
CAPÍTULO 1 - ANÁLISE DE INTERAÇÃO GENÓTIPO E AMBIENTES PARA PARAMÊTROS DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA E TOLERÂNCIA AO COMPLEXO DO PERCEVEJO	25
1.1 INTRODUÇÃO	25
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
1.3 RESULTADOS	37
1.4 DISCUSSÃO	54
1.5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS:	60
CAPÍTULO 2 - MODIFICAÇÕES FISIOLÓGICAS ACARRETADAS PELOS PERCEVEJO DURANTE O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA	65
2.1 INTRODUÇÃO	65
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	67
2.3. RESULTADOS	75
2.4 DISCUSSÃO	82
2.5 CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS	87
CAPÍTULO 3 - DOES FORCED PLANT MATURATION BY APPLYING HERBICIDE WITH DESICCANT ACTION INFLUENCE SEED LONGEVITY IN SOYBEAN?	91
3.1 INTRODUCTION.....	91
3.2. RESULTS.....	93
3.3 DISCUSSION	98
3.4 MATERIALS AND METHODS.....	100
3.5 CONCLUSIONS	105
REFERENCES	106
CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
REFERÊNCIAS	111

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta herbácea e autógama da família Fabaceae, originária do leste da Ásia e utilizada desde 2.838 a.C. na China. É uma das principais commodities agrícolas globais, com o Brasil como maior produtor mundial, estimando-se uma produção de 149,4 milhões de toneladas para a safra 2023/24 (Conab, 2024). A soja é uma fonte crucial de proteína e óleo, impulsionando seu cultivo para uso humano, animal e na produção de biocombustíveis (Khan *et al.*, 2020). A demanda crescente tem levado à expansão do plantio, especialmente nas regiões Centro-Oeste, Norte e MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (Pratap *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2019). Portanto, a produção de sementes de alta qualidade é fundamental para expandir a área de cultivo (Du *et al.* 2018; Yong *et al.* 2018; Zhang *et al.* 2020), sendo determinante para o rendimento da colheita.

Sementes de alta qualidade fisiológica apresentam maior velocidade de germinação, vigor e longevidade (Finchsavage; Bassel, 2016; Mugnol; Eichelberger, 2008). Desse modo demonstram estabelecimento superior da cultura, refletindo, portanto, na produtividade da lavoura (França Neto; Krzyzanowski; Henning, 2010; Schuch *et al.*, 2009).

O desenvolvimento da semente é constituído por três fases denominadas: embriogênese, maturação (enchimento de grãos) e a maturação tardia (Marcos-Filho, 2015). Na semente de soja, a qualidade fisiológica é adquirida sequencialmente durante a fase de desenvolvimento (Lima *et al.*, 2017).

As sementes de soja iniciam a fase de maturação no estágio R7.1, momento no qual 50 a 75% das folhas e vagens estão amarelas e a semente adquire capacidade de germinação e tolerância à dessecação. No estágio R7.3, fase intermediária da maturação, mais de 76% das folhas e vagens estão amarelas e as sementes estão desligadas da planta-mãe e começam a adquirir longevidade (capacidade de manter viável durante o armazenamento). Nos estádios R8.1 a R9, inicia-se a fase de maturação tardia, sendo que em R8.1 a R8.2 a soja apresenta mais de 50% de desfolha da planta (Fehr; Caviness, 2020; Lima *et al.*, 2017). Na fase de maturação tardia, a longevidade aumenta consideravelmente até o estágio R9, que corresponde às sementes maduras (Zanakis *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2017).

O processo de desenvolvimento de sementes e aquisição de qualidade fisiológica de sementes é um processo controlado geneticamente e influenciado pelo ambiente. Estudos têm demonstrado que o ambiente de produção da planta-mãe e principalmente o manejo impactam no processo de aquisição de qualidade fisiológica. Silva *et al.*, (2022), observaram que até mesmo o sistema de manejo sendo convencional ou plantio direto consolidado apresentam diferenças nas sistemáticas da aquisição. Nesse sentido, práticas de manejo visando o controle de percevejos e o uso de dessecante podem impactar o processo de maturação de sementes e a exposição a pragas e doenças.

O uso de dessecante proporciona vantagens relacionadas à redução da umidade das sementes, uniformidade de maturação e menor período de exposição no campo, minimizando os danos irreversíveis da deterioração pela umidade (Delgado *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2005; Fipke *et al.*, 2021). Já os ataques de percevejos, além de afetar as sementes, ocasionam distúrbios fisiológicos, retardando a maturação (soja louca) (Fiorin *et al.*, 2011), na qual ocorre a presença de hastes verdes e retenção foliar (Godoy *et al.*, 2007), quando as vagens já estão em ponto de colheita, favorecem a ação de doenças sobre os grãos e as sementes, que provocam danos antes e após a colheita (Moreira; Aragão, 2009).

Apesar do conhecimento prévio de que não só o ambiente, mas também a genética do material influencia a qualidade de sementes, essa característica ainda é pouco buscada pelos programas de melhoramento genético, tendo em vista que ainda não se tem muito conhecimento em relação à herdabilidade das características genéticas que impactam cada um dos parâmetros de qualidade fisiológica de sementes.

Desta forma nesta pesquisa, buscou-se verificar o efeito da interação genótipo X ambiente na qualidade de sementes e como efeitos ambientais impactam no processo de aquisição de qualidade fisiológica de sementes, entre eles o manejo da população de percevejos e o uso de dessecantes. Estas respostas possibilitarão a decisão correta do manejo dos campos de produção. Frente o exposto, os objetivos do trabalho foram (i) avaliar o efeito da interação genótipo x ambiente no desempenho de genótipos de soja; (ii) investigar como o ataque de percevejo impacta na aquisição da qualidade fisiológica das sementes; (iii) compreender como o manejo de dessecante impacta na aquisição da qualidade fisiológica das sementes.

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 16/08/2025

At the author's request, the full text of this thesis/ dissertation will not be available online until Aug. 16, 2025

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da semente adquirida ao longo do processo de formação e desenvolvimento das sementes é influenciada pela interação genótipo e ambiente. A intensidade dessas interações na qualidade de semente é dependente da fase de ocorrência, do tipo de estresse e das características intrínsecas do genótipo. Desta forma, o conhecimento dos processos envolvidos na aquisição da qualidade fisiológica de sementes e sua relação com efeitos bióticos e abióticos torna-se essencial para auxiliar na tomada de decisão para manejo dos campos de produção.

Nesse sentido, essa pesquisa visou demonstrar inicialmente como a interação genótipo e ambiente impacta na qualidade das sementes e as características fisiológicas influenciadas pelo efeito genótipo, sendo os principais parâmetros herdáveis a longevidade de sementes e o potencial germinativo. Além disso, observou-se que a população de percevejos durante o processo de maturação de sementes além de prolongar as fases de desenvolvimento, altera o processo de aquisição de vigor. Verificou-se também que o uso de desseccante altera o processo de aquisição de longevidade acarretando a perda mais rápida da viabilidade e do vigor das sementes. Os conhecimentos gerados nesta pesquisa poderão contribuir para o correto manejo de sementes de soja visando à máxima qualidade fisiológica.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, F. F. *et al.* *Bacillus subtilis* changes the root architecture of soybean grown on nutrient-poor substrate. **Rhizosphere**, v. 18, p. 100348, 2021.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos - safra 2023/2024** - N. 7 - Sétimo levantamento - fev/2024. Brasília: CONAB, v.7, 2024. 128 p.
- DELGADO, C. M. L.; COELHO, C. M. M.; BUBA, G. P. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. **Journal of Seed Science**, v.37, n.2, p.154–61, 2015.
- DU, J. B. *et al.* Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. **Journal of integrative agriculture**, v.17, n.4, p.747-754, 2018.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p. (Special Report, 80).
- 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.
- FIPKE, G. M. *et al.* Morphology and enzymatic activity of seedlings from wheat desiccated in pre-harvest. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.44, 2021.
- FIORIN, R. A. *et al.* Métodos de aplicação e inseticidas no controle de percevejos na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 139-145, 2011.
- FRANCA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **A importância do Uso de Semente de Soja de Alta Qualidade**. 2010.
- GODOY, C. B.; ÁVILA, C. J.; ARCE, C. C. M. Controle biológico de percevejos fitófagos da soja na região de Dourados, MS. 2007. LIMA, J. J. P. *et al.* Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. **PLoS one**, San Francisco, p.1-25, 2017.
- KHAN, B. A. *et al.* Impact of planting date and row spacing on growth, yield and quality of soybean: A Review. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 17, p. 121-129, 2020.
- LIMA, J. J. P. *et al.* Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. **PLoS One**, v. 12, p.1-25, 2017
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: Abrates, 2015. 660p
- MOREIRA, H. E.; ARAGÃO, Flávio Damasceno. **Manual de pragas da soja**. 2009.

MUGNOL, D.; EICHELBERGER, L. **Qualidade de sementes**. EMBRAPA. Passo, 2008.

PEREIRA; T. *et al.* Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. **Planta Daninha**, v.33, n.3, p.441-50, 2015.

PRATAP, A. *et al.* Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1: **Breeding**, p. 293-321, 2012.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 144-149, 2009.

SILVA, G. F. D. *et al.* Physiological Quality of Soybean Seeds as a Function of Soil Management Systems and **Pre-Harvest Desiccation**. **Agronomy**, v. 13, n. 3, p. 847, 2023.

YONG, T. W. *et al.* Optimized nitrogen application methods to improve nitrogen use efficiency and nodule nitrogen fixation in a maize-soybean relay intercropping system. **Journal of Integrative Agriculture**, v.17, n.3, p.664-676, 2018.

ZANAKIS, G. N.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J. Seed quality in relation to seed development and maturation in three genotypes of soybean (*Glycine max*). **Experimental Agriculture**, Oxford, v.30, p.139-156, 1994.

ZHANG, P. *et al.* Multiplex CRISPR/Cas9-mediated metabolic engineering increases soya bean isoflavone content and resistance to soya bean mosaic virus. **Plant biotechnology journal**, v.18, n.6, p.1384-1395, 2020.