



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DANIEL KERNKAMP

**METODOLOGIA PARA SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
GENÓTIPOS DE SOJA QUANTO A TOLERÂNCIA A
GERMINAÇÃO DAS SEMENTES NA VAGEM EM PRÉ-
COLHEITA**

Londrina
2022

DANIEL KERNKAMP

**METODOLOGIA PARA SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
GENÓTIPOS DE SOJA QUANTO A TOLERÂNCIA A
GERMINAÇÃO DAS SEMENTES NA VAGEM EM PRÉ-
COLHEITA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Sadayo Assari Takahashi.

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

K39 Kernkamp, Daniel.
Metodologia para seleção e caracterização de genótipos de soja quanto a tolerância a germinação das sementes na vagem em pré-colheita / Daniel Kernkamp. - Londrina, 2022.
67 f. : il.

Orientador: Lúcia Sadayo Assari Takahashi.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Deterioração - Tese. 2. Embebição - Tese. 3. Glycine Max (L.) Merrill - Tese. 4. Qualidade fisiológica - Tese. I. Takahashi, Lúcia Sadayo Assari . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

DANIEL KERNKAMP

**METODOLOGIA PARA SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
GENÓTIPOS DE SOJA QUANTO A TOLERÂNCIA A
GERMINAÇÃO DAS SEMENTES NA VAGEM EM PRÉ-
COLHEITA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Sadayo Assari
Takahashi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. José Henrique Bizzarri Bazzo
Centro Universitário Filadélfia - UNIFIL

Dr^a. Neucimara Rodrigues Ribeiro
GDM Genética do Brasil

Londrina, 25 de fevereiro de 2022.

*A minha família, em especial:
À minha esposa Emanuelli e aos meus pais João e Else,
pelo amor e oportunidade de estudar,*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela constante presença em minha vida, sempre me abençoando, iluminando meus caminhos e direcionando todas as decisões.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de novos conhecimentos, bem como pela concretização deste trabalho.

A CAPES, CNPq e Fundação Araucária, pelo apoio financeiro ao programa de pós-graduação e incentivo a pesquisa.

A professora, Dr^a. Lúcia Sadayo Assari Takahashi pela confiança, apoio, ensinamentos, incentivo e acompanhamento desta pesquisa e por todo conhecimento compartilhado durante o período de orientação.

A empresa GDM Genética do Brasil, em especial a MSc. Rafael Félix da Costa e MSc. Nizio Fernando Giasson pela compreensão em permitir me ausentar do trabalho e pela oportunidade de realizar a presente pesquisa.

A toda equipe de Testing e Sanidade da GDM Genética do Brasil sediada em Cambé-PR, em especial a Dr^a. Neucimara Ribeiro, MSc. Janaina Netzel de Matos e ao MSc. Rafael Ravaneli Chagas, pelo auxílio e dedicação nas atividades relacionadas aos experimentos.

Aos meus colegas de Mestrado, em especial Caroline Aparecida Moreira Leite pela troca de experiência, conhecimento e amizade que sem dúvidas contribuíram com a concretização do presente estudo.

A minha esposa Emanuelli Mariana Maingué Kernkamp pelo amor, dedicação, paciência, pelo companheirismo, compreensão, auxílio, dispensados a mim, permitindo minha dedicação aos estudos e aperfeiçoamento profissional constante.

Aos meus pais, pelo amor, dedicação, investimento na minha educação e constantes esforços em proporcionar as melhores condições para meu desenvolvimento e aprendizado.

Enfim, o meu reconhecimento a todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para a realização da presente pesquisa.

RESUMO

KERNKAMP, Daniel. **Metodologia para seleção e caracterização de genótipos de soja quanto a tolerância a germinação das sementes na vagem em pré-colheita**. 2022. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

A soja se destaca no cenário mundial como uma das principais espécies agrícolas e enfrenta problemas na produção de sementes com qualidade fisiológica, o que afeta diretamente a produtividade das lavouras. A ocorrência de chuvas em pré-colheita está relacionada a diminuição da qualidade fisiológica de sementes de soja. Sendo necessário o desenvolvimento de metodologias que permitam a seleção de genótipos com tolerância a umidade em pré-colheita. O objetivo do presente estudo foi desenvolver uma metodologia que avalie a tolerância de genótipos de soja em situação de umidade em pré-colheita, para a caracterização de linhagens, visando auxiliar os programas de melhoramento genético. O estudo foi realizado em campo e em laboratório, em Cambé - PR. Os experimentos foram conduzidos com 27 genótipos de soja contrastantes quanto ao comportamento ao excesso de umidade em pré-colheita, em Cambé – PR por duas safras, e Lucas do Rio Verde – MT por uma safra. Para escolha das linhagens foram considerados estudos anteriores e relatos de produtores de sementes. Foram avaliados: massa de cem sementes, germinação de sementes na vagem, germinação em rolo de papel, primeira contagem de germinação, coloração das sementes no interior das vagens e teores de óleo e proteína. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativa, comparados pelo teste de Scott-Knott, a 5% probabilidade, também realizada análise de correlação. O teste de germinação de vagens em rolo de papel e o teste de coloração das sementes possibilitaram a separação dos genótipos suscetíveis e tolerantes a deterioração das sementes em pré-colheita, em diferentes safras e tempos de exposição a umidade. O teste de coloração de sementes no interior das vagens apresentou ser promissor para seleção e caracterização de genótipos de soja com tolerância a chuva em pré-colheita. Foi possível identificar genótipos de soja com tolerância a chuva em pré-colheita, e serem utilizados em programas de melhoramento genético como fontes para característica de tolerância a chuva em pré-colheita, assim como os genótipos a serem evitados por serem susceptíveis.

Palavras-chave: deterioração; embebição; *Glycine Max* (L.) Merrill; qualidade fisiológica; permeabilidade da vagem.

ABSTRACT

KERNKAMP, Daniel. **Methodology for selection and characterization of soybean genotypes in terms of tolerance to seed germination in the pod in pre-harvest.** 2022. 67 p. Dissertation (Master in Agronomy) - State University of Londrina, Londrina, 2022.

Soybean stands out on the world stage as one of the main agricultural species and faces problems in the production of seeds with physiological quality, which directly affects crop productivity. The occurrence of pre-harvest rainfall is related to a decrease in the physiological quality of soybean seeds. It is necessary to develop methodologies that allow the selection of genotypes with tolerance to humidity in pre-harvest. The objective of the present study was to develop a methodology that assesses the tolerance of soybean genotypes in pre-harvest moisture conditions, for the characterization of lines, in order to assist in genetic improvement programs. The study was carried out in the field and in the laboratory, in Cambé - PR. The experiments were carried out with 27 soybean genotypes contrasting in their behavior to excess moisture in pre-harvest, in Cambé - PR for two seasons, and Lucas do Rio Verde - MT for one season. For the choice of lines, previous studies and reports from seed producers were considered. The following were evaluated: mass of one hundred seeds, germination of seeds in the pod, germination in a paper roll, first germination count, color of seeds inside the pods and oil and protein contents. The experimental design used was completely randomized, with four replications. The data obtained were submitted to analysis of variance, and when significant, compared by the Scott-Knott test, at 5% probability, correlation analysis was also performed. The pod germination test in a paper roll and the seed color test allowed the separation of susceptible and tolerant genotypes to seed deterioration in pre-harvest, in different harvests and times of exposure to moisture. The interior of the pods showed to be promising for the selection and characterization of soybean genotypes with rain tolerance in pre-harvest. It was possible to identify pre-harvest rain-tolerant soybean genotypes and be used in genetic improvement programs as sources for pre-harvest rain-tolerant traits, as well as the genotypes to be avoided because they are susceptible.

Key Words: deterioration; *Glycine Max* (L.) Merrill; physiological quality; soaking; permeability of the pod.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Campo Experimental da GDM Genética Ltda – Cambé-PR local do cultivo para produção das vagens nas safras 2019/20 e 2020/21.26
- Figura 2** - Temperaturas mínima e máxima registradas na Estação Meteorológica IDR-PR de Londrina e precipitação registrada na estação experimental GDM Cambé – PR de 15/01/2020 a 30/03/2020.27
- Figura 3** - Temperaturas mínima e máxima registradas na Estação Meteorológica IDR-PR de Londrina e precipitação registrada na estação experimental GDM Cambé – PR de 15/01/2021 a 30/03/2021.28
- Figura 4** - Armazenamento dos feixes de plantas de soja colhidas em R8 (maturação plena).29
- Figura 5** - Momento de colheita das plantas de soja em R8, com 95% das vagens secas, safra 2019/20 (A), safra 2020/21 (B).30
- Figura 6** - Separação das vagens das plantas de soja (A) e acondicionamento em recipientes de isopor (B).31
- Figura 7** - Trilhadora de planta individual modelo SB.31
- Figura 8** - Campo Experimental da GDM Genética Ltda – Lucas do Rio Verde -MT para produção de sementes.33
- Figura 9** - Balança de precisão modelo Shimadzu AY220 utilizada para medição da massa de 100 sementes.34
- Figura 10** - Germinação de vagens em rolo de papel (A) e disposição dos rolos no germinador modelo MANGELSDORF (B).35
- Figura 11** - Teste de germinação: contador de sementes (A), acondicionamento no germinador (B) e germinação no dia da 1ª contagem (C).36
- Figura 12** - NIR modelo SpectraStar XT para leitura de teor de óleo e proteínas das sementes dos genótipos estudados.37
- Figura 13** - Grupos com 12 vagens para exposição a solução corante (A), vagens na solução durante os tempos de embebição em temperatura ambiente de 24°C (B).38

Figura 14 - Medição do volume de 60 ml de água (A), solução corante (B) e imersão das vagens na solução (C).....	38
Figura 15 - Vagens secando após serem expostas a embebição em solução corante (A), para os diferentes tempos de exposição (B).	39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Descritores morfológicos dos genótipos de soja utilizados nos experimentos para caracterização quanto a tolerância a chuva em pré colheita, cor de flor, cor da vagem (POD), cor da pubescência (PUB), grupo de maturidade (GM), tipo de crescimento (HC) e evento biotecnológico presente.....24
- Tabela 2** - Produtos fitossanitários, dosagens e dias após a emergência das plântulas para produção das vagens.....26
- Tabela 3** - Genótipos de soja, grupo de maturidade (GM) e data da colheita das plantas.....29
- Tabela 4** - Produtos fitossanitários, dosagens e dias após a emergência das plântulas do plantio em Lucas do Rio Verde – MT.32
- Tabela 5** - Primeira contagem e germinação das sementes dos 27 genótipos de soja, em função de diferentes ambientes de cultivo.....42
- Tabela 6** - Massa de cem sementes (g) de 27 genótipos de soja, em função de diferentes ambiente em Cambé - PR.44
- Tabela 7** - Correlação entre índice de vagens abertas – vag.ab, índice de vagens germinadas – vag.germ, índice de sementes germinadas – sem.germ, nota de coloração das sementes – Nota, teor de óleo – óleo, teor de proteínas – Prot e peso de cem sementes - PCS.45
- Tabela 8** - Valores médios dos índices de vagens abertas, vagens germinadas e sementes germinadas por teste de germinação em rolo de papel – Cambé – PR, 2021.48
- Tabela 9** - Notas de coloração das sementes nas vagens dos genótipos avaliados, nas safras 2019/2020 e 2020/2021 nos tempos de 24, 48, 72 e 96 horas.51
- Tabela 10** - Comparação das médias de notas de coloração das vagens nos tempos de exposição de 24, 48, 72 e 96 horas.....52
- Tabela 11** - Teor de óleo (%) e proteína (%) para os genótipos estudados em função das safras analisadas.....56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	ASPECTOS GERAIS DA SOJA	13
2.2	QUALIDADE DE SEMENTES	14
2.3	FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES	17
2.4	PROPRIEDADES DOS TEGUMENTOS E VAGENS QUE CONFEREM TOLERÂNCIA Á UMIDADE	19
2.4.1	Tegumento	19
2.4.2	Vagens	20
2.5	METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE TOLERÂNCIA UMIDADE EM PRÉ- COLHEITA.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	ESCOLHA DOS GENÓTIPOS	24
3.2	PRODUÇÃO DE VAGENS – EXPERIMENTO DE CAMPO - VERÃO.....	25
3.3	COLHEITA DAS VAGENS	28
3.3.1	Coleta das Plantas no Campo	28
3.3.2	Separação das Vagens	30
3.4	EXPERIMENTO DE CAMPO – INVERNO	31
3.5	ANÁLISES EM LABORATÓRIO.....	33
3.5.1	Massa de Cem Sementes	33
3.5.2	Teste de Germinação das Sementes nas Vagens.....	34
3.5.3	Teste de Germinação	35
3.5.4	Teor de Óleo e Proteína das Sementes	36
3.5.5	Análise de Coloração de Sementes na Vagem	37
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) apresenta relevante expressão no mercado mundial, devido a sua importância na alimentação humana e animal. Pertencendo à família *Fabaceae*, gênero *Glycine*, se destaca entre as dez espécies agrícolas com maior importância econômica, sendo uma das principais fontes de concentrados proteicos e óleo vegetal (DÍAZ *et al.*, 1992).

Com a crescente demanda pelo consumo e exportação de soja, faz-se necessário o desenvolvimento de cultivares que atendam às necessidades dos agricultores, frente a diferentes condições de cultivo e ambiente. Essa necessidade é suprida pelos programas de melhoramento genético, os quais buscam cultivares superiores, com maior produtividade, resistência a doenças e insetos, adaptabilidade atrelada a rusticidade e tolerância ao estresse como a falta ou excesso de chuva.

A utilização de sementes com qualidade superior permite o rápido e uniforme estabelecimento da lavoura, refletindo positivamente em uma maior tolerância a estresses iniciais, sendo assim um fator a ser considerado para obtenção de elevadas produtividades. Plantas de soja originadas de sementes de maior qualidade fisiológica, necessitam de menor tempo para emitirem nós produtivos sucessivos na haste principal, influenciando também os componentes de rendimento.

A perda de qualidade das sementes se inicia ainda no campo na pré-colheita, ou seja, entre a maturidade fisiológica e a colheita, em que as sementes ficam armazenadas no campo esperando terem umidade que permita a operação de colheita. Muitas vezes essa fase coincide com chuvas, ocasionando deterioração por umidade, e até mesmo germinação das sementes ainda na vagem.

A qualidade das sementes pode ser afetada por adversidades climáticas, como a chuva em pré-colheita, muitas vezes associada a elevadas temperaturas, que resultam na aceleração do processo de deterioração e conseqüentemente na queda do desempenho fisiológico das sementes.

A qualidade fisiológica de um lote de sementes é adquirida durante todo o processo de produção, sendo fundamental o ajuste adequado das datas de semeadura para que as fases fenológicas da cultura coincidam com condições climáticas favoráveis.

A ocorrência de chuvas em pré-colheita ocasiona enrugamento e

rachaduras no tegumento das sementes, devido à expansão e contração deste tecido em função da exposição a ciclos alternados de umidade. Genótipos de soja com vagens com menor permeabilidade apresentam menor deterioração das sementes a campo.

A identificação das características dos genótipos, intrínsecas às vagens e sementes, que impedem ou dificultam a germinação das sementes antes da colheita, é uma ferramenta para os programas de melhoramento na seleção e caracterização de linhagens voltadas a qualidade de sementes.

É de grande valia o desenvolvimento de metodologias que possam auxiliar os programas de melhoramento a selecionarem genótipos superiores quanto ao fator qualidade de sementes, frente a ocorrência de chuvas em pré-colheita, atrelada a interação genótipo x ambiente e as variações ambientais.

Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi desenvolver uma metodologia que avalie a tolerância de genótipos de soja em situação de umidade em pré-colheita, para a caracterização de linhagens, visando auxiliar os programas de melhoramento genético na seleção de genótipos com maior tolerância ao excesso hídrico em pré-colheita.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA SOJA

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma planta leguminosa com centro de origem no continente asiático, na China, com o provável genitor a espécie *Glycine ussuriensis* (LI *et al.*, 2010). A partir da Ásia, a soja migrou para outras regiões, com destaque para América do Norte, Europa e América do Sul (BONETTI; FERRAZ, 1981; CHUNG; SINGH, 2008).

No Brasil foi incorporada à agricultura no século XX como planta forrageira, em escala comercial ganhou destaque a partir de 1940, iniciando no estado do Rio Grande do Sul, onde passou a ter expressão com produção de grãos. A soja é a cultura que mais cresceu no cenário agrícola brasileiro nas últimas décadas, sendo que ela ocupa aproximadamente metade da área cultivada com outras culturas de grãos (CONAB, 2020).

Nos anos 1960 e 1970, chegou ao Centro-Oeste, na década de 1990 o avanço pela região dos cerrados, tornando-se a espécie agrícola com maior área de cultivo, sendo as regiões Centro-Oeste e Sul as principais produtoras. (CONAB, 2021).

A expansão da soja pelo território brasileiro e outros países, é atribuído por Hirakuri e Lazzarotto (2014) aos elevados teores proteicos próximos a 40% e óleo cerca de 20% variando entre cultivares, e ao avanço dos programas de melhoramento por contribuírem com a seleção de genótipos adaptados aos diferentes ambientes agrícolas. A soja apresenta relevância socioeconômica e aplicações na produção de biocombustível, produtos e subprodutos na alimentação animal e humana, em conjunto a tecnologias de produção, como a mecanização agrícola com reduzida demanda por mão de obra (SEDIYAMA *et al.*, 2009).

A soja é considerada uma fonte alimentar proteica de importância global, proporcionando diversas utilizações comerciais, principalmente para a produção de óleo e farelo para ração animal, contribuindo com a geração de empregos e renda por demandar complexos industriais para seu processamento (SEDIYAMA *et al.*, 2009).

A soja é uma importante commodity agrícola, a qual lidera o ranking de exportações, onde no Brasil a área cultivada passou em 22 anos de 11,3 milhões de

hectares para mais de 38 milhões de hectares, com uma produção de 135,409 milhões de toneladas na última safra, assumindo a liderança mundial na produção de soja (CONAB, 2021).

O consumo de soja no Brasil por meio do processamento da oleaginosa em grão foi de 46,845 milhões de toneladas no ano de 2020, com exportação de soja em grão de 74,1 milhões de toneladas, de farelo de 16,7 milhões de toneladas, de óleo de 1,0 milhões de toneladas, rendendo essas exportações 35,232 bilhões de dólares (BRASIL, 2021).

A expansão do cultivo de soja no Brasil, além do retorno econômico, é atribuída ao empenho dos programas de melhoramento genético, na seleção de genótipos adaptados às diferentes condições encontradas nas áreas agrícolas. Os programas de melhoramento genético visam predominantemente selecionar genótipos superiores quanto a produtividade, adaptabilidade e estabilidade, atrelada a tolerância a pragas e as principais doenças, sendo sempre selecionados com base nas melhores cultivares do mercado (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHNETO, 2017).

Por outro lado, pouca importância tem sido demonstrada, quanto a seleção de genótipos superiores quanto a qualidade fisiológica de sementes (VASCONCELOS *et al.*, 2012).

2.2 QUALIDADE DE SEMENTES

A qualidade de sementes é definida como o somatório dos atributos genético, físico, sanitário e fisiológico, que indicam o seu potencial de desempenho em diferentes condições edafoclimáticas, repercutindo no bom estabelecimento das lavouras (MARCOS FILHO, 2015).

O atributo físico está relacionado à condição física das sementes, tais como: teor de água, tamanho, cor, formato, densidade, danificações mecânicas e a pureza do lote, bem como a presença de sementes de outras espécies cultivadas e nocivas, ou impurezas, como: pedras, restos culturais e terra (PESKE; BARROS, 2003; TALAMINI *et al.*, 2011).

Os atributos genéticos são expressos pelas características intrínsecas da cultivar, tais como: estabilidade, grupo de maturação, rusticidade, tolerância ao acamamento, descritores morfológicos, resistência a pragas e doenças, teores de óleo, proteína e de lignina. Atrelado a isto, os lotes de sementes devem apresentar

pureza varietal e genética (COSTA *et al.*, 2001; KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008; PESKE; BARROS; SCHUCH, 2012).

O atributo sanitário caracteriza-se pela ocorrência de microrganismos, insetos e seus efeitos deletérios associados às sementes, do campo até o armazenamento (PESKE; BARROS, 2006). A associação de fitopatógenos as sementes causam doenças ou danos, capazes de reduzir o potencial fisiológico, trazendo prejuízos ao estabelecimento das lavouras (ABREU, 2005; LUCCA FILHO, 1985; TALAMINI *et al.*, 2011).

Segundo Popiningis (1985), a qualidade fisiológica de sementes está intimamente relacionada a uniformidade na emergência e estabelecimento da lavoura, assim influenciando na produtividade. Os efeitos mais comuns da baixa qualidade fisiológica de sementes são: decréscimo na porcentagem de germinação, aumento do número de plântulas anormais e redução no vigor das sementes (SMIDERLE; CÍCERO, 1998). Segundo Toledo e Marcos Filho (1977), a diminuição da germinação e do vigor de sementes é a manifestação mais clara da deterioração das sementes.

O emprego de sementes de qualidade na implantação de uma lavoura é fundamental para o sucesso na produção agrícola, pois contribui para a obtenção do estande adequado, com plântulas vigorosas, favorecendo o desenvolvimento inicial das lavouras e contribuindo para o alcance de elevadas produtividades (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2015; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010; SANTOS *et al.*, 2007).

A utilização de sementes de baixa qualidade compromete a produtividade ou até mesmo acarreta a ressemeadura da lavoura, prática que onera os custos de produção e desencadeia problemas advindos da semeadura fora da época recomendada, como aparecimento de pragas e doenças tardias, indisponibilidade de sementes no mercado da cultivar pretendida, trazendo frustrações ao negócio (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

Na agricultura a semente é responsável por transferir ao campo o trabalho dos programas de melhoramento genético, como novas tecnologias e ganho de produtividade (SANTOS *et al.*, 2007). Neste contexto, sementes de alta qualidade refletem diretamente na expressão destas características no campo, que somados a um bom desenvolvimento inicial da cultura, com plântulas vigorosas e uniformes, caminham para que elevadas produtividades sejam alcançadas (KRZYZANOWSKI;

FRANÇA NETO, 2003).

A utilização de sementes com qualidade fisiológica elevada refletem em uma germinação rápida e uniforme, favorecendo a obtenção de plântulas com maior tolerância a adversidades, com bom desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, diminuindo a presença de plantas subdesenvolvidas (BENNETT, 2001; BEWLEY *et al.*, 2013; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A partir disso, ressalta-se a importância de se utilizar lotes de sementes com alto vigor, com a finalidade de se obter sucesso na implantação da lavoura. Sementes com qualidade fisiológica apresentam maiores probabilidades de sucesso, caso no momento da semeadura as condições edafoclimáticas ou a época não sejam favoráveis.

Segundo Marcos Filho (1979), as sementes de soja, devido as suas características morfofisiológicas destacam-se por serem sensíveis as condições do ambiente de produção. A qualidade das sementes, é influenciada por diversos fatores, sendo um dos mais importante a umidade em pré-colheita, que causa a deterioração por umidade (KRZYZANOWSKI, 2004).

No ponto de maturidade fisiológica das sementes de soja, estas apresentam elevado teor de água o que impossibilita a execução da colheita mecanizada. Desta forma as sementes permanecem no campo até a maturidade de colheita período em que é atingido o teor de água adequado para a operação da colheita mecânica.

O período que as sementes demandam para passarem da fase de maturidade fisiológica para a fase de maturidade morfológica, estão expostas no campo as condições ambientais, nesse período as sementes ficam armazenadas no campo, onde raramente as condições climáticas são favoráveis para garantir a manutenção da qualidade fisiológica, evitando a deterioração que envolve alterações físicas, fisiológicas e sanitárias (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

A garantia da qualidade fisiológica de um lote de sementes é uma preocupação para os produtores de sementes. Um dos aspectos mais importantes na cadeia produtiva da soja é a obtenção de sementes de elevada qualidade, que garantam um bom estabelecimento das lavouras. Desta forma o desenvolvimento de cultivares com sementes de qualidade fisiológica e elevado potencial de manutenção desta no período de armazenamento é relevante nos programas de melhoramento de soja (ROCHA *et al.*, 1990).

A participação de tecnologistas de sementes nos programas de melhoramento genético contribui para o sucesso na seleção de linhagens superiores, com elevada qualidade fisiológica de sementes. A obtenção de sementes com alta qualidade fisiológica é importante para obtenção de lavouras produtivas (MATSUO *et al.*, 2008).

Silva *et al.* (2008), chamam a atenção para a importância da qualidade fisiológica de sementes, para assegurar a produção que atendam a demanda dos ambientes de cultivo. Por essas razões, é de suma importância o emprego de técnicas que permitam dentro dos programas de melhoramento a seleção de genótipos de soja que se destaquem quanto frente o atributo da qualidade fisiológica de sementes.

2.3 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade fisiológica de um lote de sementes de soja é afetada por diversos fatores relacionados ao ambiente de produção, dentre estes: ataque por percevejos, doenças, dessecação por herbicidas, nutrição mineral, fotoperíodo, radiação solar, chuva em pré-colheita ocasionando danos por umidade e os danos mecânicos ocasionados pelas máquinas colhedoras (FRANÇA NETO *et al.*, 2016).

A partir da maturidade fisiológica ainda na planta mãe inicia-se a deterioração das sementes, sendo um processo inevitável e irreversível, ocorrendo por intermédio de uma série de alterações fisiológicas, físicas e bioquímicas, que em conjunto culminam na redução do potencial fisiológico das sementes, reduzindo seu desempenho e desencadeando a morte das mesmas, este processo pode ser retardado utilizando-se práticas de manejo e armazenamento (FERREIRA *et al.*, 2017; JYOTI; MALIK, 2013; KAPOOR *et al.*, 2011; SISMAN, 2005; VIDIGAL *et al.*, 2016; VILLELA; MENEZES, 2009).

A deterioração das sementes ocorre em uma sequência hipotética: degradação das membranas celulares, redução gradativa das atividades respiratórias, diminuição da velocidade de germinação, redução do potencial de conservação, diminuição da taxa de crescimento e desenvolvimento, queda de uniformidade de desempenho, aumento a sensibilidade a adversidades ambientais, redução da emergência de plântulas em campo, aumento no número de plântulas anormais e ao final o somatório dos fatores repercutem na perda do poder

germinativo (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Para que se diminua a deterioração ainda no campo, é imprescindível que os produtores de sementes avaliem as datas de semeadura e optem por fazê-la em regiões favoráveis para atividade, seguindo o zoneamento agrícola da soja, com o objetivo das fases fenológicas críticas coincidam com os períodos para o suprimento das necessidades ambientais da lavoura, e que a fase de colheita das sementes ocorra em condições de temperaturas amenas associadas a baixos índices pluviométricos (SEDIYAMA *et al.*, 1993; BRASIL, 2009).

Índices pluviométricos elevados na fase de pré-colheita desencadeiam prejuízos à qualidade das sementes de soja, dentre estes a deterioração por umidade (FRANÇA NETO; HENNING, 1984). Que ocasiona enrugamento e rachaduras no tegumento das sementes, os quais ocorrem devido a ciclos de expansão e contração do tecido em resposta a exposição alternada de umidade e variações na temperatura (CUNHA *et al.*, 2009; FRANÇA NETO *et al.*, 2000; TERASAWA *et al.*, 2009; TSUKAHARA *et al.*, 2016).

Segundo Oliveira *et al.* (2014) vagens de soja com maiores teores de lignina apresentam menor permeabilidade à água, resultando em menor deterioração das sementes no campo. A soja apresenta maior suscetibilidade à deterioração de suas sementes por umidade que outras espécies em decorrência suas características morfológicas, pois as partes vitais do embrião, que são compostas pela radícula, hipocótilo e plúmula, estão praticamente expostas em um tegumento pouco espesso, que não lhe oferece proteção (FRANÇA NETO; HENNING, 1984).

Um fator com relevância na qualidade fisiológica de sementes é a composição química destas que é atribuída a fatores genéticos intrínsecos a linhagem, mas que sofrem influências do ambiente de produção (BAHRY *et al.*, 2017; BURTON *et al.*, 1995; MARTINS *et al.*, 2016; WESTGATE *et al.*, 1995).

O teor de óleo e proteína de sementes são componentes bioquímicos que podem influenciar negativamente a qualidade fisiológica, interferindo diretamente no processo germinativo e vigor de plântulas, sendo que a redução do teor de proteínas ocorre concomitantemente com o aumento no teor de óleo e carboidratos totais em linhagens de soja, fatores estes que afetam a disponibilidade de carboidratos solúveis absorvíveis pelo embrião (DELARMELINO-FERRARESI; VILLELA; AUMONDE, 2014; MORAES *et al.*, 2006).

2.4 PROPRIEDADES DOS TEGUMENTOS E VAGENS QUE CONFEREM TOLERÂNCIA À UMIDADE

2.4.1 Tegumento

O tegumento da semente de soja é a estrutura externa, com a função de proteção do eixo embrionário e ao tecido de reserva contra agentes abióticos e bióticos mantendo unidas as partes internas da semente, regulando a germinação pelo controle da hidratação e de trocas gasosas com o meio (MARCOS FILHO, 2015; MILLER *et al.*, 2010; NEDEL, 2003; RADCHUK; BORISJUK, 2014).

As características do tegumento são variáveis entre os genótipos, e essa diferença está diretamente correlacionada com a variação na qualidade das sementes. Para as sementes de soja o tegumento desempenha um papel importante na qualidade das mesmas, reduzindo a permeabilidade e a ocorrência de danos mecânicos na colheita, prevenindo danos por umidade em pré-colheita e danos por embebição na ocasião da sementeira (ALVAREZ *et al.*, 1997; PANOBIANCO *et al.*, 1999).

A permeabilidade ou semipermeabilidade dos tegumentos tem sido relacionada com presença de lignina. Em tegumentos com teores de lignina acima de 5,5%, estão relacionados com uma maior tolerância a danos mecânicos (ALVAREZ *et al.*, 1997). Souza e Marcos Filho (2001) relatam que o tegumento é considerado uma das principais estruturas que resguardam a capacidade germinativa, o vigor e a longevidade das sementes.

Alguns autores verificaram que existe variabilidade genética para o teor de lignina, pois diferem entre os genótipos de soja (ALVAREZ *et al.*, 1997; CARBONELL; KRZYZANOWSKI, 1995; MENEZES *et al.*, 2009; PANOBIANCO, 1997). França Neto *et al.* (2007) concluíram que maiores teores de lignina no tegumento conferem as sementes uma menor permeabilidade, tornando-as menos suscetíveis a deterioração.

Corroborando essa informação, alguns autores observaram que cultivares com maiores teores de lignina no tegumento das sementes apresentaram maior tolerância à deterioração por umidade em pré-colheita, reduzindo a velocidade de hidratação. Obando-Flor *et al.* (2004) analisaram as cultivares de soja FT-2, FT-10 e IAC-2, em que as sementes apresentam diferentes teores de lignina no tegumento e diferentes comportamentos quanto à resistência aos danos mecânicos.

França Neto *et al.* (1999), observaram maior quantidade de lignina nos tegumentos em linhagens com sementes escuras, 12,18%, em contrapartida as linhagens de tegumento amarelo 4,75%. Os autores verificaram que as sementes com maior quantidade de lignina indicaram uma melhor qualidade fisiológica das sementes, nas mesmas condições de cultivo.

Corroborando, Mertz *et al.* (2009) e Bahry *et al.* (2017) verificaram que sementes de soja com tegumento preto apresentaram qualidade fisiológica superiores as de tegumento amarelo.

Huth *et al.* (2016) verificaram que as cultivares de soja Coodetec 208 e Coodetec 215, com teores de lignina no tegumento das sementes de 4,2% e 2,6% estão menos sujeitos aos danos causados pelo estresse hídrico, quando foram comparadas com as cultivares CD 202 e BRS 184, com 2,0% e 1,7% de lignina respectivamente.

Mertz *et al.* (2009) explicam que a espessura do tegumento de sementes escuras (111 μ m) é maior que as de coloração amarela, da cultivar CD-202 (60 μ m), ou seja, uma diferença de 45%, correlacionando com a qualidade fisiológica das sementes.

Entretanto Giurizatto *et al.* (2003) concluem que somente espessura do tegumento não garante uma melhor qualidade. Santos *et al.* (2007) ressaltam que sementes com tegumento preto apresentaram menor taxa de embebição, que as sementes amarelas, submetidas a umidade em um mesmo período, relacionando esse resultado aos maiores teores de lignina das sementes com tegumento escuro.

2.4.2 Vagens

Os genótipos de soja apresentam características em suas vagens que os diferenciam, sendo que algumas propriedades contribuem para a manutenção da qualidade das sementes ainda na planta, como a semipermeabilidade das suas paredes e o conteúdo de lignina (FRANÇA NETO, 1994).

O conhecimento das propriedades das vagens é tão importante quanto as das sementes, pois a estrutura das paredes das vagens conferem proteção contra a deterioração das sementes por umidade e agentes bióticos. Há relatos da presença de um inibidor de germinação na estrutura de vagens senescentes, além de características que propiciam a penetração de água pela parede e propicie a

absorção de água pelo tegumento (CHAPMAN, 1984).

França Neto e Krzyzanowski (2000) concluíram que genótipos de soja com menor permeabilidade a umidade do ambiente, fornecem uma proteção extra para as sementes contra a deterioração pré-colheita. Diversos pesquisadores têm estudado as diferenças quanto a variabilidade genética que conferem permeabilidade da parede da vagem, correlação com o conteúdo de lignina, relação entre a baixa permeabilidade das paredes das vagens e qualidade fisiológica de sementes de soja (DASSOU; KUENEMAN, 1984; OLIVEIRA *et al.*, 2014; PEREIRA; ANDREWS, 1985; ROMKAEW *et al.*, 2008; TULLY, 1982; YAKLICH; CREGAN, 1981).

Pereira e Andrews (1985) observaram relação entre a baixa permeabilidade exibida pelas paredes da vagem e alta qualidade fisiológica e sanitária das sementes, ressaltando que a baixa permeabilidade proporcionou uma maior proteção as sementes em pré-colheita.

O desenvolvimento e a produção da soja são influenciados por diversos fatores do ambiente, tais como: temperatura do ar, precipitação, umidade do solo, assim como do ar e luminosidade, fatores estes que estão intimamente relacionados com a época de semeadura. (AMORIM *et al.*, 2011).

Além das influências do ambiente, características genótípicas das cultivares relacionadas com a formação das vagens, causam susceptibilidade a deiscência e abertura das vagens antes de alcançarem a maturidade fisiológica, repercutindo em diminuição da qualidade fisiológica das sementes e perdas significativas no rendimento das lavouras (CHRISTIANSEN *et al.*, 2002).

Um dos fatores relacionados com a abertura prematura das vagens é a força de ligação entre as unidades formadoras da parede da vagem, correlacionado com a geração de força de deiscência, fatores intimamente relacionados com a exposição das sementes ao ambiente, ocorrendo a absorção de água, desencadeando o processo de germinação, e a dispersão das sementes ao ambiente (FUNATSUKI *et al.*, 2014).

2.5 METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE TOLERÂNCIA UMIDADE EM PRÉ-COLHEITA

Para avaliação de tolerância a chuva em pré-colheita, pesquisadores recriam através de meios simulatórios a ocorrência de chuvas, visando desta forma

a avaliação de mecanismos que conferem tolerância a precipitação após a maturidade fisiológica, antes da colheita.

Outras espécies enfrentam problemas semelhantes em relação a chuva em pré-colheita. No feijão o excesso de chuvas próximo a colheita é responsável por perdas de qualidade dos grãos, e a germinação das sementes ainda no interior das vagens (ROSSETTO *et al.*, 2011).

Rossetto *et al.* (2011) desenvolveram uma metodologia para caracterização e seleção de genótipos de feijão com tolerância a germinação das sementes ainda na vagem, também utilizada por Giasson *et al.* (2015), com a soja. O teste proposto pelos autores baseia-se na coleta de vagens a campo e posterior avaliação em laboratório por meio de teste em rolo de papel, semelhante ao utilizado para germinação. O resultado de tolerância ao excesso hídrico é obtido após avaliação do número de vagens germinadas entre quatro e cinco dias após a implantação do teste. Tal metodologia permitiu que os autores classificassem as linhagens experimentais quanto à tolerância a germinação na vagem.

Outros autores também buscaram metodologias que permitam a avaliação e caracterização de genótipos de soja quanto a tolerância a chuva em pré-colheita Bracini, (1993), Diniz *et al.* (2013), Giurizatto *et al.* (2003), Gris *et al.* (2010), Lima *et al.* (2007), Mathias *et al.* (2015), Pádua *et al.* (2015), Zuffo *et al.* (2015), trabalharam com o retardamento da colheita em campo.

Franco *et al.* (2009) testaram uma metodologia de avaliação proposta para genótipos de trigo através de simulação de chuvas, concluindo que tal metodologia é capaz de caracterizar e selecionar genótipos de trigo com maior tolerância a germinação na espiga.

Huth *et al.* (2013) avaliaram o comportamento de duas cultivares de soja sob condições de simulação de chuva artificial. As plantas foram colhidas no estágio R8, secas, e armazenadas em condições controladas, a metodologia permitiu uniformizar independente do ciclo ou época de colheita, as condições para os dois genótipos, os autores avaliaram velocidade de embebição, e não encontraram diferenças significativas entre os dois genótipos avaliados após 24 horas de exposição a umidade.

Lima *et al.* (2015) testaram genótipos de soja colhidas na maturidade fisiológica e armazenadas em ambiente controlado, avaliando o número de vagens germinadas após um teste de germinação em rolo, após quatro, oito, doze e

dezesesseis dias, encontrando variabilidade entre os genótipos avaliados. No entanto os resultados encontrados não correlacionam com a realidade de campo e sugeriram novos trabalhos com metodologias mais específicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESCOLHA DOS GENÓTIPOS

Foram definidos 27 genótipos de soja, levando em consideração observações e relatos de agricultores quanto ao comportamento ao excesso hídrico em pré-colheita de diferentes grupos de maturidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Descritores morfológicos dos genótipos de soja utilizados nos experimentos para caracterização quanto a tolerância a chuva em pré colheita, cor de flor, cor da vagem (POD), cor da pubescência (PUB), grupo de maturidade (GM), tipo de crescimento (HC) e evento biotecnológico presente.

GENÓTIPO	FLOR	POD	PUB	GM	HC*	TECNOLOGIA
1	BRANCA	ESCURA	MARROM	5.5	INDET	RR2PRO
2	ROXA	ESCURA	CINZA	5.5	INDET	RR2PRO
3	ROXA	CLARA	CINZA	5.6	DETE	RR
4	ROXA	CLARA	CINZA	5.6	INDET	RR2PRO
5	ROXA	CLARA	CINZA	5.6	INDET	RR2PRO
6	ROXA	CLARA	CINZA	5.8	INDET	RR2PRO
7	ROXA	CLARA	CINZA	5.9	INDET	RR2PRO
8	ROXA	CLARA	CINZA	5.9	INDET	RR2PRO
9	ROXA	CLARA	CINZA	5.9	INDET	RR2PRO
10	ROXA	ESCURA	CINZA	6.0	INDET	RR2PRO
11	BRANCA	CLARA	CINZA	6.0	INDET	RR2PRO
12	BRANCA	CLARA	CINZA	6.0	INDET	RR
13	ROXA	CLARA	CINZA	6.1	INDET	RR2PRO
14	BRANCA	CLARA	CINZA	6.1	INDET	RR2PRO
15	BRANCA	CLARA	CINZA	6.2	INDET	RR2PRO
16	ROXA	ESCURA	CINZA	6.3	INDET	RR2PRO
17	ROXA	CLARA	CINZA	6.3	INDET	RR2PRO
18	BRANCA	CLARA	CINZA	6.3	INDET	RR2PRO
19	ROXA	CLARA	CINZA	6.4	INDET	RR2PRO
20	ROXA	CLARA	CINZA	6.5	INDET	RR2PRO
21	BRANCA	CLARA	CINZA	6.5	INDET	RR2PRO
22	ROXA	CLARA	CINZA	6.6	INDET	RR2PRO
23	BRANCA	CLARA	CINZA	6.6	INDET	RR2PRO
24	BRANCA	CLARA	CINZA	6.7	INDET	RR
25	ROXA	CLARA	CINZA	6.7	INDET	RR
26	BRANCA	ESCURA	CINZA	6.8	INDET	RR2PRO
27	BRANCA	ESCURA	MARROM	7.1	INDET	RR2PRO

*INDET= INDETERMINADO e DETE = DETERMINADO

Fonte: O autor.

Para a escolha dos genótipos também foram levados em consideração outros fatores, como: diferentes empresas obtentoras, com variabilidade genética para os descritores fenológicos, como cor de pubescência, cor da parede de vagem, tipo de crescimento e cor de hilo, buscando assim representar a diversidade encontrada dentro de um programa de melhoramento genético de soja.

3.2 PRODUÇÃO DE VAGENS – EXPERIMENTO DE CAMPO - VERÃO

As vagens utilizadas nos testes de laboratório foram cultivadas em duas safras: a primeira em 2019/2020 e a segunda em 2020/2021. Os experimentos foram instalados no campo experimental da empresa GDM Genética do Brasil S.A., em Cambé – PR, a 612 m de altitude nas coordenadas 23°14'19"S e 51°15'22"O, (Figura 1), com solo de textura argilosa e classificado como Latossolo Vermelho distrófico, cultivado sob plantio direto por mais de 10 anos.

Cambé possui a temperatura média anual de 21 °C, segundo Köppen o clima é classificado como Cfa, ou seja, clima temperado, sem estação seca e verão com temperaturas médias acima de 22°C, com precipitação de 1400 a 1600 mm por ano.

Os genótipos foram semeados em parcelas com quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de meio metro entre linhas, com três repetições. Utilizou-se uma semeadora experimental Semeato SAM 200 acoplada em um trator, com adubação de 350 kg ha⁻¹ do formulado NPK 02-20-18 no sulco de semeadura.

Na safra 2019/20 a semeadura ocorreu em 05/12/2019 e na 2020/21 em 10/12/2021, ambas semeados no mesmo local dentro da área experimental, com solo úmido, sobre palhada de aveia implantada no inverno como cobertura do solo.

Figura 1 - Campo Experimental da GDM Genética Ltda – Cambé-PR local do cultivo para produção das vagens nas safras 2019/20 e 2020/21.



Fonte: O autor.

O manejo fitossanitário foi realizado com auxílio de um pulverizador tratorizado. Os produtos fitossanitários utilizados estão descritos na Tabela 2. Em ambas as safras utilizou-se o mesmo cronograma de aplicações e produtos fitossanitários. Para controle de plantas daninhas foi utilizado a aplicação de herbicidas pré-emergentes, pós-emergente e capina manual.

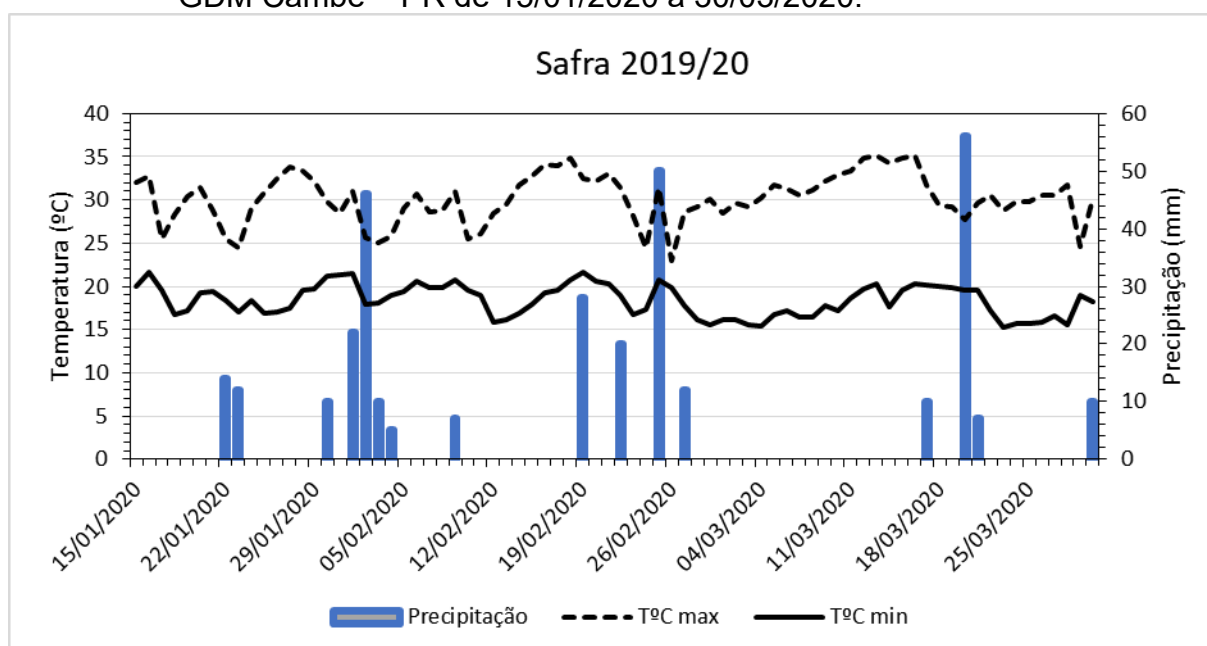
Tabela 2 - Produtos fitossanitários, dosagens e dias após a emergência das plântulas para produção das vagens.

Aplicação	Produtos comerciais / Dose	Dias após emergência
1	Sumyzin 500 SC – 0,1 L ha ⁻¹ + Dual Gold 1,5 L ha ⁻¹	0
2	Roundup Original 2,0 L ha ⁻¹	22
3	Fox 0,35 L ha ⁻¹ + Prêmio 0,08 L ha ⁻¹	30
4	Orkestra 0,4 L ha ⁻¹ + Engeo Pleno S 0,25 L ha ⁻¹	48
5	Elatus 0,3 Kg ha ⁻¹ + Galil SC 0,4 L ha ⁻¹	65
6	Vessarya 0,8 L ha ⁻¹ + Ampligo 0,1L ha ⁻¹ + Orthene 1,0 Kg ha ⁻¹	84
7	Orkestra 0,4 L ha ⁻¹ + Engeo Pleno S 0,25 L ha ⁻¹	107
8	Orthene 1,0 Kg ha ⁻¹ + Assist (0,5% v.v.)	117

Fonte: O autor.

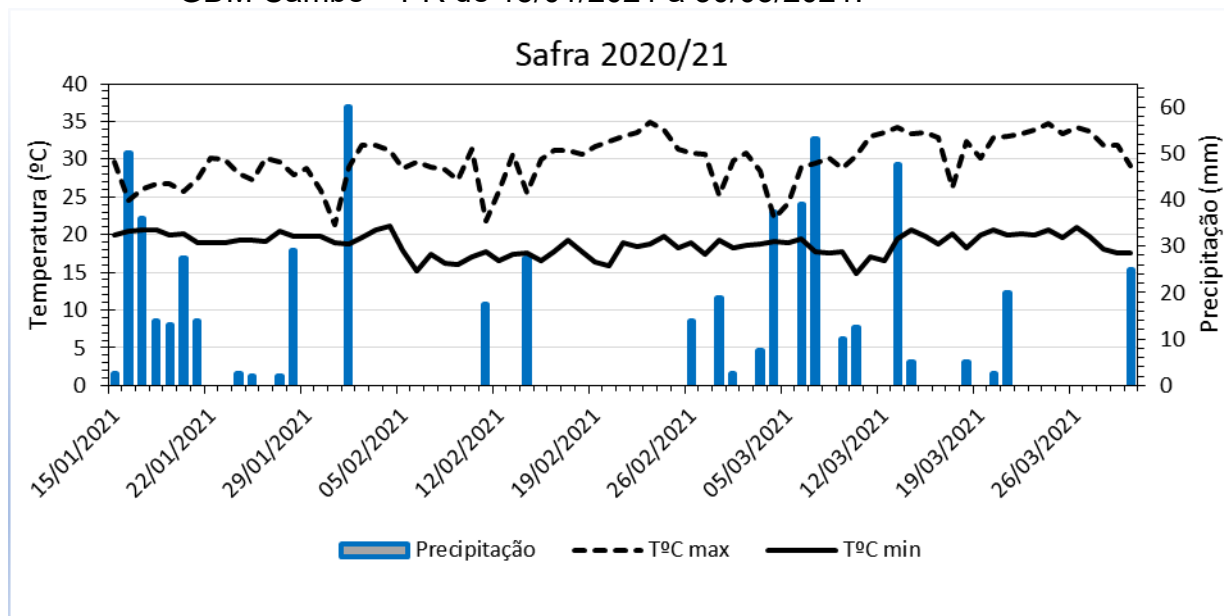
O volume pluviométrico da semeadura até a colheita foi coletado em um pluviômetro instalado ao lado do experimento. Os dados de temperaturas máxima e mínima para o período de condução dos experimentos foram obtidos do banco de dados da estação meteorológica do IDR-PR de Londrina – PR, a qual se localiza próximo a área experimental em questão, apresentados nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Temperaturas mínima e máxima registradas na Estação Meteorológica IDR-PR de Londrina e precipitação registrada na estação experimental GDM Cambé – PR de 15/01/2020 a 30/03/2020.



Fonte: Adaptado IAPAR (2021).

Figura 3 - Temperaturas mínima e máxima registradas na Estação Meteorológica IDR-PR de Londrina e precipitação registrada na estação experimental GDM Cambé – PR de 15/01/2021 a 30/03/2021.



Fonte: Adaptado IAPAR (2021).

O volume pluviométrico da semeadura até a colheita foi coletado em um pluviômetro instalado ao lado do experimento. Os dados de temperaturas máxima e mínima para o período de condução dos experimentos foram obtidos do banco de dados da estação meteorológica do IDR-PR de Londrina – PR, a qual se localiza próximo a área experimental em questão, apresentados nas Figuras 2 e 3.

3.3 COLHEITA DAS VAGENS

3.3.1 Coleta das Plantas no Campo

As plantas foram coletadas no estádio R8 (maturação plena ou ponto de colheita), nas datas presentes na tabela 3, quando 95% das vagens estavam secas. As plantas foram reunidas em feixes, amarradas e envolvidas por sacarias de ráfia, identificadas com etiquetas duplas e armazenadas em ambiente ventilado, ao abrigo do sol e da chuva, em caixas de papelão (Figura 4).

No período da coleta das plantas as temperaturas não ultrapassaram os 35°C e as chuvas ocorreram antes do estádio R7 (Figura 5).

Figura 4 - Armazenamento dos feixes de plantas de soja colhidas em R8 (maturação plena).



Fonte: O autor.

Tabela 3 - Genótipos de soja, grupo de maturidade (GM) e data da colheita das plantas.

GENÓTIPO	GM	COLHEITA SAFRA	
		2019/2020	2020/2021
1	55	16/03/2020	26/03/2021
2	55	16/03/2020	26/03/2021
3	56	18/03/2020	28/03/2021
4	56	18/03/2020	28/03/2021
5	56	18/03/2020	28/03/2021
6	58	18/03/2020	29/03/2021
7	59	20/03/2020	29/03/2021
8	59	20/03/2020	29/03/2021
9	59	20/03/2020	29/03/2021
10	60	21/03/2020	30/03/2021
11	60	21/03/2020	30/03/2021
12	60	21/03/2020	30/03/2021
13	61	21/03/2020	30/03/2021
14	61	21/03/2020	30/03/2021
15	62	23/03/2020	01/04/2021
16	63	24/03/2020	02/04/2021
17	63	24/03/2020	02/04/2021
18	63	24/03/2020	02/04/2021
19	64	25/03/2020	04/04/2021
20	65	27/03/2020	05/04/2021

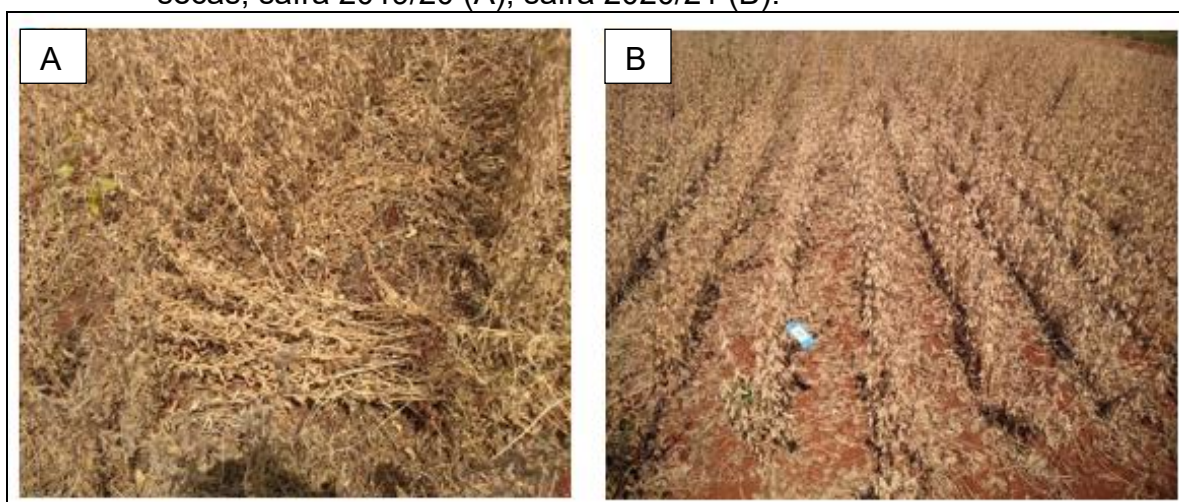
continua.

conclusão.

GENÓTIPO	GM	COLHEITA SAFRA	
		2019/2020	2020/2021
21	65	27/03/2020	05/04/2021
22	66	29/03/2020	06/04/2021
23	66	29/03/2020	06/04/2021
24	67	30/03/2020	06/04/2021
25	67	30/03/2020	06/04/2021
26	68	30/03/2020	08/04/2021
27	71	01/04/2020	10/04/2021

Fonte: O autor.

Figura 5 - Momento de colheita das plantas de soja em R8, com 95% das vagens secas, safra 2019/20 (A), safra 2020/21 (B).



Fonte: O autor.

3.3.2 Separação das Vagens

Foram separadas 800 vagens da porção mediana das plantas, garantindo assim uma padronização dentre os genótipos com a presença de três sementes, completamente fechadas e sem deformação ou injúria causadas por pragas ou doenças.

Para retirada das vagens utilizou-se uma tesoura para o corte do pedúnculo, mantendo as vagens totalmente fechadas e evitando ao máximo o manuseio destas.

Após a retirada das vagens estas foram armazenadas em embalagens de isopor com volume 1.100 ml e colocadas em câmara fria com temperatura e

umidade relativa do ar controlada a 18°C e 30% de umidade respectivamente (Figura 6), até a montagem dos experimentos em laboratório, que ocorreram imediatamente após a retirada das vagens e 20 dias após o beneficiamento das vagens.

Figura 6 - Separação das vagens das plantas de soja (A) e acondicionamento em recipientes de isopor (B).



Fonte: O autor.

3.4 EXPERIMENTO DE CAMPO – INVERNO

O restante das vagens foram debulhadas em uma trilhadora de planta individual, modelo SB Máquinas (Figura 7), para montagem do experimento que foi implantado no inverno em Lucas do Rio Verde – MT, nas coordenadas 13°07'28"S e 55°56'00"O, a 413 metros de altitude, em área experimental irrigada com pivô central, (Figura 8).

Figura 7 - Trilhadora de planta individual modelo SB.



Fonte: O autor.

Os genótipos foram semeados em parcelas de duas linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento entre linhas de meio metro, com a finalidade de multiplicar sementes para semeadura do experimento da safra 2020/2021 e observar o comportamento quanto a abertura de vagens no campo.

A semeadura foi realizada em 22 de abril de 2020, utilizando uma semeadora experimental com distribuição a vácuo John Deere com oito linhas, acoplada em um trator. O manejo fitossanitário realizado com auxílio de um pulverizador tratorizado de maneira preventiva (Tabela 4).

O experimento de inverno em Lucas do rio Verde – MT, teve como objetivo a multiplicação das sementes para a implantação de um novo experimento no próximo verão em Cambé – PR e também para avaliação dos genótipos em um local de cultivo e época diferentes das recomendadas para os genótipos.

Tabela 4 - Produtos fitossanitários, dosagens e dias após a emergência das plântulas do plantio em Lucas do Rio Verde – MT.

Aplicação	Produtos comerciais / Dose	Dias após emergência
1	Sumyzin 500 SC - 0,1 L ha ⁻¹ + Dual Gold 1,5 L ha ⁻¹	0
2	Roundup Original - 2,0 L ha ⁻¹	15
4	Carbendazim - 0,4 L ha ⁻¹	18
5	Fox - 0,35 L ha ⁻¹ + Prêmio 0,08 L ha ⁻¹	28
6	Orkestra - 0,4 L ha ⁻¹ + Engeo Pleno S 0,25 L ha ⁻¹	40
7	Elatus - 0,3 Kg ha ⁻¹ + Galil SC 0,4 L ha ⁻¹	52
8	Vessarya -0,8 L ha ⁻¹ + Ampligo 0,1L ha ⁻¹	65
9	Orthene 1,0 Kg ha ⁻¹ + Elatus - 0,3 Kg ha ⁻¹	76
10	Orkestra 0,4 L ha ⁻¹ + Engeo Pleno S 0,25 L ha ⁻¹	88
11	Orthene 1,0 Kg ha ⁻¹ + Assist (0,5% v.v.)	94

Fonte: O autor.

Figura 8 - Campo Experimental da GDM Genética Ltda – Lucas do Rio Verde -MT para produção de sementes.



Fonte: O autor.

3.5 ANÁLISES EM LABORATÓRIO

As análises foram realizadas no laboratório de Fitopatologia e Nematologia da empresa GDM Genética do Brasil S.A., em Cambé – PR.

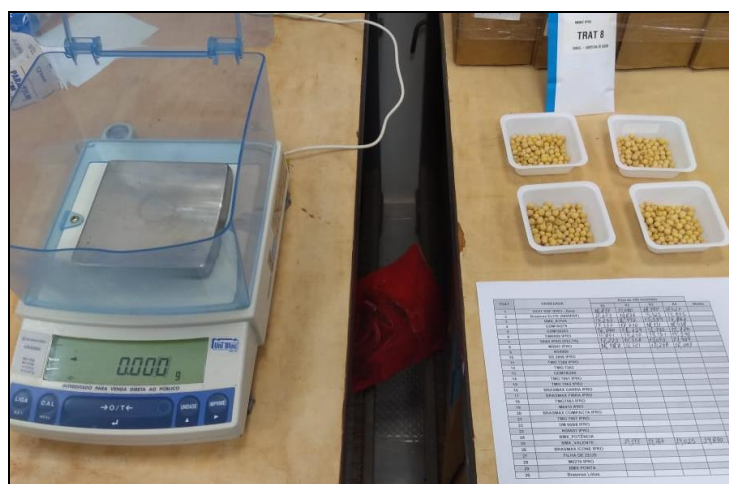
O delineamento experimental utilizado foi, fatorial triplo inteiramente casualizado com repetições, onde os fatores analisados foram: época, genótipo e tempo, conforme descrito na metodologia dos respectivos experimentos.

3.5.1 Massa de Cem Sementes

As sementes foram retiradas manualmente das vagens e com contador de sementes separadas ao acaso em quatro repetições de 100 sementes, as sementes foram padronizadas a 13% de umidade.

A determinação da massa de cem sementes foi realizada com auxílio de uma balança de precisão, (Modelo: Shimadzu AY220) sendo o resultado expresso em gramas anotado em uma planilha de avaliação (Figura 9).

Figura 9 - Balança de precisão modelo Shimadzu AY220 utilizada para medição da massa de 100 sementes.



Fonte: O autor.

3.5.2 Teste de Germinação das Sementes nas Vagens

Realizado em duas épocas para safra 2019/20 sendo uma após a colheita e outra 20 dias após o armazenamento e uma única época para safra 2020/21, logo após a colheita. Cada época composta por quatro repetições de 32 vagens, ou seja, uma amostra de 128 vagens, e colocadas sobre duas folhas de papel de dimensão de 28 cm por 38 cm, e coberto por uma terceira. As folhas de papel foram umedecidas com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco.

Colocou-se as vagens em fileiras equidistantes sobre o papel (Figura 10), garantindo assim que todas sofram a mesma influência do meio. Formou-se os rolos de germinação, os quais foram acondicionados verticalmente em germinador (Modelo: MANGELSDORF) com temperatura de 25°C, controlada por termostato (Figura 10).

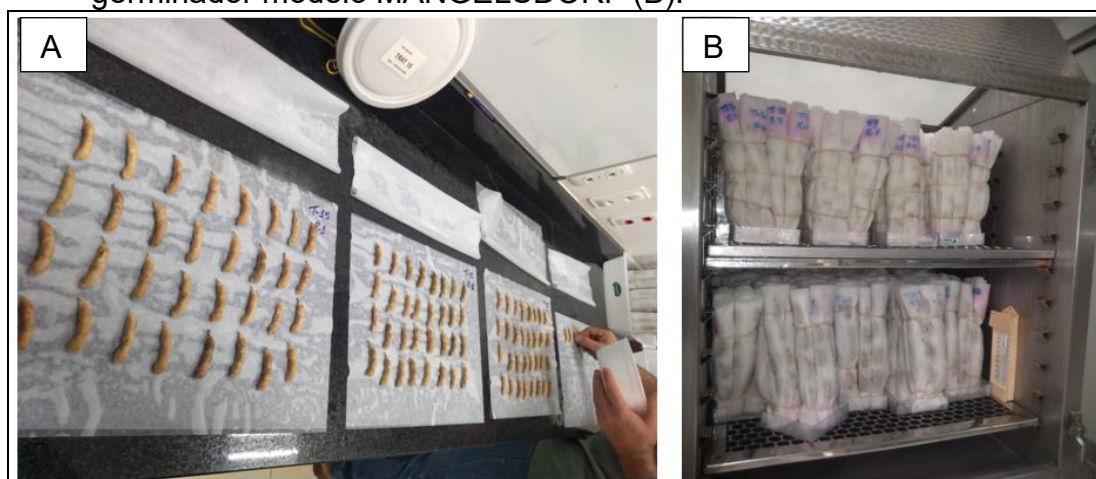
Realizou-se avaliações aos 4, 6, 8, 10 e 12 dias após a montagem dos rolos, sendo contabilizado o número de vagens abertas, número de vagens germinadas e o número total de sementes germinadas sendo os valores das avaliações acumulativos, ou seja, as vagens abertas e/ou germinadas não eram descartadas, sendo considerada como germinadas as sementes com protrusão radicular. Após cada avaliação os rolos de germinação eram retornados ao germinador (figura 10).

Os resultados das avaliações foram utilizados para o cálculo do índice de abertura de vagens (IAV), índice de vagens germinadas (IVaG) e índice de sementes germinadas na vagem (ISGv).

Para o cálculo dos índices utilizou-se a seguintes formula:

Índice = $\sum (ni / ti)$ em que: ni = número do caráter avaliado no tempo 'i'; ti = tempo em dias após instalação do teste. Esta fórmula foi adaptada da metodologia proposta por Maguire (1962) para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG).

Figura 10 - Germinação de vagens em rolo de papel (A) e disposição dos rolos no germinador modelo MANGELSDORF (B).



Fonte: O autor.

3.5.3 Teste de Germinação

Uma amostra de vagens de cada genótipo foi debulhada manualmente e as sementes submetidas ao teste de germinação. Colocou-se 50 sementes sobre duas folhas de papel umedecido com água destilada e cobertas por uma terceira folha, os rolos formados e unidos por dois elásticos, (Figura 11).

As folhas de papel foram umedecidas com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Quatro rolos com 50 sementes cada, para cada genótipo, foram colocados em posição vertical no germinador (Modelo: MANGELSDORF) com temperatura de 25°C, controlada por termostato (Figura 10) para cada genótipo.

No quinto dia foi realizada a primeira contagem, em que se avaliou a quantidade de plântulas normais, anormais e sementes não germinadas e o

resultado utilizado para expressar o vigor e no oitavo dia ocorreu a avaliação final.

Figura 11 - Teste de germinação: contador de sementes (A), acondicionamento no germinador (B) e germinação no dia da 1ª contagem (C).



Fonte: O autor.

3.5.4 Teor de Óleo e Proteína das Sementes

Os teores de óleo e proteína das sementes foram obtidos com auxílio do espectrofotômetro infravermelho NIR, modelo SpectraStar XT, com a técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (HEIL, 2010). Foram avaliadas duas amostras de 400 sementes para cada genótipo (Figura 12), em que as leituras foram realizadas em duplicatas. O equipamento de leitura é equipado com esfera de integração com resolução de 4 cm^{-1} , média de 32 scans e background após cada leitura.

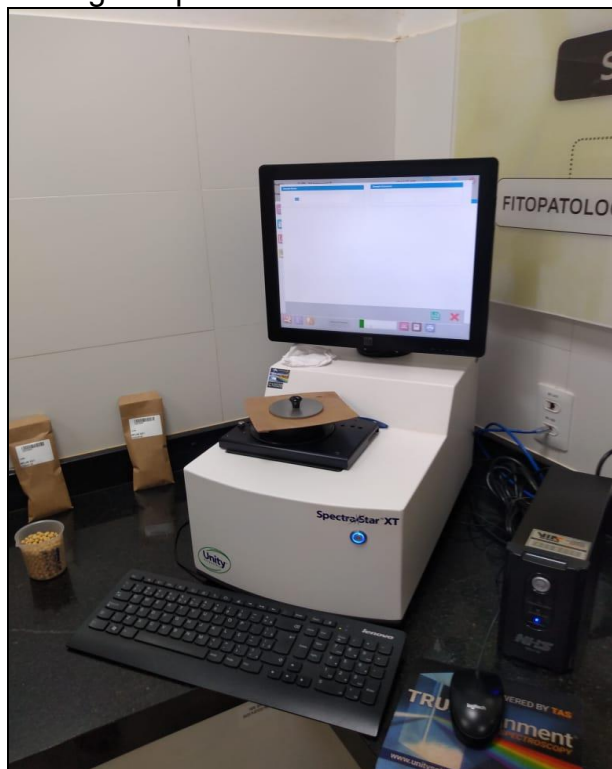
Os teores de óleo e proteína foram expressos em porcentagem, obtidos por meio de modelos matemáticos com coeficientes de correlação e curvas de calibração, para análise de óleo e proteína específicos do equipamento, expressos na base de 13% de umidade.

Os modelos matemáticos utilizados para obtenção dos teores de óleo e proteínas foram desenvolvidos pela Embrapa Soja em 2011 e 2012, para os teores de óleo a calibração é realizada com cerca de 170 padrões, sendo que o coeficiente de correlação é de 0,98. Para proteína utiliza-se cerca de 180 padrões, e o coeficiente de correlação é de 0,97 (QUIRINO *et al.*, 2014). Para as análises estatísticas, foram utilizados os valores médios das duas leituras para cada ano agrícola analisado.

Dal Piva e Schuster (2011) defendem o emprego do NIR na obtenção dos teores de óleo e proteína em soja, por ser considerado um método analítico rápido e

eficiente para a seleção de genótipos de soja.

Figura 12 - NIR modelo SpectraStar XT para leitura de teor de óleo e proteínas das sementes dos genótipos estudados.

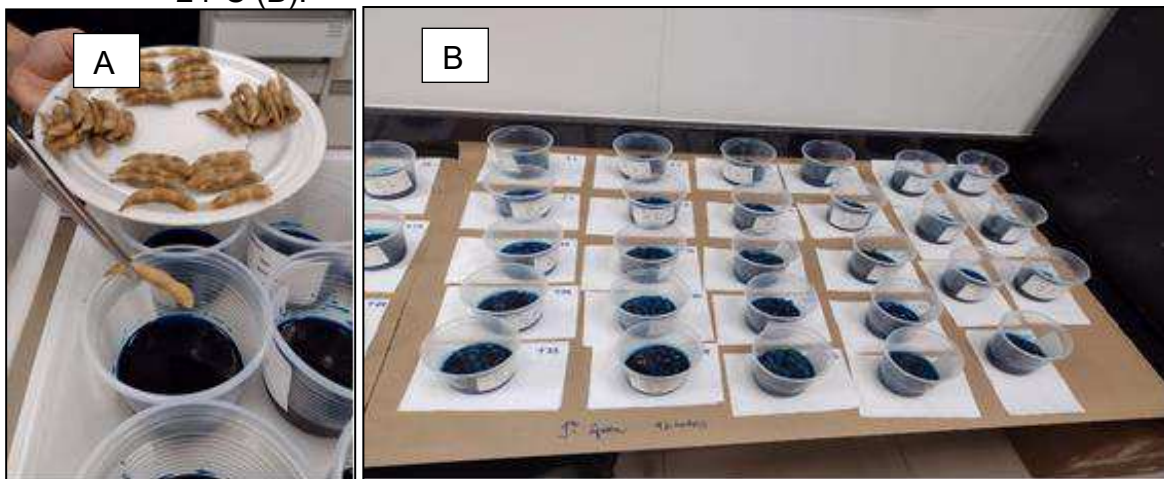


Fonte: O autor.

3.5.5 Análise de Coloração de Sementes na Vagem

Separou-se 12 vagens uniformes e representativas com três sementes, as quais foram submetidas ao teste de coloração com solução corante por 24, 48, 72 e 96 horas (Figura 13).

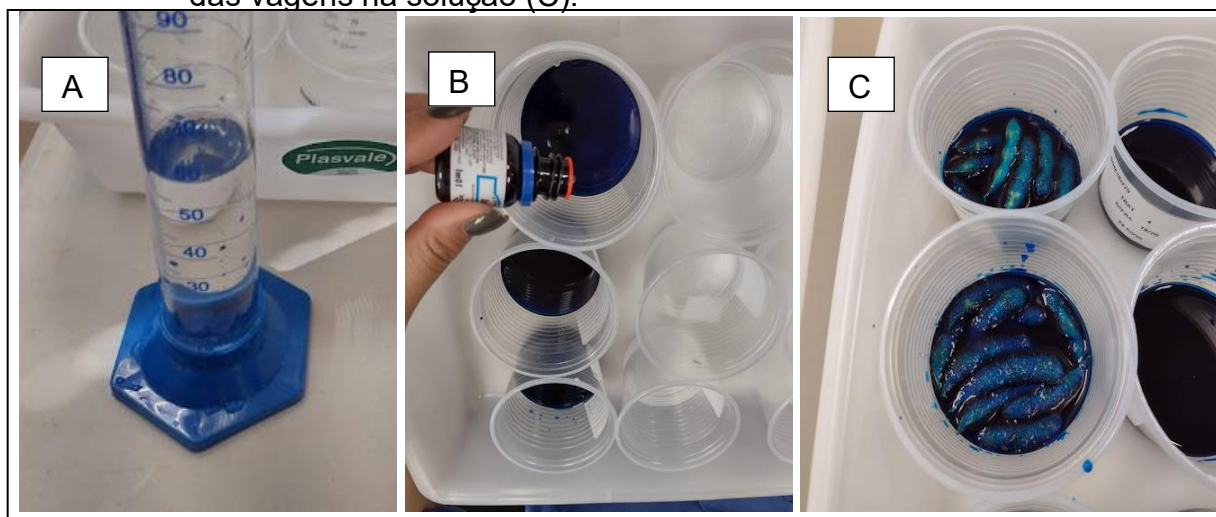
Figura 13 - Grupos com 12 vagens para exposição a solução corante (A), vagens na solução durante os tempos de embebição em temperatura ambiente de 24°C (B).



Fonte: O autor.

As vagens foram colocadas em recipientes plásticos de 250 ml, adicionou-se uma solução contendo 60 ml de água destilada e 45 gotas de corante azul alimentício, garantindo que todas as 12 vagens ficassem submersas na solução com corante, Figura 14.

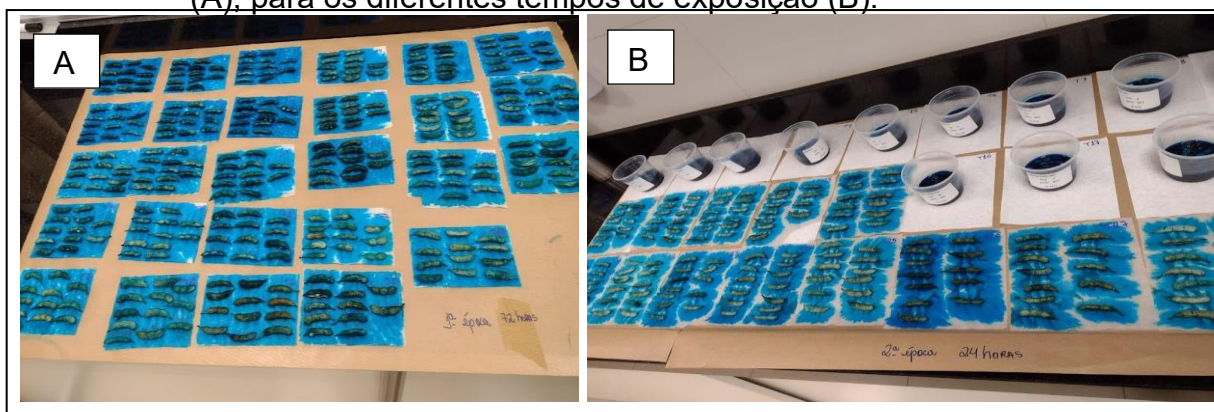
Figura 14 - Medição do volume de 60 ml de água (A), solução corante (B) e imersão das vagens na solução (C).



Fonte: O autor.

Após cada tempo de exposição as vagens foram retiradas da solução e postas para secar sobre papel toalha em temperatura ambiente controlada a 24 °C (Figura 15).

Figura 15 - Vagens secando após serem expostas a embebição em solução corante (A), para os diferentes tempos de exposição (B).



Fonte: O autor.

Após 96 horas de secagem realizou-se a abertura manual das vagens e avaliação visual das sementes quanto a pigmentação das sementes, buscando uma correlação da coloração das sementes com a porosidade da parede da vagem (Figura 15).

A avaliação da coloração das sementes foi realizada em cinco classes de notas, como segue: Nota 1 – sementes sem pigmentação; Nota 2 – sementes apresentando pigmentação azul de 0,1 a 10% da superfície; Nota 3 – de 11 a 50% da superfície; e Nota 4 – sementes de 51 a 75%, Nota 5 – 76 a 100% de pigmentação da superfície. Os tratamentos foram organizados em delineamento inteiramente casualizado.

Por meio dos resultados de coloração das sementes dentre os diferentes tempos de embebição, será verificada a correlação com os resultados obtidos no teste de germinação das vagens em rolo de papel, obtendo dessa forma uma metodologia para seleção de genótipos de soja com tolerância a chuva em pré-colheita de maneira prática, rápida e de baixo custo, em fase iniciais do programa de melhoramento.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística utilizou-se o software estatístico R. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, análise de variância e as médias comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% probabilidade quando verificado efeito significativo entre os tratamentos e/ou fontes de variação.

O delineamento experimental utilizado foi, fatorial triplo inteiramente

casualizado com repetições, onde os fatores analisados foram: época, genótipo e tempo, conforme descrito na metodologia dos respectivos experimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização dos genótipos quanto a qualidade fisiológica das sementes, houve diferenças significativas entre os genótipos analisados nas diferentes épocas e safras estudadas e são apresentados na Tabela 5.

Embora as diferenças das médias tenham sido significativas quanto ao vigor (primeira contagem) e germinação, todos os genótipos apresentavam sementes de alto vigor entre 90 e 100% de plântulas normais e germinação mínima no oitavo dia de 95% (Tabela 5), independente da safra ou época de semeadura.

Todos os genótipos apresentaram viabilidade das sementes, com capacidade de germinar no interior das vagens caso tivessem condições, indicando também que a qualidade fisiológica das sementes é satisfatória para a realização dos demais testes da presente pesquisa.

Segundo Marcos Filho (2013), o potencial fisiológico reúne informações sobre a germinação, que é a viabilidade e o vigor das sementes, e esses caracteres permitem identificar lotes que possuem chances de apresentar o desempenho satisfatório durante o armazenamento e na semeadura.

Neste sentido Marcos Filho (2013), relata que a semente atinge o máximo potencial fisiológico por ocasião da maturidade fisiológica e a partir desse ponto, sofre deterioração. Desta forma como todos os genótipos foram colhidos em R8, devido suas características morfológicas e estruturais terem variabilidade é esperado que tenham diferenças quanto ao potencial fisiológico de suas sementes.

Zuffo *et al.* (2015) comprovam a importância de se colher a soja entre os estágios R7 e R8, observaram redução da qualidade fisiológica das sementes a partir de cinco dias de retardamento da colheita, podendo chegar 30% de redução na germinação com 30 dias de retardamento de colheita, o momento certo de se realizar a colheita é muito importante para a manutenção da qualidade fisiológica de um lote de sementes.

Corroborando com os resultados, autores relatam que nem sempre as sementes de genótipos com alta qualidade na colheita apresentam maior tolerância a deterioração por exposição à umidade (BRACINI, 1993; COSTA *et al.*, 2005; PÁDUA *et al.*, 2015).

Tabela 5 - Primeira contagem e germinação das sementes dos 27 genótipos de soja, em função de diferentes ambientes de cultivo.

Genótipos	Primeira contagem (%)			Germinação (%)		
	1ªÉpoca 2019/2020	2ªÉpoca 2019/2020	Safra 2020/2021	1ªÉpoca 2019/2020	2ªÉpoca 2019/2020	Safra 2020/2021
01	93 b	96 b	100 a	96 c	98 b	100 a
02	99 a	97 b	100 a	99 a	99 b	100 a
03	97 a	97 b	100 a	99 a	98 b	100 a
04	97 a	97 b	100 a	100 a	98 b	100 a
05	95 a	99 a	100 a	99 a	99 a	100 a
06	98 a	99 a	100 a	100 a	99 a	100 a
07	99 a	100 a	100 a	99 a	100 a	100 a
08	100 a	99 a	93 c	100 a	100 a	94 c
09	100 a	97 b	98 b	100 a	98 b	98 a
10	100 a	99 a	99 a	100 a	99 a	99 a
11	96 a	98 a	100 a	98 b	99 a	100 a
12	98 a	99 a	100 a	100 a	99 a	100 a
13	98 a	97 b	98 b	99 a	98 b	98 a
14	96 a	96 b	99 a	99 a	98 b	100 a
15	95 a	98 a	100 a	98 b	99 a	100 a
16	100 a	99 a	99 a	100 a	100 a	99 a
17	96 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
18	98 a	99 a	99 a	100 a	100 a	100 a
19	98 a	99 a	100 a	100 a	100 a	100 a
20	97 a	100 a	100 a	99 a	100 a	100 a
21	91 c	100 a	100 a	99 a	100 a	100 a
22	97 a	100 a	100 a	97 b	100 a	100 a
23	97 a	99 a	97 b	100 a	100 a	97 b
24	97 a	98 a	100 a	99 a	99 a	100 a
25	96 a	99 a	100 a	100 a	100 a	100 a
26	95 b	98 a	100 a	97 b	99 a	100 a
27	90 c	93 c	100 a	95 c	96 c	100 a
CV (%)	1,3	1,26	1,22	2,36	1,85	1,23

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor

Nos resultados da massa de cem sementes (Tabela 6), foi observada diferença a 5% de significância para interação entre os genótipos e entre as safras analisadas, mostrando a ocorrência de diferenças entre os genótipos estudados e estes sofreram influência do ambiente de produção.

Os resultados de massa de cem sementes apresentaram variação entre 13 e 20g (Tabela 6) variando entre genótipos e entre safras, assim como obtidos em

trabalhos também com soja de Cruz, Peixoto e Martins (2010), Lemos (2011), Rodrigues *et al.* (2008) e Santos *et al.* (2003), o que permite inferir que existe variação de massa de cem sementes entre diferentes cultivares e que essa característica é afetada por fatores ambientais.

Os genótipos 09, 15, 22 e 26 foram os únicos que não diferiram estatisticamente quanto a massa de cem semente entre as duas safras analisadas.

De maneira geral as diferenças são pequenas entre as safras, apesar da diferença estatística entre as safras, chamando atenção para o genótipo 06 que numericamente houve uma perda na massa de cem sementes de 3,286 g, perda essa causada pela interação do genótipo com o ambiente, como analisado na figura 2 e 3, onde o período de formação das vagens na safra 2020/2021 foi marcado pela ocorrência de chuvas quase que diariamente, coincidindo com dias nublados, diminuindo a taxa fotossintética das plantas.

Henning *et al.* (2010) observaram correlação positiva entre massa de mil sementes e vigor das sementes, concluíram após analisarem amostras de lotes de sementes da mesma cultivar, com melhor vigor apresentando também maior massa.

Na análise do fator genótipo (Tabela 6), observou-se a formação de 10 grupos distintos, para safra 2019/2020 e nove grupos para safra 2020/2021. Os grupos com maiores e menores massa de cem sementes foram compostos pelos mesmos genótipos nas duas safras. Embora os valores tenham mudado de uma safra para outra, esta diferença entre genótipos e entre safras para a massa de grãos já era esperada, uma vez que é determinada por características genéticas e intrínsecas de cada genótipo que sofrem influências do ambiente.

De maneira geral as diferenças são pequenas entre as safras, apesar da diferença estatística entre as safras, chamando atenção para o genótipo 06 que numericamente houve uma perda na massa de cem sementes de 3,286 g, perda essa causada pela interação do genótipo com o ambiente, como analisado na figura 2 e 3, onde o período de formação das vagens na safra 2020/2021 foi marcado pela ocorrência de chuvas quase que diariamente, coincidindo com dias nublados, diminuindo a taxa fotossintética das plantas.

Henning *et al.* (2010) observaram correlação positiva entre massa de mil sementes e vigor das sementes, concluíram após analisarem amostras de lotes de sementes da mesma cultivar, com melhor vigor apresentando também maior massa.

Na análise do fator genótipo (Tabela 6), observou-se a formação de 10

grupos distintos, para safra 2019/2020 e nove grupos para safra 2020/2021.

Tabela 6 - Massa de cem sementes (g) de 27 genótipos de soja, em função de diferentes ambiente em Cambé - PR.

Genótipo	GM	Peso de Cem Sementes (g)	
		Safra 2019/2020	Safra 2020/2021
01	55	16,443 g B	18,684 c A
02	55	14,015 j B	14,640 h A
03	56	15,191 i B	16,663 e A
04	56	15,115 i B	17,954 d A
05	56	14,155 j B	15,969 a A
06	58	17,714 d A	14,428 h B
07	59	14,257 j A	13,271 i B
08	59	17,474 d A	16,265 f B
09	59	17,083 e A	16,859 e A
10	60	15,309 i A	14,766 h B
11	60	15,772 h B	16,796 e A
12	60	15,282 i B	17,043 e A
13	61	16,264 g A	16,725 e B
14	61	16,317 g B	17,087 e A
15	62	18,710 c A	19,010 b A
16	63	19,935 b A	17,190 e B
17	63	14,973 i A	13,663 i B
18	63	18,493 c A	17,213 e B
19	64	16,466 g A	15,157 g B
20	65	17,616 d A	16,999 e B
21	65	16,679 f B	18,221 d A
22	66	19,812 b A	19,746 a A
23	66	16,712 f A	15,455 g B
24	67	15,804 h A	14,661 h B
25	67	20,366 a A	19,456 a B
26	68	18,932 c A	18,706 c A
27	71	17,417 d A	15,627 g B
CV (%)		1,370	2,260

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

Os grupos com maiores e menores massa de cem sementes foram compostos pelos mesmos genótipos nas duas safras. Embora os valores tenham mudado de uma safra para outra, esta diferença entre genótipos e entre safras para a massa de grãos já era esperada, uma vez que é determinada por características

genéticas e intrínsecas de cada genótipo que sofrem influências do ambiente.

No presente estudo observou-se correlação baixa entre massa de cem sementes e vagens abertas, (Tabela 7), uma explicação é que sementes com maior massa quando expostas a umidade tenham um aumento de volume pronunciado, favorecendo a abertura da vagem e exposição das sementes.

Tabela 7 - Correlação entre índice de vagens abertas – vag.ab, índice de vagens germinadas – vag.germ, índice de sementes germinadas – sem.germ, nota de coloração das sementes – Nota, teor de óleo – óleo, teor de proteínas – Prot e peso de cem sementes - PCS.

CORRELAÇÃO	vag.ab	vag.germ	sem.germ	Nota	Oleo	Prot	PCS
vag.ab	1.00						
vag.germ	0.88*	1.00					
sem.germ	0.77*	0.95*	1.00				
Nota	0.80*	0.60*	0.52*	1.00			
Oleo	0.08*	0.04*	0.09*	0.01*	1.00		
Prot	-0.01*	0.04*	-0.02*	-0.10*	-0.60*	1.00	
PCS	0.30*	0.09*	0.05*	0.30*	0.12	-0.08	1.00

*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

Quanto aos resultados dos índices de abertura de vagens (IAV), índice de vagens germinadas (IVaG) e índice de sementes germinadas na vagem (ISGv), houve diferenças entre os genótipos estudados, assim como interação significativa entre as épocas e safras analisadas (Quadro 1). Mostrando que os genótipos se comportaram de maneira diferentes nas diferentes safras e épocas avaliadas, mostrando que há ocorrência de interação dos genótipos com o ambiente de produção para os fatores: Índice de abertura de vagens (IAV), índice de vagens germinadas (IVaG) e índice de sementes germinadas na vagem (ISGv).

Essa interação significativa com as safras analisadas é explicada pelas diferenças na condições climáticas que ocorreram nas safras 2019/2020 e 2020/2021, figuras 1 e 2.

Quadro 1 - Resumo do quadro de Análise de variância para os dados de Índice de abertura de vagens (IAV), índice de vagens germinadas (IVaG) e índice de sementes germinadas na vagem (ISGv).

FV	GL	IVA	IVG	ISG
Época	2	15,8285 *	54,227 *	512,04 *
Genotipo	26	10,9649 *	8,336 *	39,71 *
Época*Genotipo	52	2,0887 *	1,703 *	7,7 *
Residuo	243	0,2624	0,149	0,81
Total	323			
CV(%)		10,76	11,66	13,02

*: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: O autor.

Mesmo havendo diferenças entre as safras analisadas foi possível identificar os genótipos de soja com tolerância a chuva em pré-colheita, a serem utilizados em programas de melhoramento genético como fontes para característica de tolerância a chuva em pré-colheita presentes na (Tabela 8), onde as médias em **negrito** correspondem aos genótipos mais tolerantes, as sublinhadas mais suscetíveis a umidade em pré-colheita, e as sem destaque se referem aos intermediários.

Sendo que o Índice de abertura de vagens (IAV) apresentou correlação (0.80) (Tabela 7) com as avaliações do teste de coloração das sementes nas vagens, mostrando ser dentre os índices calculados pelo experimento da germinação de vagens, eficiente para seleção de genótipos com tolerância a umidade em pré-colheita.

Lima *et al.* (2015) avaliaram diferentes genótipos de soja e encontraram variabilidade entre os genótipos quanto ao comportamento de abertura e germinação das vagens e concluíram que os resultados obtidos necessitam ser melhor analisados para correlação com o comportamento dos genótipos a campo. Diferentemente do presente estudo onde houve correlação com as informações levantadas no momento da escolha dos genótipos por agricultores e técnicos.

Os resultados obtidos por Lima *et al.* (2015) estão relacionados com os resultados do estudo, em que a germinação de vagens em rolo de papel separou os genótipos quanto ao comportamento a exposição das vagens a umidade, corroborando os resultados dos experimentos da safra 2019/2020 em que nas duas épocas foram semelhantes quando as vagens foram provenientes da mesma condição de cultivo, divergindo dos resultados obtidos com o experimento realizado

na safra 2020/2021 mostrando que a diferença no resultado não está ligado a metodologia, mas sim as condições ambientais de desenvolvimento das plantas que originaram as vagens estudadas (Tabela 8).

Embora o volume total de chuvas em ambas as safras serem semelhantes (2019/2020 - 874 mm, 2020/2021 - 823 mm) (Figuras 2 e 3), houve diferenças quanto a distribuição, em 2019/2020 as chuvas foram mais espaçadas e com volumes individuais maiores diferindo de 2020/2021, em que houve um maior número de dias chuvosos com volumes menores, chamando atenção para a o mês de março de 2021 (Figuras 2 e 3), onde ocorreram precipitações praticamente todos os dias, repercutindo em dias nublados com baixa luminosidade. Período este que coincidiu com a formação e enchimento de vagens dos genótipos, o que influencia diretamente a formação estrutural das vagens (EMBRAPA, 2007).

Quanto as temperaturas, principalmente na fase de enchimento de sementes (R6 a R7), não houve diferenças significativas entre as safras estudadas.

Quanto a interação entre as épocas estudadas em relação ao índice de vagens abertas, vagens germinadas e sementes germinadas (Tabela 8), é explicado pelas diferenças dos elementos meteorológicos no ambiente de produção, em que na safra 2020/2021 por ocorrência de uma frequência maior de chuvas também ocorreram uma frequência maior de dias nublados repercutindo nas características das vagens produzidas, onde os genótipos estudados responderam de formas diferentes para as condições ambientais, mostrando a ocorrência de variabilidade genética.

Tabela 8 - Valores médios dos índices de vagens abertas, vagens germinadas e sementes germinadas por teste de germinação em rolo de papel – Cambé – PR, 2021.

	VAGENS ABERTAS			VAGENS GERMINADAS			SEMENTES GERMINADAS		
	1ªÉpoca	2ªÉpoca	Safra	1ªÉpoca	2ªÉpoca	Safra	1ªÉpoca	2ªÉpoca	Safra
	2019/2020	2019/2020	2020/2021	2019/2020	2019/2020	2020/2021	2019/2020	2019/2020	2020/2021
01	3,01 e B	2,52 e C	4,36 d A	1,23 e B	0,73 e B	4,11 c A	1,89 e B	1,18 f B	8,49 d A
02	4,04 c B	3,74 d B	<u>7,29</u> a A	2,85 c B	2,44 d B	5,24 b A	5,66 c B	3,68 e C	10,50 c A
03	3,02 e B	2,23 e C	4,41 d A	1,39 e B	0,81 e C	3,76 c A	2,34 e B	1,35 f B	8,71 d A
04	3,70 d B	3,78 d B	5,15 c A	2,55 c B	2,59 d B	4,25 c A	5,29 c B	4,38 d B	10,19 c A
05	2,34 f C	3,13 e B	3,90 d A	0,99 f B	1,27 e B	3,51 d A	1,68 e B	2,51 f B	8,15 d A
06	4,22 c A	5,00 c A	4,79 c A	3,37 b B	4,10 b A	4,02 c A	6,82 b C	8,10 a B	9,79 c A
07	4,18 c B	4,91 c B	5,28 c A	3,35 b B	3,88 b B	5,35 b A	6,34 b C	8,19 a B	11,60 b A
08	<u>5,63</u> a C	<u>6,52</u> a B	<u>7,50</u> a A	3,85 b C	4,79 a B	6,77 a A	8,67 a B	9,15 a B	15,96 a A
09	<u>5,84</u> a A	<u>5,82</u> b A	<u>5,42</u> b A	3,40 b B	3,20 c B	4,39 c A	6,63 b B	6,54 b B	10,05 c A
10	<u>4,84</u> b B	<u>5,55</u> b A	<u>5,42</u> b A	3,05 c B	4,23 a A	4,34 c A	7,33 a B	8,95 a A	9,84 c A
11	<u>5,33</u> b A	<u>5,59</u> b A	<u>5,58</u> b A	3,74 b B	2,87 c C	4,59 c A	5,89 c B	4,95 d B	10,19 c A
12	4,50 c B	5,18 c A	5,08 c A	2,32 c B	2,20 d B	3,53 d A	3,59 d B	3,08 e B	7,67 e A
13	3,29 e A	3,15 e A	3,86 d A	2,00 d B	1,95 d B	3,43 d A	3,24 d B	3,38 e B	8,28 d A
14	<u>5,00</u> b A	<u>5,48</u> b A	<u>5,47</u> b A	3,27 b A	3,15 c A	3,52 d A	6,50 b A	5,39 c B	7,46 e A
15	<u>6,14</u> a A	<u>6,16</u> a A	<u>5,40</u> b B	3,49 b A	3,72 b A	3,72 c A	6,23 b B	6,90 b B	8,48 d A
16	4,45 c A	4,45 c A	4,91 c A	2,59 c B	3,58 b A	4,05 c A	5,54 c C	6,96 b B	9,34 c A
17	3,28 e B	3,03 e B	4,24 d A	2,48 c B	2,15 d B	3,88 c A	5,29 c B	4,56 d B	10,01 c A
18	<u>5,72</u> a A	<u>5,66</u> b A	<u>5,42</u> b A	4,40 a A	3,89 b A	3,82 c A	9,16 a A	7,65 a B	9,50 c A
19	4,54 c A	4,96 c A	4,78 c A	3,30 b A	3,56 b A	3,90 c A	7,72 a A	6,67 b B	8,70 d A
20	3,89 d C	4,63 c B	5,28 c A	3,07 c C	3,91 b B	5,06 b A	6,56 b C	8,44 a B	11,98 b A
21	<u>6,60</u> a A	<u>6,56</u> a A	<u>5,85</u> b A	4,48 a A	4,34 a A	4,17 c A	8,05 a B	7,60 a B	9,50 c A
22	3,70 d B	3,74 d B	5,35 c A	2,60 c B	2,74 c B	3,94 c A	5,15 c B	5,84 c B	8,75 d A
23	<u>5,87</u> a A	<u>5,66</u> b A	3,92 d B	3,63 b A	3,81 b A	2,77 e B	8,23 a A	7,90 a A	6,49 e B
24	3,76 d B	4,66 c A	3,65 d B	2,47 c B	3,13 c A	2,93 e A	4,91 c B	6,79 b A	6,87 e A
25	4,60 c A	5,00 c A	4,97 c A	2,73 c B	2,74 c B	3,98 c A	5,20 c B	4,59 d B	9,19 c A
26	<u>5,50</u> b B	<u>5,79</u> b B	<u>7,51</u> a A	3,51 b B	3,83 b B	5,10 b A	6,88 b B	7,03 b B	10,56 c A
27	2,65 f B	2,58 e B	4,31 d A	0,63 f B	0,66 e B	3,38 d A	1,32 e B	1,33 f B	8,21 d A

As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha ou coluna não diferem estatisticamente entre si. Pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

Resultados similares foram obtidos por Pereira, Klepker e Moreira (2011), em que concluiu que as condições de solo e clima diferentes, assim como épocas de semeadura diferentes, apresentam diferentes respostas entre cultivares de soja, enfatizando a abertura prematura das vagens.

Santos *et al.* (2016) relatam que a variabilidade entre cultivares susceptíveis e tolerantes à abertura de vagem é uma ferramenta utilizada pelos agricultores na busca de diminuir perdas no campo, no período após a maturidade fisiológicas das sementes.

A escolha de cultivares por parte dos agricultores com características capazes de preservar as sementes ainda no interior das vagens por meio da diminuição da absorção de água, ou seja, menor permeabilidade, podem diminuir as perdas por ocasião da ocorrência de chuvas em pré-colheita e até evitar a germinação das sementes antes da colheita (FRANÇA NETO *et al.*, 2016).

Santos e Ceccatto (2016), enfatizam que a abertura prematura das vagens causa prejuízos, ligados ao fato das sementes expostas a umidade, pela ocorrência de chuvas e até ao orvalho, em que as sementes por absorverem água podem iniciar o processo de germinação.

Sendo assim, para produção de sementes de qualidade é necessário a utilização de técnicas que diminuem os efeitos do tempo, principalmente após a maturidade fisiológica que nesse momento estão prontas e sensíveis aos processos de deterioração, pois estão armazenadas no campo (SANTOS; CECCATTO, 2016).

O processo de abertura prematura das vagens assim como a deiscência, são desencadeadas por fatores genéticos conjuntamente a condições ambientais. A abertura da vagem ocorre quando há diminuição da força de ligação que unem as partes da parede da vagem, causando a deiscência (FUNATSUKI *et al.*, 2014).

A correlação entre vagens abertas e vagens germinadas e sementes germinadas e massa de cem sementes foram positivas e significativas a 5% de probabilidade (Tabela 7). Este resultado indica que quanto maior o número de vagens abertas, maior será o número de sementes germinadas e por consequência maior o número de vagens com sementes germinadas.

A correlação entre vagens abertas, vagens germinadas, sementes germinadas e a nota de avaliação do teste de coloração das vagens foi significativa e positiva, mostrando que o teste de coloração das vagens é uma opção para seleção de genótipo com tolerância ao excesso hídrico em pré-colheita.

Foi possível identificar 12 genótipos de soja dentre os 27 estudados, com tolerância a chuva em pré-colheita, nos diferentes ambientes analisados, que podem ser utilizados em programas de melhoramento genético como fontes para característica de tolerância a chuva em pré-colheita, assim como os genótipos susceptíveis a serem evitados.

Sugere-se a realização de estudos com análises de vagens produzidas em um mesmo ano agrícola, mas em diferentes ambientes de produção a fim de comprovar a metodologia do teste de coloração de sementes nas vagens e o teste de germinação de vagens em rolo de papel.

No Quadro 2, é apresentado o resumo do quadro de análise de variância para os resultados análise de coloração das sementes nas vagens, nas safras 2019/2020 e 2020/2021, não houve interação significativas entre safras x genótipos e entre safra x Tempo de exposição, safra x genótipo x tempo, mostrando que independente da safra analisada os genótipos teriam um mesmo tempo de coloração das sementes e também o mesmo comportamento quanto a coloração das sementes no interior das vagens.

A ocorrência de interação significativa entre genótipo X tempo nos mostra que existe diferenças entre os genótipos quanto ao tempo de coloração das sementes no interior das vagens. Essas diferenças entre os tempos de coloração para um mesmo genótipo são correlacionadas com a velocidade de embebição, a qual é possível de realizar seleção por haver variabilidade genética entre os genótipos estudados.

Quadro 2 - Resumo do quadro de análise de variância para os dados de análise de coloração das sementes nas vagens dos genótipos avaliados, nas safras 2019/2020 e 2020/2021 nos tempos de 24, 48, 72 e 96 horas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	
Safra	1	2,5941	2,5941	9,0376	0,0027	*
Gen	26	531,3850	20,4379	71,2030	0	*
Tempo	3	1065,9398	355,3133	1237,8656	0	*
Safra*Gen	26	9,6767	0,3722	1,2966	0,1442	ns
Safra*Tempo	3	2,7423	0,9141	3,1846	0,0229	ns
Gen*Tempo	78	292,2477	3,7468	13,0532	0	*
Safra*Gen*Tempo	78	11,8202	0,1515	0,5280	0,9998	ns
Residuo	2.376	682,00	0,28704			
Total	2.591	2.598				
CV(%)	24.84					

Fonte: O autor.

Na Tabela 9, são apresentadas as notas de coloração das sementes nas vagens dos genótipos, nos tempos de exposição de 24, 48, 72 e 96 horas, para as duas safras, e não houve diferenças estatísticas entre as safras analisadas, é importante salientar que houve diferenças estatísticas entre os tempos de exposição, sendo que no tempo de 96 horas as médias das notas foram maiores, sendo também o tempo de exposição de 96 h que permitiu a classificação dos genótipos quanto a tolerância a umidade em pré-colheita. Na tabela 9 é apresentada a análise conjunta de 2019/2020 e 2020/2021.

Tabela 9 - Notas de coloração das sementes nas vagens dos genótipos avaliados, nas safras 2019/2020 e 2020/2021 nos tempos de 24, 48, 72 e 96 horas.

TEMPOS DE EXPOSIÇÃO	Safras	
	2019/2020	2020/2021
24 h	1,28 aA	1,43 aA
48 h	1,73 bB	1,82 bB
72 h	2,46 cC	2,44 cC
96 h	3,02 dD	3,04 dD
CV (%)	24,80	24,88

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. Pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

Na Tabela 10, são apresentadas as médias das notas de coloração das sementes nas vagens, onde houve diferenças entre os genótipos e entre os tempos

de exposição.

Tabela 10 - Comparação das médias de notas de coloração das vagens nos tempos de exposição de 24, 48, 72 e 96 horas.

Genótipos	Tempos de exposição (h)							
	24		48		72		96	
1	1,12	d C	1,91	b B	2,00	e B	2,29	f A
2	1,00	d D	1,50	d C	1,91	e B	<u>3,16</u>	<u>d</u> A
3	1,00	d C	1,62	c B	1,79	f B	2,08	g A
4	1,29	d C	1,79	c B	2,00	e B	<u>3,04</u>	<u>d</u> A
5	1,04	d B	1,20	d B	2,29	d A	2,37	f A
6	1,33	c B	1,33	d B	2,41	d A	2,45	f A
7	1,04	d C	1,29	d B	1,45	f B	2,41	f A
8	1,37	c C	2,12	b B	3,54	b A	<u>3,66</u>	<u>c</u> A
9	1,41	c D	2,08	b C	2,50	d B	<u>3,79</u>	<u>c</u> A
10	1,25	d D	1,79	c C	2,37	d B	<u>2,91</u>	<u>e</u> A
11	1,45	c C	2,00	b B	3,29	b A	<u>3,58</u>	<u>c</u> A
12	2,08	a C	2,50	a B	3,12	b A	<u>3,33</u>	<u>d</u> A
13	1,16	d C	1,58	c B	2,12	e A	2,41	f A
14	1,54	c C	1,58	c C	2,79	c B	<u>3,25</u>	<u>d</u> A
15	1,54	c D	1,91	b C	3,95	a B	<u>4,54</u>	<u>a</u> A
16	1,25	d D	1,70	c C	2,25	d B	<u>3,25</u>	<u>d</u> A
17	1,45	c B	1,45	d B	2,12	e A	2,29	f A
18	1,79	b D	2,79	a C	3,33	b B	<u>4,45</u>	<u>a</u> A
19	1,25	d C	1,45	d C	2,08	e B	<u>3,58</u>	<u>c</u> A
20	1,20	d C	1,50	d B	1,70	f B	2,29	f A
21	1,58	c D	2,08	b C	4,00	a B	<u>4,45</u>	<u>a</u> A
22	2,12	a A	2,29	b A	2,41	d A	2,50	f A
23	1,20	d C	1,41	d C	2,33	d B	<u>3,45</u>	<u>c</u> A
24	1,37	c C	1,83	c B	2,12	e A	2,20	f A
25	1,12	d B	1,37	d B	2,08	e A	2,33	f A
26	1,37	c D	2,08	b C	2,58	c B	<u>4,04</u>	<u>b</u> A
27	1,25	d B	1,62	c A	1,75	f A	1,79	g A
MÉDIA	1,36	A	1,77	B	2,45	C	3,03	D
CV (%)	24,84							

As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha ou coluna não diferem estatisticamente entre si. Pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

Outro ponto importante observado na Tabela 10, foi que com o tempo de 96 horas apresentou o melhor resultado, e por meio dele foi possível a separação dos genótipos em sete grupos, sendo que as maiores notas são considerados suscetíveis a umidade em pré-colheita e os com menores médias são tolerantes, como a avaliação do teste de coloração foi por meio de notas de 0 a 5, não foi

possível a classificação em moderadamente tolerantes, para isso a escala de notas deveria ser reajustada para 0 a 10, sendo que os genótipos com média das notas próximo a 5, poderiam ser classificados como moderadamente tolerantes.

Uma possível explicação para a ocorrência de alguns genótipos com menor coloração nas sementes no interior das vagens, e serem classificados como tolerantes a umidade em pré-colheita, e que tenham um maior teor de lignina em suas vagens, os mesmos genótipos apresentaram menor abertura de vagens e germinação das vagens no teste de germinação em rolo de papel.

Segundo Oliveira *et al.* (2014) genótipos de soja com vagens com maior teor de lignina apresentam menor permeabilidade a água, o que está diretamente relacionado a uma menor deterioração das sementes a campo, refletindo na obtenção de lotes com melhor qualidade fisiológica.

A lignina além de influenciar o processo de absorção de água nas vagens e sementes, está relacionada com o grau de resistência a danos mecânicos, fator importante quando tratamos de produção de lotes de sementes. Castro *et al.* (2016), concluíram que cultivares de soja com maiores teores de lignina no tegumento, apresentam menor porcentagem de danos por umidade e melhor qualidade fisiológica.

Segundo Alvarez *et al.* (1997) e Cutter (2002) a lignina apresenta caráter altamente hidrofóbico, dificultando assim a passagem de água através dos tecidos, ou a tornando lenta. Essa observação faz todo sentido quando observamos os dados presentes nas Tabelas 8 e 10 é possível observar uma variabilidade entre os genótipos quanto a absorção de água tanto pelas vagens no teste de germinação de vagens e de coloração das sementes nas vagens.

Os resultados mostram que os genótipos com menor desempenho no teste de germinação de vagens foram os que tiveram maior coloração das sementes no teste de coloração das sementes na vagem, mostrando que esses genótipos são mais propensos a deterioração das sementes por ocorrência de chuvas em pré-colheita e apresentam vagens com maior permeabilidade a água (Tabela 8 e 10).

Da mesma forma os genótipos com melhor desempenho no teste de germinação das vagens, foram os mesmos genótipos com menor coloração das sementes, mostrando que esses genótipos apresentam vagens com menor permeabilidade a água, e esteja relacionada com maiores teores de lignina, refletindo em uma maior tolerância a ocorrência de chuvas em pré-colheita.

O tempo de 96 horas de exposição foi o que distinguiu o comportamento dos genótipos diante da exposição a umidade. Desta forma dentre os genótipos testados, 1, 3, 5, 6, 7, 13, 17, 20, 22, 24, 25, 27 são mais tolerantes (em negrito na tabela 10) a exposição a umidade em pré-colheita, por apresentarem a nota média até 2,5 diante da escala 1 a 5 utilizada na avaliação do teste de coloração de sementes nas vagens. No mesmo sentido os genótipos: 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 26 são mais suscetíveis a umidade em pré colheita por possuírem notas mais elevadas de coloração das sementes (sublinhados na tabela 10), ou seja, mais próximas a 5, que corresponde a nota máxima de coloração das sementes.

É importante salientar que o resultado de correlação significativa de 0,80 (Tabela 7) entre os resultados obtidos do índice de vagens abertas e as notas de coloração de vagens é muito satisfatório.

Corroborando com a correlação, os genótipos mais tolerantes a umidade em pré-colheita pelo teste de germinação em rolo de papel, considerando o índice de vagens abertas, coincidiram com os genótipos classificados como tolerantes pelo teste de coloração das sementes nas vagens, dando credibilidade para a metodologia.

No Quadro 3, é apresentado o resumo do quadro de análise de variância para os resultados dos teores de óleo e Proteína, onde pode-se observar a ocorrência de diferenças estatísticas significativas entre os genótipos avaliados, entre épocas e interação genótipos x Época, tanto para os teores de óleo como proteínas, sendo possível o desdobramento que é apresentado na tabela 11.

Quadro 3 - Resumo do quadro de análise de variância para os dados de análise do teor de óleo e proteína para os genótipos estudados.

FV	GL	Óleo		Proteína	
Gen	26	1,5738	*	8,9573	*
Epoca	1	4,6625	*	5,2625	*
Gen*Epoca	26	0,8861	*	3,8054	*
Residuo	54	0,0654		0,0783	
Total	107				
CV(%)		1,2		0,78	

*: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: O autor.

A correlação entre o teor de óleo e proteína foi significativo e negativo (tabela 7), mostrando que existe correlação, mas essa é inversamente proporcional,

ou seja, para grande parte dos genótipos testados com o aumento do teor de óleo ocorre o decréscimo do teor de proteína. Resultados de correlações negativas entre os teores de proteína com os teores de óleo são relatados por Felipe, Gerde e Rotundo (2016) e Boehm Junior *et al.* (2019).

Não houve correlação entre os teores de óleo e proteína com vagens abertas, vagens germinadas e sementes germinadas, mostrando que os teores de óleo e proteína das sementes apresentam pouco ou nenhum efeito sobre a tolerância a chuva em pré-colheita. Embora Delarmelino-Ferraresi, Villela e Aumonde (2014) concluíssem que os teores de proteína e óleo evidenciam a relação entre composição química e a qualidade fisiológica de sementes de soja.

A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 11, foi observado que o efeito de ambiente ou seja do ano agrícola, foi responsável pela variação nos teores de óleo e proteína nas safras analisadas, conforme os dados climáticos apresentados nas figuras 2 e 3. Além disso, a variância para o efeito da interação genótipo x ambiente foi superior ao efeito de genótipo, indicando que existem alterações no ranqueamento das cultivares entre as diferentes safras analisadas, quanto aos teores de óleo e proteína.

Estes resultados eram esperados, pois os ensaios foram conduzidos em anos agrícolas diferentes na mesma área experimental e semeados na mesma época, mas com condições climáticas diferentes. Desta forma é possível concluir que existe variabilidade genética entre os genótipos quanto aos teores de óleo e proteína e o ambiente de produção influencia nesses teores.

Dal Piva e Schuster (2011), verificaram a existência de interação genótipo x ambiente, uma correlação negativa e alta entre os teores de proteína e óleo, dentre 125 genótipos de soja analisados, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Tabela 11 - Teor de óleo (%) e proteína (%) para os genótipos estudados em função das safras analisadas.

Genótipos	SAFRA 19/20		SAFRA 20/21		SAFRA 19/20		SAFRA 20/21	
	ÓLEO		ÓLEO		PROTEÍNA		PROTEÍNA	
01	22,22	a A	22,22	b A	34,15	i A	34,67	d A
02	19,81	d B	21,00	d B	39,35	b A	36,77	b B
03	21,80	a A	22,26	b A	34,31	i A	33,94	e A
04	20,68	c B	21,31	c A	38,87	b A	37,35	a B
05	19,93	d B	21,59	c A	38,05	c A	35,47	c B
06	22,02	a A	21,48	c B	34,80	h B	36,59	b A
07	20,57	c B	22,20	b A	38,20	c A	34,49	d B
08	22,05	a A	21,83	b A	34,95	h B	36,66	b A
09	21,57	b A	21,44	c A	33,72	j B	36,24	b A
10	21,04	b A	21,31	c A	34,02	i B	34,65	d A
11	19,17	e B	20,45	e A	37,42	d A	34,67	d B
12	20,41	c B	23,34	a A	36,42	f A	32,33	f B
13	19,68	d B	20,86	d A	41,03	a A	37,47	a B
14	21,58	c A	20,37	c B	34,51	h A	35,00	d A
15	20,08	d B	22,03	b A	35,17	h A	33,51	e B
16	21,44	b A	21,01	d A	35,96	g A	36,28	b A
17	22,41	a A	21,77	b B	32,53	k A	32,65	e A
18	21,32	b A	20,92	d A	33,87	j A	33,65	e A
19	22,24	a A	21,31	c B	33,74	j B	35,62	c A
20	20,27	c A	20,52	e A	36,32	f A	35,86	c A
21	21,23	b A	21,36	c A	39,33	b A	36,71	b B
22	22,26	a A	21,61	c B	33,47	j B	34,96	d A
23	21,24	b A	20,98	d A	34,96	h A	35,40	c A
24	20,35	c A	20,42	e A	36,25	f A	36,48	b A
25	20,65	c B	21,49	c A	36,79	e A	36,57	b A
26	21,64	b A	21,55	c A	34,34	i B	36,75	b A
27	20,87	c A	20,68	e A	36,85	e A	35,74	c B
CV (%)	1,22		1,24		0,78		0,84	

As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha ou coluna não diferem estatisticamente entre si. Pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

Os resultados apresentados por Delarmelino-Ferraresi, Villela e Aumonde (2014) concluíram que a composição química de sementes de soja varia entre lotes de uma mesma cultivar e entre cultivares diferentes, e que o aumento no teor de proteína corresponde à redução no teor de óleo.

Moraes *et al.* (2006) e Ávila *et al.* (2007) verificaram que o teor de proteína de cada genótipo de soja é regulado geneticamente; entretanto, sua concentração nas sementes é influenciada pelas condições do ambiente, e disponibilidade de nitrogênio. Desta forma se as condições ambientais interferirem

negativamente na fixação simbiótica de nitrogênio, interferirá também no teor de proteína das sementes.

Texeira *et al.* (1985) concluíram que o acúmulo de matéria seca e de óleo nos grãos de soja é influenciado pelo ano agrícola e pelas cultivares, além de maiores temperaturas influenciarem em maior teor de óleo.

5 CONCLUSÕES

Os testes realizados nesta pesquisa apresentam grande importância possibilitando a seleção de genótipos com maior tolerância à chuva na colheita, diante da variabilidade genética para essa característica.

O teste de germinação de vagens em rolo de papel e o teste de coloração das sementes possibilitaram a separação dos genótipos suscetíveis e tolerantes a deterioração das sementes em pré-colheita, em diferentes safras e tempos de exposição a umidade.

Foi possível identificar 12 genótipos de soja dentre os 27 estudados, com tolerância a chuva em pré-colheita, nos diferentes ambientes analisados, que podem ser utilizados em programas de melhoramento genético como fontes para característica de tolerância a chuva em pré-colheita, assim como os genótipos susceptíveis a serem evitados.

Sugere-se a realização de estudos com análises de vagens produzidas em um mesmo ano agrícola, mas em diferentes ambientes de produção a fim de comprovar a metodologia do teste de coloração de sementes nas vagens e o teste de germinação de vagens em rolo de papel.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Embrapa Arroz e Feijão Sistemas de Produção, 6).
- ALVAREZ, P. J. C. *et al.* Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.
- AMORIM, F. A. *et al.* Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia - MG. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1793-1802, 2011.
- ÁVILA, M. R. *et al.* Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 111-127, 2007.
- BAHRY, C. A. *et al.* Physiological quality and imbibitions of soybean seeds with contrasting coats. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 125-133, 2017.
- BENNETT, M. A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 58-62, 2001.
- BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013.
- BOEHM JUNIOR, J. D. *et al.* Genetic Improvement of US soybean in maturity groups V, VI, and VII. **Crop Science**, Madison, v. 59, p.1838-1852, 2019.
- BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 7 ed. Viçosa: Editora UFV, 2017.
- BRACINI, A. L. **Avaliação da qualidade fisiológica da semente de variedades e linhagens de soja (Glycine max) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento**. 1993. 109 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROSTAT - Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro. **Indicadores gerais Agrostat**. 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 06 jul. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa, 2009.

BURTON, J. W. *et al.* Effects of defoliation on seed protein concentration in normal and high protein lines of soybean. **Plant and Soil**, Haia, v. 172, n. 1, p. 131-139, 1995.

CARBONELL, S. A. M; KRZYZANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistant to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CASTRO, E. M. *et al.* Qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas sob chuva artificial no período pré-colheita1. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 14-21, 2016.

CHAPMAN, J. Evidence of a germination inhibitor in senescent soybean pod walls. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v. 1, n. 1, p. 30-31, 1984.

CHRISTIANSEN, L. C. *et al.* Examination of the dehiscence zone in soybean pods and isolation of a dehiscence-related endopolygalacturonase gene. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 479-490, 2002.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the genetic base of soybean: a multi disciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: CONAB, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: CONAB, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro>. Acesso em: 12 dez. 2021.

COSTA, N. P. da *et al.* Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.

COSTA, N. P. da *et al.* Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 172-181, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222005000200025&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 9 fev. 2022.

CRUZ, T. V. da; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, p. 33-42, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.

CUTTER, E. **Anatomia vegetal**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2002. Parte 1: Células e tecidos.

DAL PIVA, R. **Interação genótipo x ambiente nos conteúdos de proteína e óleo em soja e métodos analíticos de avaliação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura) - Universidade Paranaense, Umuarama, 2011. Disponível em: <http://seshat.unipar.br/trabalho/interacao-genotipo-x-ambiente-nos-conteudos-de-proteina-e-oleo-em-soja-e-metodos-analiticos-de-avali/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

DASSOU, S.; KUENEMAN, E. A. Screening methodology for resistance to field weathering of soybean seed. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 4, p. 774-779, 1984.

DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.

DÍAZ, H. I. *et al.* **El cultivo de la soja para granos y forrajes**. Costa Rica: CIDA, 1992. (Boletín Técnico).

DINIZ, F. O. *et al.* Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 47-152, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil – 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

FELIPE, M. de; GERDE, J. A.; ROTUNDO, J. L. Soybean genetic gain in maturity groups III to V in Argentina from 1980 to 2015. **Crop Science**, Madison, v. 56, p. 1-12, 2016.

FERREIRA, F. C. *et al.* Resfriamento de sementes de soja e qualidade fisiológica no armazenamento. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 385-392, 2017.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 67, p. 1-25, 2015.

FRANÇA NETO, J. B. O teste de tetrazólio em sementes de soja. *In*: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 87-102.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Produção de sementes de soja: fatores de campo. **Seed News**, Pelotas, n. 4, p. 20-23, 2000.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 37-38, 2010.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1984. (Embrapa-CNPSo - Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* Tecnologia de produção de sementes. *In*: FRANÇA NETO, J. B. *et al.* **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2000.

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* **Tecnologia para produção de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja - Circular Técnica, 40).

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* Determinação do conteúdo de lignina nos tegumentos de sementes de soja com tegumento preto. *In*: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999. Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Documento 134).

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

FRANCO, F. A. Tolerância à germinação na espiga em cultivares de trigo colhido na maturação fisiológica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2396-2401, dez. 2009.

FUNATSUKI, H. *et al.* Molecular basis of a shattering resistance boosting global dissemination of soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 111, n. 50, p. 17797-17802, 2014.

GIASSON, N. F. **Métodos de seleção de genótipos de soja para tolerância a chuva na pré-colheita**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

GIURIZATTO, M. I. K. *et al.* Efeito da época de colheita e da espessura do tegumento sobre a viabilidade e o vigor de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 771-779, 2003.

GRIS, C. F. *et al.* Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.

HEIL, C. Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR spectroscopy. **Madison**: thermo fisher scientific, 2010. 3 p. (Application note: 51954). Disponível em: <http://www.nicoletcz.cz>. Acesso em: 18 jul. 2020.

HENNING, F. A. *et al.* Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 727-734, 2010.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

HUTH, C. Velocidade de embebição de sementes de soja através de chuva simulada. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 18., 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: [s. n.], 2013.

HUTH, C. *et al.* Susceptibility to weathering damage and oxidative stress on soybean seeds with different lignin contents in the seed coat. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 296-304, 2016.

IAPAR - INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANA. **IDR IAPAR Clima**. 2021. 1 aplicativo mobile.

JYOTI; MALIK, C. P. Seed deterioration: a review. **International Journal of Life Sciences Biotchenology and Pharma Reserch**, Hyderabad, v. 2, n. 3, p. 374-385, July 2013.

KAPOOR, N. *et al.* Physiology and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice (*Oryza sativa* L.). **America Journal of Plant Physiology**, [s. /], v. 6, n. 1, p. 28-35, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C. Desafios tecnológicos para a produção de semente de soja na região tropical brasileira. *In*: WORLD RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2004. p. 1324-1335.

KRZYZANOWSKI. F. C.; FRANÇA NETO. J. B. Agregando valor a sementes de soja. **Seed News**, Pelotas, v. 7, n. 5, p. 22- 27, 2003.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* **A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades**: Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja - Circular Técnica, 55).

LEMOS, Leandro Borges *et al.* Desempenho agrônômico e produtivo de cultivares de soja em diferentes safras. **Científica**, Dracena, v. 39, n. 1/2, p. 44-51, 2011.

LIMA, M. M. *et al.* Tolerância de Genótipos de soja a germinação na vagem. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: [s. n.], 2015.

LIMA, W. A. A. *et al.* Retardamento de Colheita com método de diferenciação de genótipos de soja para qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília DF, v. 29, n. 1, p. 186-182, 2007.

LI, YING-HUI *et al.* Genetic diversity in domesticated soybean (*Glycine max*) and its wild progenitor (*Glycine soja*) for simple sequence repeat and single-nucleotide polymorphism loci. **New phytologist**, Cambridge, v. 188, n. 1, p. 242-253, 2010.

LUCCA FILHO, O. A. Importância da sanidade na produção de sementes de alta qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 7, n. 1, p. 113-124, 1985.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, Jan./Feb. 1962.

MARCOS FILHO, J. **Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 1979. Tese (Livre Docência) - Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

MARCOS FILHO, J. Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 21-24, 2013.

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

MARTINS, C. C. et al. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, p. 455-461, 2016.

MATHIAS, V. et al. Redução do vigor em função de diferentes épocas de colheita de sementes de soja. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: [s. n.], 2015.

MATSUO, E. et al. Análise da estabilidade e previsibilidade da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Cristalina, Goiás. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 191-196, 2008.

MENEZES, M. et al. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 12, p. 1716-1723, 2009.

MERTZ, L. M. et al. Diferenças Estruturais entre tegumento de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 23-29, 2009.

MILLER, S. S. et al. Hourglass cell development in the soybean seed coat. **Annals of Botany**, London, v. 106, p. 235-242, 2010.

MORAES, R. M. A. de et al. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 5, p. 725-729, 2006.

NEDEL, J. L. Fundamentos da qualidade de sementes. *In*: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2003. p. 94-136.

OBANDO-FLOR, E. P. et al. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

OLIVEIRA, C. M. D. et al. Relationship between pod permeability and seed quality in soybean. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 273-281, 2014.

- PÁDUA, G. P. *et al.* Produtividade e qualidade fisiológica de genótipos de soja após o retardamento de colheita. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.*, 2015, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: [s. n.], 2015.
- PANOBIANCO, M. **Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e relação com o conteúdo de lignina no tegumento.** 1997. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- PANOBIANCO, M. *et al.* Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.
- PEREIRA, L. A. G.; ANDREWS, C. H. Comparison of non-wrinkled and wrinkled soybean seed coats by scanning electron microscopy. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 13, n. 3, p. 853-859, 1985.
- PEREIRA, M. J. Z.; KLEPKER, D.; MOREIRA, J. U. V. **Cultivares de soja Região Norte e Nordeste do Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- PESKE, S. M.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. *In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D. A.; ROTA, G. R. M. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.* Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2003. p. 12-91.
- PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.** 2. ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006.
- PESKE, S. M.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de Sementes. *In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.* 3. ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2012. p. 15-93.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2. ed. Brasília, DF: Agiplan, 1985.
- QUIRINO, J. R. *et al.* Efeito comparativo dos sistemas de exaustão e respiro do silo na qualidade da soja armazenada. *In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 6.*, 2014, Maringá. **Anais [...]**. Londrina: ABRAPÓS, 2014. p. 230-238.
- RADCHUK, V.; BORISJUK, L. Physical, metabolic and developmental functions of the seed coat. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 5, p. 1-17, Oct. 2014.
- ROCHA, V. S. *et al.* **A qualidade de semente de soja.** Viçosa: UFV, 1990. (Cartilha 188)
- RODRIGUES, O. *et al.* **Rendimento de grãos de soja em semeadura tardia.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 66).
- ROMKAEW, J. *et al.* Pod dehiscence in relation to chemical components of pod shell in soybean. **Plant Production Science**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 278-282, 2008.
- ROSSETTO, T. A. O. F. *et al.* Análise de Genótipos de Feijoeiro submetidos ao estresse abiótico de chuva antes da colheita com as sementes ainda no interior das

vagens. *In*: PRÊMIO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA: REYNALDO CAMARGO NEVES, 2011. **Anais** [...]. Londrina: UNIFIL, 2011.

SANTOS, E. L. dos; CECCATTO, S. E. Abertura prematura de vagens e rendimento de grãos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 4, p. 11-23, 2016

SANTOS, J. M. B. *et al.* Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2003.

SANTOS, E. L. *et al.* Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 20-26, 2007.

SANTOS, E. L. *et al.* Tolerância de genótipos de soja à germinação na vagem. **Revista Terra e cultura**, Londrina, v. 63, p. 57-66, 2016.

SEDIYAMA, T. **Cultura da soja**. Viçosa: Ed. UFV, 1993.

SEDIYAMA, T. *et al.* **Tecnologias de produção e usos da soja**. Viçosa: Mecenaz, 2009. v. 1

SILVA, N. O. *et al.* Genetic control of traits associated with maize seed quality population. **Maydica**, Bergamo, v. 53, p. 55-62, 2008.

SISMAN, C. Quality losses in temporary sunflower stores and influences of storage conditions on quality losses during storage. **Journal of Central European Agriculture**, [s. l.], v. 6, p. 143-150, 2005.

SMIDERLE, O. J.; CÍCERO, S. M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 462-469, 1998.

SOUZA, F. H. D.; MARCOS FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed environment relationships in Fabaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, p. 365-375, 2001.

TALAMINI, V. *et al.* **Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol introduzidas para cultivo em Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 67).

TERASAWA, J. M. *et al.* Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.

TEXEIRA, J. P. F. *et al.* Acúmulo de substâncias de reserva em grãos de soja, matéria seca, óleo e ácidos graxos. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 295-309, 1985.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual da sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977.

TSUKAHARA, R. Y. *et al.* Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 8, p. 905-915, 2016.

TULLY, R. E. A new technique for measuring permeability of dry soybean pods to water. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 2, p. 437-440, 1982.

VASCONCELOS, E. S. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012.

VIDIGAL, D. S. *et al.* Galactinol as marker for seed longevity. **Plant Science**, Limerick, v. 246, p. 112-118, 2016.

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News**, Pelotas, n. 4, p. 1-2, 2009.

ZUFFO, A. M. *et al.* Retardamento de colheita na cultura da soja. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2015.

YAKLICH, R. W.; CREGAN, P. B. Moisture migration into soybean pods. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 5, p. 791-793, 1981.

WESTGATE, M. E. *et al.* **Temperture regulation of uptake and metabolism of protein and oil precursors by developing soybean embryos**. Madison: American Soybean Association, 1995.