

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO ANDRÉ PETKOWICZ

**MEMÓRIA TRANSGERACIONAL NA QUALIDADE DE SEMENTES E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

DOIS VIZINHOS

2023

LEANDRO ANDRÉ PETKOWICZ

**MEMÓRIA TRANSGERACIONAL NA QUALIDADE DE SEMENTES E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Transgenerational memory in seed quality and soybean productivity

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Dois Vizinhos – UTFPR- DV, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Carlos André Bahry.

Coorientador: Jean Carlo Possenti.

DOIS VIZINHOS

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos**



LEANDRO ANDRE PETKOWICZ

MEMÓRIA TRANSGERACIONAL NA QUALIDADE DE SEMENTES E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA.

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciências Agrárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Agroecossistemas.

Data de aprovação: 18 de Abril de 2023

Dr. Carlos Andre Bahry, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Lais Tessari Perboni, Doutorado - Syngenta Seeds

Dra. Maristela Dos Santos Rey, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 19/04/2023.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Carlos André Bahry, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O ambiente de cultivo da planta mãe pode afetar a qualidade das sementes geradas devido ao efeito transgeracional, em que as características adquiridas podem ser transmitidas para as gerações subsequentes. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito do vigor de sementes de soja e fertilidade do ambiente de produção na qualidade das sementes geradas e no desempenho da lavoura de grãos subsequente. Para isso, na safra 2020/2021, sementes de soja da cultivar M 5917 IPRO® foram classificadas em três níveis de vigor (maior, intermediário e baixo) e semeadas a campo em duas áreas com níveis contrastantes de fertilidade do solo. Após a colheita das sementes, estas foram padronizadas para o tamanho 6,0 mm, formando seis lotes. Realizou-se avaliação da qualidade fisiológica das sementes por meio dos testes de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântula, massa seca de plântula e índice de velocidade de emergência em areia. As demais sementes foram armazenadas, em condição ambiente, para a repetição dos testes aos seis meses de armazenamento e, posteriormente, para semeadura na safra 2021/2022, para avaliar o desempenho da lavoura de grãos. Os resultados sugerem que o local de produção das sementes de soja exerce influência em efeitos transgeracionais na sua qualidade fisiológica e no desempenho da lavoura de grãos subsequente e que sementes de soja mais vigorosas contribuem para a geração de uma lavoura de grãos mais produtiva.

Palavras-chave: efeitos transgeracionais, armazenamento fertilidade do solo, qualidade fisiológica, produtividade.

ABSTRACT

The growing environment of the mother plant can affect the quality of the seeds generated due to the transgenerational effect, in which the acquired traits can be transmitted to subsequent generations. The aim of this work was to verify the effect of soybean seed vigor and fertility of the production environment on the quality of the seeds generated and on the performance of the subsequent grain crop. For this, in the 2020/2021 harvest, soybean seeds of the M 5917 IPRO® cultivar were classified into three vigor levels (high, medium and very low) and sown in the field in two areas with contrasting levels of soil fertility. After harvesting the seeds, they were standardized to a size of 6.0 mm, forming six lots. The physiological quality of the seeds was evaluated through germination tests, accelerated aging, seedling length, seedling dry mass and emergence speed index in sand. The other seeds were stored, in ambient conditions, for the repetition of the tests after six months of storage and, later, for sowing in the 2021/2022 harvest, to evaluate the performance of the grain crop. The results suggest that the location of soybean seed production influences transgenerational effects on its physiological quality and on the performance of the subsequent grain crop and that more vigorous soybean seeds contribute to the generation of a more productive grain crop.

Keywords: transgenerational effects, storage, soil fertility, physiological quality, productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 – Medição da raiz primária e parte aérea das plântulas normais emergidas	27
Fotografia 2 - contagem das plântulas que apresentaram cotilédones totalmente emergidos	28
Gráfico 1 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2020/21	31
Gráfico 2 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2021/22	32

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Discriminação dos lotes de sementes gerados depois da colheita	24
Tabela 1 - Análise química da fertilidade do solo na área do experimento na camada 0-10 cm.....	24
Tabela 2 - Resumo da Análise de Variância dos parâmetros de qualidade de sementes de soja provenientes de diferentes locais de produção	32
Tabela 3 - Dados médios de parâmetros da qualidade fisiológica de sementes a partir do vigor original das sementes que geraram o campo de produção	34
Tabela 4 - Dados médios de parâmetros da qualidade fisiológica de sementes em função do seu local de produção	34
Tabela 5 - Dados médios de parâmetros da qualidade fisiológica de sementes em função da interação entre local de produção e vigor das sementes que originaram os campos de produção.....	35
Tabela 6 - Resumo da Análise de Variância dos componentes de rendimento da cultivar M 5917 IPRO em função da procedência de lotes de sementes	36
Tabela 7 - Dados médios de produtividade de grãos em função da procedência de lotes de sementes de soja.....	37
Tabela 8 - Correlação de Pearson entre as variáveis respostas analisadas para a cultivar 5917, em função da procedência dos lotes de sementes.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Altura da planta
B.O.D.	Biological Oxygen Demand
CFA	Clima subtropical úmido mesotérmico
Cm	Centímetros
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CPA1	Comprimento da parte aérea pós beneficiamento das sementes
CPA2	Comprimento da parte aérea pré-semeadura da soja
CR1	Comprimento da raiz pós beneficiamento das sementes
CR2	Comprimento da raiz pré-semeadura da soja
CT1	Comprimento total pós beneficiamento das sementes
CT2	Comprimento total pré-semeadura da soja
EA	Envelhecimento acelerado
EA1	Envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes
EA2	Envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja
EUR	Eficiência do uso da radiação
FBN	Fixação biológica do nitrogênio
G1	Germinação pós beneficiamento das sementes
G2	Germinação pré-semeadura da soja
ha ⁻¹	Hectare
IAF	Índice de área foliar
IAPAR	Instituto Agrônomo do Paraná
IPL	Inserção do primeiro legume
IVE	Índice de velocidade de emergência
IVE1	Índice de velocidade de emergência pós beneficiamento das sementes
IVE2	Índice de velocidade de emergência pré-semeadura da soja
kg	Quilo
K ₂ O	Óxido de potássio
spp	Espécies
MMG	massa de mil grãos
MSPA1	Massa seca da parte aérea pós beneficiamento das sementes
MSPA2	Massa seca da parte aérea pré-semeadura da soja
MSR1	Massa seca da raiz pós beneficiamento das sementes
MSR2	Massa seca da raiz pré-semeadura da soja
MST1	Massa seca total pós beneficiamento das sementes;
MST2	Massa seca total pré-semeadura da soja
NGL	Número de grãos por legume
NGP	Número de grãos por planta
NLP	Número de legumes por planta
PROD	Produtividade
RAS	Regras de Análises de Sementes
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
L	Litro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
m ²	Metro quadrado
N	Nitrogênio
P	Fósforo
°	Graus
'	Minutos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Qualidade de sementes	14
3.2	Deterioração de sementes	16
3.3	Ambientes de produção de sementes de soja.....	18
3.4	Memória transgeracional em sementes	19
3.5	Componentes de rendimento da cultura da soja.....	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Localização e caracterização da área experimental.....	24
4.2	Obtenção do material vegetal.....	24
4.3	Condução do experimento no laboratório	26
4.3.1	Comprimento de plântulas.....	26
4.3.2	Massa seca do comprimento de plântulas	27
4.3.3	Índice de velocidade de emergência (IVE)	27
4.4	Condução do experimento a campo.....	28
4.4.1	Componentes de rendimento	29
4.4.2	Produtividade	29
4.4.3	Massa de mil grãos (MMG)	29
4.5	Delineamento experimental	29
5	RESULTADOS.....	31
6	DISCUSSÃO	38
7	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa de importância mundial, principalmente para o Brasil, que é o maior produtor do grão. Devido aos seus elevados teores de proteína e de óleo, a soja ganhou importância em todos os continentes, sendo cultivada em latitudes que vão de 34°41' Sul a 02°53' Norte (ZANON et al., 2018).

Segundo o atual levantamento da safra brasileira de grãos (CONAB, 2023), o Brasil é o maior produtor mundial de soja, com uma produção de 125.549,8 milhões de toneladas com uma área plantada de 41.492,0 milhões de hectares na safra 2021/2022, já na safra 2022/2023 temos uma projeção de uma área plantada de 43.459,9 milhões de hectares e com uma produção de 152.712,8, acréscimo de 21,6% em relação à safra 2021/2022, e produtividade média de 3.514 kg ha⁻¹.

Os principais estados produtores são, Mato Grosso, com uma área plantada de 11.808,3 milhões de hectares, e produção de 42.533,5 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná, com área de 5.742,5 milhões de hectares e produção de 20.845,3 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2023).

A grande procura mundial pela soja proporcionou à rápida expansão dessa oleaginosa no Brasil, ocupando áreas de outras culturas e, principalmente, conquistando novas fronteiras agrícolas (REZENDE; ARRUDA CARVALHO, 2007). E todas essas áreas cultivadas necessitam de sementes de qualidade para garantir ao produtor uma boa produção da sua lavoura.

A maior parte do sucesso da sojicultura no Brasil se deve, basicamente, a dois fatores: as condições favoráveis para seu cultivo, e aos investimentos em ciência e tecnologia. Os investimentos na pesquisa permitiram também a expansão das áreas de cultivo, além do desenvolvimento de maquinários agrícolas, fertilizantes e agroquímicos de alta tecnologia (CONTESSA, 2020).

Diante disso, as sementes ganham destaque, já que são a matéria prima para se obter uma lavoura de alto potencial produtivo, desde as fases iniciais de estabelecimento da lavoura até a colheita (BOTELHO, 2012; FERREIRA et al., 2015).

Investir na produção e comercialização de sementes de alta qualidade é garantir uma sojicultura nacional mais rentável e sustentável sendo que a qualidade de sementes pode ser definida como a soma dos atributos fisiológicos, físicos

genéticos, e sanitários, que afetam a aptidão das sementes de desempenhar funções vitais, sendo relacionados à germinação e vigor (POPINIGIS, 1985; GOGGI et al., 2008).

Sementes com bons atributos de qualidades genética, física, fisiológica e sanitária garantem um elevado desempenho agrônômico, e são a base do sucesso para uma lavoura tecnicamente bem instalada (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018).

A semente de soja de alta qualidade deve ter altas taxas de vigor, germinação e sanidade, além de ter garantias de purezas física e varietal (genética) e não conter sementes de plantas daninhas. Esses fatores respondem pelo desempenho da semente no campo, culminando com o estabelecimento da população de plantas requerida pela cultivar, aspecto fundamental, que contribui para que sejam alcançados altos níveis de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004).

Analisando todos os aspectos que estão envolvidos na qualidade da semente e seus efeitos na implantação e produtividade da cultura da soja, nota-se que é imprescindível utilizar semente de alta qualidade e de origem conhecida.

Dentre os fatores que podem afetar a qualidade das sementes estão as condições dos campos de sementes em que foram originadas. Inclusive, efeitos transgeracionais do estresse hídrico em soja foi relatado (WIJEWARDANA et al., 2019). No entanto, não há disponível na literatura estudos que avaliaram o efeito da fertilidade do solo no ambiente materno na qualidade da semente e produtividade de grãos na geração subsequente.

Nesse contexto, o presente trabalho buscará responder a seguinte pergunta: Como o vigor da semente e a fertilidade do solo nos campos de produção de sementes afetam a qualidade fisiológica da semente gerada e a produtividade de grãos na próxima geração?

A hipótese é que a exposição a diferentes níveis de fertilidade das plantas de soja genitoras torna as plantas descendentes mais resistentes à eventos adversos, devido a memória transgeracional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar o efeito do vigor de sementes de soja e fertilidade do ambiente de produção na qualidade das sementes geradas e no desempenho da lavoura de grãos subsequente.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar os efeitos da fertilidade do solo no campo de produção de sementes de soja nos parâmetros de qualidade de sementes e componentes de rendimento na geração subsequente.

- Avaliar a influência do vigor das sementes de soja nos parâmetros de qualidade de sementes e componentes de rendimento na lavoura de grãos subsequente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Qualidade de sementes

O uso de sementes de soja de alta qualidade é de suma importância para o sucesso do cultivo; sendo que, produzir sementes de soja com elevados padrões é um grande desafio ao setor produtivo, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Para que esse objetivo seja alcançado, é imprescindível que se invista em tecnologias específicas para a produção de sementes e num bom sistema de controle de qualidade (FRANÇA-NETO, 2016).

Para ser considerada semente é preciso que ela apresente alguns atributos de alta qualidade, no quesito genética, físico, fisiológico e sanitário. Quando se trata de produção de sementes, uma série de cuidados devem ser tomados durante e após a colheita, para garantir a presença desses atributos na semente propriamente dita (SANTOS, 2020).

O atributo genético está relacionado à pureza varietal, não podendo conter misturas de outras cultivares. O atributo físico representa o lote de sementes livre de materiais inertes, impurezas e dano mecânico, uma vez que esses danos podem comprometer a qualidade da semente. O atributo sanitário corresponde a sanidade das sementes devendo ser livre de patógenos, doenças e fungos além de não conter sementes de plantas daninhas e outras sementes (LORENSET, 2014).

O atributo fisiológico avalia características decisivas ao lote de sementes quanto à sua qualidade, como a germinação e o vigor. Esse atributo está diretamente ligado com o potencial desempenho das plantas a campo, pois culmina com o estabelecimento da lavoura e potencial armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Com a utilização de sementes de alto desempenho é possível manter o potencial produtivo em situações de estresse, como por exemplo, a deficiência hídrica, já que o sistema radicular dessas plantas é mais profundo podendo supri-las com água e nutrientes, assegurando, assim, maior produtividade (FRANÇA-NETO et al., 2016).

A profundidade excessiva de semeadura, compactação superficial ou assoreamento da linha de semeadura, em consequência da ocorrência de fortes chuvas depois da semeadura, semeadura em condições de solo com baixas temperaturas, comuns no Sul do país e, ataque de fungos de solo à semente

também podem afetar o desempenho das plantas. Portanto, sementes com elevado vigor apresentam vantagens nessas condições comparado às sementes de vigor médio ou baixo. Resumindo, é possível dizer que o uso de sementes vigorosas garante o estabelecimento de uma população adequada de plantas, mesmo sob condições estressantes (FRANÇA-NETO et al., 2016).

A qualidade das sementes interfere de forma direta no desenvolvimento da lavoura, gerando plantas com elevado vigor, uniformidade na população, ausência de transmissão de doenças via semente e maior competitividade (SILVA; LAZARINI; DE SÁ, 2010); fatores esses que podem influenciar diretamente o rendimento de grãos (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005; SCHEEREN et al., 2010).

Sementes de baixa qualidade demonstram sintomas típicos de envelhecimento, tais como baixa viabilidade, redução da germinação e taxa de emergência, baixa tolerância às condições sub-ótimas e reduzida taxa de crescimento de plântulas (HAMAWAKI et al., 2002).

As sementes de soja são extremamente sensíveis aos fatores ambientais. A região de cultivo pode determinar a qualidade fisiológica da semente a ser produzida, na medida em que proporciona melhores ou piores condições de umidade e temperatura durante a maturação das plantas (COSTA et al., 2003; 2005). Além disso, essas variações ambientais proporcionam interações diferenciadas entre cultivares e ambientes de cultivo (LIMA et al., 2008; MARQUES et al., 2011; MEOTTI et al., 2012).

Vasconcelos et al. (2009), avaliando a qualidade de sementes de soja em diferentes locais de Minas Gerais, encontraram grande influência do ambiente na qualidade fisiológica das sementes.

Vários fatores podem influenciar a qualidade da semente de soja desde a semeadura até o beneficiamento e armazenamento. Portanto, além da escolha de cultivares que apresentem características de alto potencial fisiológico e produtividade (FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2004), práticas de manejo adequadas contribuem significativamente para a produção de sementes de alta qualidade durante a produção e armazenamento (KAMESWARA RAO; DULLOO; ENGELS, 2017).

O potencial fisiológico das sementes é influenciado pela germinação e vigor, os quais controlam a capacidade das sementes de expressar suas funções vitais sob condições ambientais favoráveis e desfavoráveis (MARCOS FILHO, 2015). Há

fatores ligados a estresses bióticos e/ou abióticos (temperatura, disponibilidade de água, características do solo, práticas de manejo) que afetam diretamente a qualidade fisiológica dos lotes de sementes de soja (TEIXEIRA et al., 2020). Além disso, o vigor também é afetado por fatores biológicos e genéticos, e depende da quantidade de reserva transferida da planta mãe para a semente (ARORA et al., 2018).

O máximo potencial fisiológico da semente é alcançado na maturidade fisiológica; após esse estágio tornam-se suscetíveis à deterioração. Existem vários testes amplamente utilizados para avaliar o potencial fisiológico de lotes sementes de soja, como: (i) envelhecimento acelerado, (ii) tetrazólio, (iii) germinação, (iv) condutividade elétrica, (v) testes que avaliam o crescimento de plântulas, dentre outros (MARCOS FILHO, 2015).

O objetivo principal desses testes é classificar os lotes de sementes de acordo com o nível de vigor, a fim de identificar lotes com padrões mínimos exigidos para comercialização e descartar os que não se enquadram nas exigências (MARCOS FILHO, 2015).

O teste de envelhecimento acelerado fornece informações sobre o potencial de armazenamento e emergência de mudas no campo. Para isso as sementes são expostas a temperaturas relativamente altas (40 a 45°C, geralmente 41°C) e umidade (em torno de 100 % Umidade Relativa - UR), os fatores ambientais que mais afetam a intensidade e a velocidade da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015; RODRIGUES et al., 2022). As sementes que manter sua viabilidade sob essas condições, são consideradas sementes de alto vigor (MATERA et al., 2019).

3.2 Deterioração de sementes

O ponto de maturidade fisiológica é considerado como o ponto de máxima qualidade das sementes e, após este, inicia-se os processos de deterioração das sementes em ritmo progressivo, de origem bioquímica, fisiológica e física (FILHO, 2015).

A deterioração de sementes é um processo natural e irreversível, independente das condições ambientais, no entanto, é possível retardar sua

velocidade controlando as condições do ambiente durante o processo de armazenamento (BAUDET; VILLELA, 2019).

Temperatura e umidade relativa, e o teor de umidade das sementes, são fatores ambientais que afetam diretamente a velocidade da deterioração das mesmas, podendo aumentar a ocorrência de processos bioquímicos degenerativos (AZADI; YOUNESI, 2013; GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2010).

A composição química de sementes é também controlada de forma genética, no entanto, fatores bióticos e abióticos podem afetar seus teores, como os de óleo e proteínas, e assim contribuir para a deterioração das sementes (BELLALOUI et al., 2015; MORENO et al., 2019).

Para Delouche et al. (2002), um dos danos que causam a redução da qualidade fisiológica das sementes está ligado ao processo de deterioração, o qual pode ser visto como um complexo de mudanças que acontecem com o passar do tempo, ocasionando prejuízos aos sistemas e funções vitais, resultando na diminuição no grau de capacidade e desempenho da semente.

Após o ponto de máxima, é iniciado o processo de deterioração das sementes e continua até ela perder sua capacidade de germinar. O tempo de duração do processo de deterioração é determinada principalmente pela interação entre herança genética, a porcentagem de umidade das sementes e a temperatura de armazenamento (LIMBERGER, 2016).

Dentre os processos que levam à deterioração das sementes, estão a perda da capacidade de proteção das sementes contra espécies reativas de oxigênio (ROS), danos à membrana plasmática, consumo de reservas e danos ao material genético (EBONE; CAVERZAN; CHAVARRIA, 2019).

A temperatura é o outro fator ambiental que afeta a deterioração. Baixas temperaturas (< 20 °C) durante o armazenamento ou transporte são consideradas adequadas para manter a viabilidade e o vigor das sementes (HARTMANN-FILHO et al., 2016).

A deterioração ocorre em três fases. A Fase I é o estágio inicial após a colheita, período em que a deterioração é praticamente estável (MARCOS FILHO, 2015). Esse estágio está associado à redução da capacidade protetora contra danos oxidativos (MURTHY; SUN, 2000), que não impactam significativamente a viabilidade das sementes.

Na fase II, começa a deterioração. Nesse estágio, devido à redução da capacidade de proteção contra as ROS, ocorre a peroxidação lipídica, com danos às membranas e produção de malondialdeído (MDA) (KIBINZA et al., 2006). As ROS e o MDA desencadeiam danos severos ao material genético (EBONE; CAVERZAN; CHAVARRIA, 2019).

Na fase III, a curva de redução da viabilidade torna-se mais pronunciada. Nesta fase, o rompimento das membranas mitocondriais aumenta a respiração devido à menor produção de energia, pois há uma redução na eficiência do transporte de elétrons (XIN et al., 2014). Com o aumento da respiração, aumenta-se a produção de ROS, levando a um ciclo auto catalítico com peroxidação lipídica, e há aumento de danos ao material genético, o que acaba inibindo completamente a germinação (EBONE; CAVERZAN; CHAVARRIA, 2019).

3.3 Ambientes de produção de sementes de soja

As constantes mudanças climáticas que vêm acontecendo nas últimas décadas são responsáveis por algumas condições prejudiciais no cultivo da soja, resultando em diversas dificuldades no manejo. Uma consequência que se destaca é a disponibilidade inadequada de alguns nutrientes essenciais, excesso de sais nas lavouras, déficit hídrico, temperaturas inapropriadas, compactação do solo (SEDIYAMA, 2015), sendo estes considerados estresses abióticos.

A agricultura não passa de uma indústria a céu aberto, sujeita às condições climáticas adversas durante a condução das lavouras. No Brasil, mais de 40,8 milhões de hectares são cultivados com soja, espécie que responde muito aos fatores ambientais (ZORATO, 2022).

Diante disso, os campos de produção de sementes estão sujeitos a uma série de fatores que podem influenciar a qualidade final do lote de sementes produzidas, sendo a fertilidade do solo, de suma importância. Segundo Guerra et al. (2006), a adubação fosfatada trás efeitos positivos no que diz respeito a qualidade fisiológica das sementes.

Nas lavouras do Brasil, país tropical, um fator importante para se reduzir os riscos durante o desenvolvimento das plantas a campo é a capacidade que o genótipo tem de se adaptar às condições adversas do solo, absorvendo e utilizando eficientemente os nutrientes disponíveis no local, como o potássio, fósforo,

nitrogênio, dentre outros. Dito isso, a eficiência é definida como a capacidade que o genótipo tem de adquirir o nutriente para incorporá-lo e utilizá-lo na produção de grãos (BLAIR, 1993).

Embora exista uma estreita relação entre a quantidade de nutrientes empregues à planta-mãe e sua decorrente determinação na semente, essa mesma tendência não é, muitas vezes, constatada em relação à qualidade das sementes pelos testes rotineiros de avaliação (PESKE, 2012).

Salum et al. (2008) observou que o aumento da proporção de P no solo não favorece a qualidade fisiológica das sementes, mas pode mudar o teor do nutriente em sementes de *Phaseolus vulgaris*.

A adequação da fertilidade do solo, pela correção da acidez e pelo fornecimento de níveis adequados de macro e micronutrientes é também essencial para a produção de sementes de soja de qualidade (FRANÇA-NETO, 2016).

Em relação aos macronutrientes, o nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Calcula-se que para produzir 1 tonelada de grãos são necessários 80 kg de N. Basicamente, existem duas fontes de N bem conhecidas, disponíveis para a cultura da soja, que são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

O potássio é outro macronutriente de suma importância para a produção de sementes de alta qualidade. Calcula-se que para produzir 1 tonelada de grãos são necessários 40 kg de K_2O . Sendo importante tomar cuidado para manter a disponibilidade em bons níveis, já que a sua deficiência poderá resultar na produção de sementes com menores níveis de germinação e vigor além de facilitar a infecção por patógenos transmitidos por sementes, como por exemplo a *Phomopsis* spp. (FRANÇA-NETO, 2016).

3.4 Memória transgeracional em sementes

As plantas são submetidas a vários efeitos ambientais, potencialmente prejudiciais, em condições de campo, sendo forçadas a responder a esses efeitos (SCHWACHTJE et al., 2019). Para isso, elas têm diferentes respostas plásticas inseridas em seus genomas (SULTAN, 2000). A expressão plasticidade fenotípica se refere à capacidade que o organismo tem de modificar suas características físicas ou comportamentais para se adaptar ou compensar as mudanças ambientais. Essas

respostas são induzidas concomitantemente com o estresse e funcionam como mecanismos de defesa, tolerância ou reparo (SCHUMAN; BALDWIN, 2015). Além disso, condições físicas e químicas, como temperatura e nutrientes do solo, influenciam o metabolismo, embora em menor grau do que os estresses. Os nutrientes do solo influenciam a fisiologia, de acordo com sua disponibilidade (SCHWACHTJE et al., 2019).

Cada vez mais tem sido reconhecida a capacidade das plantas de se prepararem para melhorar as respostas a um estresse subsequente, no qual uma primeira experiência de estresse pode prepará-la para uma resposta melhorada ao estresse no futuro (HILKER; SCHMÜLLING, 2019). A memória é a capacidade de armazenar informações de respostas fisiológicas a estímulos iniciais e recuperar essas informações ao encontrar uma situação estressante posterior; mas não, necessariamente, melhorando o desempenho da planta. Então, a memória requer armazenamento de informações, que nas plantas é realizada sem qualquer tipo de sistema nervoso (GALVIZ; RIBEIRO; SOUZA, 2020).

Estudos sugerem que o armazenamento de informações sobre um evento de estresse passado beneficia as plantas, preparando-as para o mesmo estresse ou a um estresse semelhante, no futuro. Esse fenômeno é chamado de *priming* (MAUCHMANI et al., 2017). Os mecanismos de *priming* são descritos em diferentes níveis: no nível epigenético (por exemplo, por modificação de DNA e histonas) e no nível de transcrição ou proteína (por exemplo, alterações persistentes na abundância de transcritos, incluindo fatores de transcrição e proteínas ou modulação de atividades enzimáticas) (SCHWACHTJE et al., 2019).

Portanto, dependendo da natureza e intensidade dessas mudanças ambientais, as plantas geralmente respondem por meio de ajustes fisiológicos em todos os níveis organizacionais (da célula à planta inteira), para apoiar a sua sobrevivência (WOJTYLA et al., 2020; AULER et al., 2021).

Além disso, estresses que ocorrem durante a fase de crescimento e desenvolvimento da planta podem influenciar a produção e acúmulo de metabólitos secundários nas sementes, como um mecanismo de defesa. Esses metabólitos podem ter respostas na tolerância contra estresses abióticos na geração subsequente, em resposta à memória do estresse anterior (TABASSUM et al., 2017).

Os principais mecanismos que podem alterar o crescimento de uma progênie, em resposta a estresses ocorridos à planta-mãe, são mudanças epigenéticas no nível do DNA associadas à metilação da citosina e alteração na concentração e quantidade de nutrientes minerais armazenados nas sementes (NOSALEWICZ et al., 2016). Ou seja, as plantas adquirem tolerância a estresses abióticos por meio de alterações na expressão gênica e na biossíntese de proteínas do estresse, enzimas antioxidantes mais elevadas, açúcares solúveis e níveis de prolina (YAMADA et al., 2007). No entanto, esses mecanismos podem afetar a morfologia e o crescimento da próxima geração (VERHOEVEN; VAN GURP, 2012; NADEEM et al., 2013).

Em arroz (*Oryza sativa*) foi verificada memória transgeracional induzida pela seca, com mudanças nos padrões de metilação do DNA (WANG et al., 2011) por meio da supressão ou ativação da transcrição gênica (HENDERSON; JACOBSEN, 2007).

No estudo realizado por Wijewardana et al. (2019), em que se analisou os efeitos do estresse hídrico em plantas-mães de soja transmitidos para a geração F1, verificou-se forte influência do ambiente materno sobre o tempo de germinação e viabilidade, em que sementes oriundas de plantas-mães bem irrigadas germinaram com mais sucesso e rapidez do que as sementes formadas em ambientes de estresse hídrico.

É relatado na literatura o mecanismo de memória transgeracional que ocorre durante o processo de formação das sementes, onde as condições ambientais, sobretudo para a planta mãe, influenciam os recursos que são armazenados nas sementes, sendo um mecanismo importante para garantir a adaptação da próxima geração de plantas às condições ambientais em que serão submetidas (HERMAN; SULTAN, 2011).

As perturbações ambientais podem ocorrer repetidamente e, nesse sentido, é vantajoso para as plantas serem capazes de “lembrar” de eventos passados e usar esse conhecimento para se adaptar a novos desafios, sendo essa habilidade, denominada memória ambiental, crucial para a sobrevivência das plantas em ambientes imprevisíveis e mutáveis (KINOSHITA; SEKI, 2014).

A partir do exposto, verifica-se que o ambiente materno tem impacto significativo no desempenho da progênie. A indução de estresse as plantas e a memória de transgeracional têm sido intensamente debatidas devido ao seu grande

potencial de utilização em programas de melhoramento genético, para melhorar a estabilidade dos fenótipos desejados (VRIET; HENNIG; LALOI, 2015; BILICHAK; KOVALCHUK, 2016).

3.5 Componentes de rendimento da cultura da soja

O rendimento de soja é definido como a matéria seca da semente ou grão colhido por unidade de área (VOGEL et al., 2021). A produtividade de sementes de soja está relacionada ao número de vagens com sementes produzidas, que está relacionada com o número de flores produzidas pela planta e à proporção de flores que se desenvolvem em vagens (WIJEWARDANA, et al., 2018).

O número de vagens está relacionado a produção de flores por planta e proporção dessas flores que se desenvolvem em vagens. Outro componente produtivo importante é massa de grãos, a qual é determinada geneticamente (KAPPES et al., 2008), embora sofra influência do ambiente (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2002).

Algumas características morfofisiológicas, como número de ramos por planta e comprimento de ramos, também têm relação com o potencial produtivo da cultura, pois influenciam na superfície fotossintetizante. Em contrapartida podem demandar a transferência de fotoassimilados, que poderiam ser utilizados para fixação e produção de estruturas reprodutivas (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2002).

É importante enfatizar que o rendimento está relacionado à fase de crescimento e desenvolvimento da planta. O desenvolvimento da soja é definido por duas fases sobrepostas, uma fase de crescimento vegetativo e uma fase reprodutiva. A fase de crescimento vegetativo começa com a emergência até o início da floração (EGLI, 2010). Nesta fase, são formados os órgãos que fornecem o maquinário necessário para a produção de biomassa por meio da fotossíntese e absorção e assimilação de nutrientes. O número de sementes, o componente mais importante do rendimento da soja, é determinado durante o próximo período, que abrange desde o início da floração até o início do enchimento das sementes (BOARD; TAN, 1995).

O período de enchimento da semente é onde peso desta é determinado. Essas fases sobrepostas conferem à soja grande plasticidade fenotípica em relação ao rendimento final (VOGEL et al., 2021).

O rendimento é uma característica poligênica, impactada pela contribuição de muitos *loci* em todo o genoma, e por vários fatores fisiológicos, abióticos e bióticos de tolerância ao estresse que interagem ao longo da fase de crescimento da planta para determinar o rendimento final. Essa complexidade genética é ainda aumentada por meio das interações do genótipo com o ambiente e as práticas de manejo agrônomo (VOGEL et al., 2021).

O estresse pode afetar negativamente o crescimento e o desenvolvimento em todos os estádios de crescimento, mas o estresse durante a fase reprodutiva, geralmente, é mais prejudicial ao rendimento e, muitas vezes, leva a perda significativa de rendimento (MONZON et al., 2021).

A soja é altamente sensível ao déficit hídrico durante a fase reprodutiva, sendo que se o estresse hídrico ocorrer nessa fase afeta o desenvolvimento do grão, o número de grãos, o peso do grão e muitos outros componentes de rendimento, o que acaba causando uma redução substancial no rendimento e na qualidade do produto final (KUWAYAMA et al., 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento a campo foi conduzido na safra 2021/2022, junto à Estação Experimental da UTFPR, Campus Dois Vizinhos, na Unidade de Ensino e Pesquisa de Culturas Anuais. O local possui altitude média de 509 metros, Latitude 25°44'03" e 25°46'05" Sul e Longitude entre 53°03'01" e 53°03'10" W. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (OLIVEIRA; SARTOR, 2012).

O clima é classificado como CFA – Clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida. A temperatura média anual fica em torno de 20 a 22°C. O verão é quente e as geadas são pouco frequentes no inverno (IAPAR, 2009).

4.2 Obtenção do material vegetal

Na safra 2020/2021, sementes comerciais de soja da cultivar M5917IPRO® foram obtidas junto à uma empresa de sementes e passaram por um processo de envelhecimento acelerado por diferentes períodos (0, 24 e 72 horas, a 41°C), visando obter diferentes níveis de vigor, sendo classificadas em três níveis: maior, médio e baixo vigor. Esses correspondem aos vigores de 76%, 69% e 39%, respectivamente.

Estas sementes foram semeadas em duas áreas contrastantes para a fertilidade do solo, sendo os resultados da análise de solo da camada de 0 a 10cm apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química da fertilidade do solo na área do experimento, na camada 0-10 cm

Local	K (cmolcdm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	M.O. (g dm ⁻³)	pH	Saturação de Al	Saturação de bases
Menor fertilidade	0,5	1,64	36,19	4,5	4,69%	48,5%
Maior fertilidade	4,3	21,0	26,0	5,3	0%	59,0%

Fonte: Autoria própria (2023)

Após a colheita das sementes, estas foram padronizadas para o tamanho 6,0 mm, usando-se peneiras portáteis para classificação, sendo selecionadas as sementes que ficaram retidas na peneira 6,0 mm e que passaram pela peneira 7 mm (Quadro 1). Realizou-se, na sequência, uma bateria de testes, para cada lote, com o objetivo de determinar a germinação e o vigor das sementes.

As demais sementes foram armazenadas em condição ambiente, de laboratório, no município de Dois Vizinhos/PR. para a repetição dos mesmos testes, na pré-semeadura.

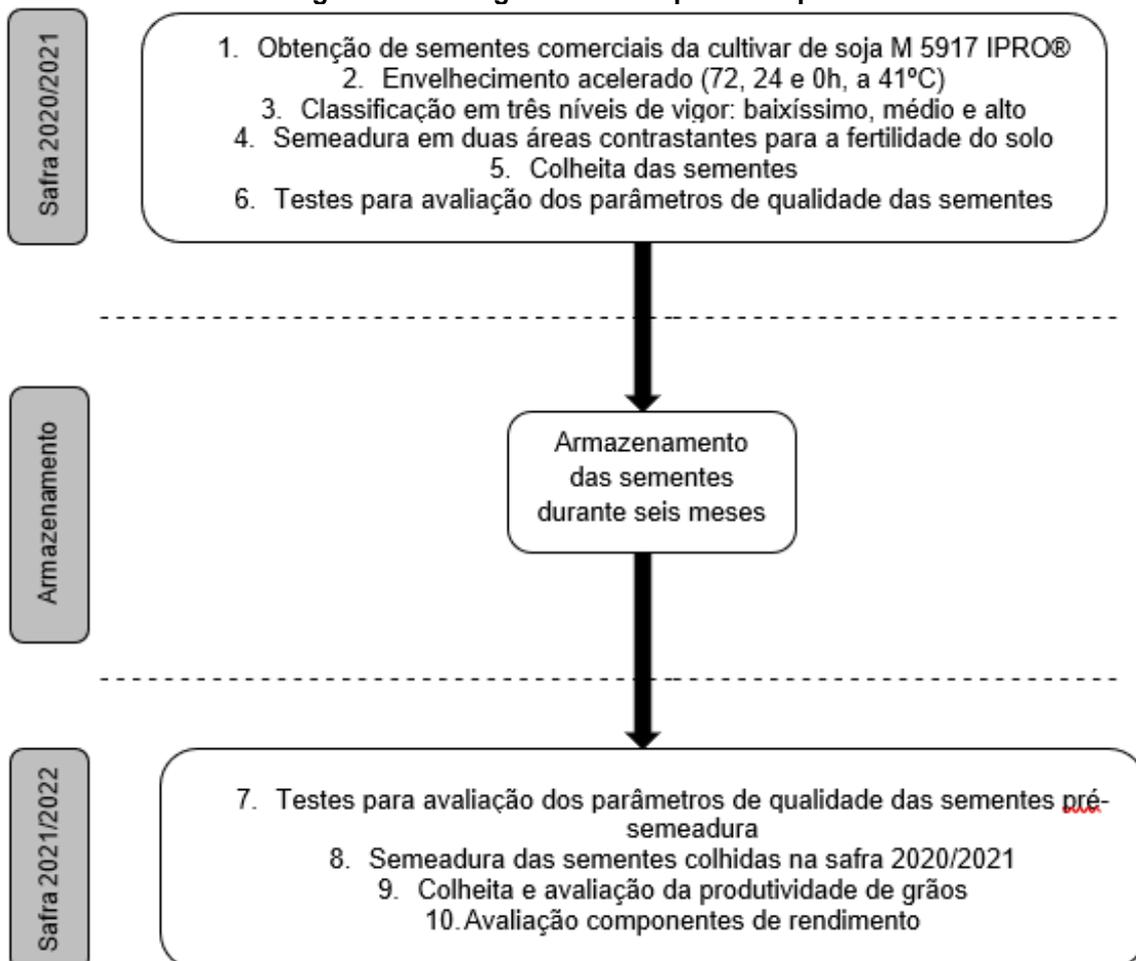
Quadro 1 - Discriminação dos lotes de sementes gerados após a colheita

Lote	Nível de vigor	Fertilidade da área
1	Maior	Alta
2	Intermediário	Alta
3	Baixo	Alta
4	Maior	Baixa
5	Intermediário	Baixa
6	Baixo	Baixa

Fonte: Autoria própria (2023)

Na safra 2021/2022 esses seis lotes foram semeados, considerando-se como uma lavoura de grãos, na área caracterizada como de maior fertilidade, por ser a que representa o perfil das áreas de lavoura do sudoeste do Paraná. A Figura 1 mostra as etapas para realização do experimento.

Figura 1 – Fluxograma das etapas do experimento



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Condução do experimento no laboratório

As análises foram feitas no Laboratório de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sendo realizados os testes de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântula, massa seca de plântula e índice de velocidade de emergência em areia. Estas análises foram realizadas imediatamente após a colheita na composição dos lotes descritos no Quadro 1 e, também, seis meses após, em pré-semeadura da safra seguinte.

As análises laboratoriais de germinação e envelhecimento acelerado foram realizadas conforme as Regras de Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

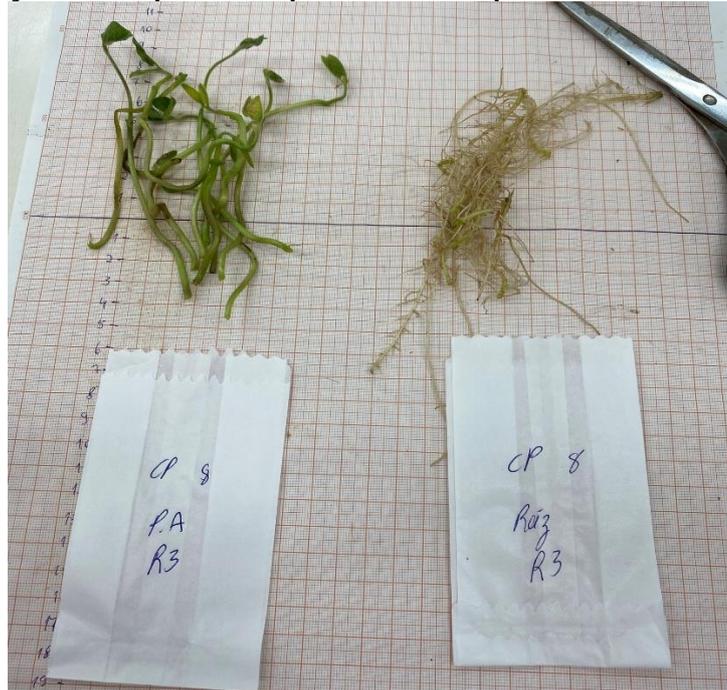
O comprimento de plântula e o índice de velocidade de emergência foram adaptados de Nakagawa (1999).

4.3.1 Comprimento de plântulas

Utilizou-se quatro repetições de 10 sementes de soja colocando-as em uma linha imaginária no terço superior do papel germitest no sentido longitudinal. Os papéis foram umedecidos previamente cerca de 2,5 vezes o seu peso em água destilada. As sementes de soja foram alocadas de forma que a micrópila ficasse voltada para a parte inferior do papel.

Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador, por cinco dias, a 25 °C. Ao final deste período, foi realizada a medida das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e parte aérea) utilizando uma régua. Sendo os resultados médios por plântulas expressos em centímetros (Fotografia 1).

Fotografia 1 – Medição da raiz primária e parte aérea das plântulas normais emergidas



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3.2 Massa seca do comprimento de plântulas

Após a realização das medidas de parte aérea e raiz, retirou-se os cotilédones das plântulas, sendo realizada a separação da parte aérea das raízes, com auxílio de estilete. Logo após, o material vegetal foi levado para a estufa de secagem, regulada a 65°C e deixado por 72 horas. Na sequência foi pesado em balança analítica de precisão 0,0001g.

4.3.3 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Após a semeadura as contagens das plântulas foram realizadas diariamente por 14 dias, contabilizando aquelas que apresentavam os cotilédones totalmente emergidos (Fotografia 2). O índice de velocidade de emergência foi calculado com a seguinte fórmula:

$$\text{IVE} - \text{Índices de emergência} = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$$

Onde: G1 = Número de PN na primeira, segunda, ...n contagem.

N1= Número de dias da semeadura à primeira, segunda, ...n contagem.

Calculou-se o número de plântulas emergidas para cada repetição e faz-se a média. O resultado é um índice sem unidade (NAKAGAWA, 1999).

Fotografia 2 - contagem das plântulas que apresentaram cotilédones totalmente emergidos



Fonte: Autoria própria (2023)

4.4 Condução do experimento a campo

A semeadura dos seis lotes da cultivar M5917 IPRO® foi realizada no dia 13 de outubro de 2021, com uma taxa de semeadura de 13,5 sementes por metro linear.

Foi realizada a dessecação pré-plantio da área com pulverizador agrícola tratorizado, utilizando glifosato (3 L ha^{-1}), em torno de 15 dias antes da semeadura, tendo como cultura antecessora aveia branca. A adubação de base foi de 330 kg ha^{-1} do formulado 02-20-20.

No dia da semeadura foi realizado o tratamento das sementes com o produto comercial Standak Top®, a base de piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil, além da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, a fim de favorecer a fixação biológica de nitrogênio (FBN), ambos na dose de 2 mL Kg^{-1} de sementes.

Cerca de 20 dias após a semeadura foi feito o controle de plantas daninhas na área utilizando a capina manual. Para o controle de pragas na fase vegetativa, com base no monitoramento, foi utilizado inseticidas do grupo dos Piretróides, para o controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*). Na fase reprodutiva os inseticidas que foram utilizados foram a base de Piretróide + Neonicotinóide para o controle de percevejos. Juntamente com a aplicação dos inseticidas foi realizado o controle

preventivo de doenças usando produtos à base de Trifloxistrobina + Protioconazole e pirazol carboxamida + adjuvante.

As parcelas foram compostas por 30 metros lineares por 8 linhas espaçadas em 0,45 m, das quais as três linhas centrais foram colhidas, descartando as linhas laterais e as extremidades, para evitar a influência entre parcelas.

A colheita foi realizada da seguinte maneira:

- ✓ Coleta de 5 plantas aleatoriamente por parcela fora da área útil para análise de componentes de rendimento;
- ✓ Colheita da área útil da parcela (2,7 m²).

4.4.1 Componentes de rendimento

Avaliação dos componentes de rendimento: altura da planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens, número de grãos por planta, número de grãos por vagem.

4.1.2 Produtividade

Quando a cultivar atingiu a maturação de campo foi realizada a colheita da área útil, composta por uma área de 2 metros com 3 linhas, espaçadas por 0,45 m, totalizando uma área de 2,7 m². Na sequência limpeza do material para a remoção de impurezas, pesagem e determinação de umidade, com correção de umidade para 12%. Os valores obtidos com a pesagem foram extrapolados para kg ha⁻¹.

4.4.3 Massa de mil grãos (MMG)

A avaliação foi realizada a partir de uma amostra de cada material e suas respectivas repetições, contando-se oito repetições de 100 grãos. No mesmo momento determinou-se o grau de umidade das sementes e em seguida as repetições foram pesadas (BRASIL, 2009).

4.5 Delineamento experimental

As análises de laboratório seguiram o delineamento inteiramente casualizado e os dados de campo adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, em experimento fatorial 3x2, sendo o fator A níveis de vigor (baixíssimo, médio e alto) e

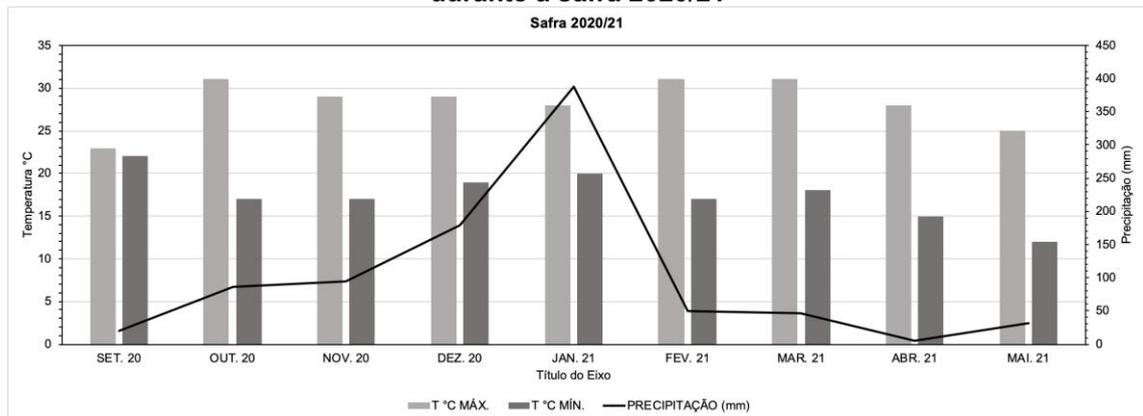
fator B fertilidade do local de produção de sementes (alta e baixa fertilidade). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguida de comparação de médias por Tukey a 5% de probabilidade. Também realizou a análise de Correlação de Pearson.

5 RESULTADOS

O resumo dos dados meteorológicos (temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação acumulada) durante a safra 2020/21, onde as sementes foram cultivadas em locais de produção com fertilidade contrastantes e, na safra 2021/2022, onde foram cultivadas as sementes oriundas na safra anterior, estão apresentados nos Gráficos 1 e 2.

Os dados mostram que, para a safra 2020/21 as condições ambientais foram adequadas para o cultivo da soja (Gráfico 1) até o mês de janeiro. A partir de então, ocorreu uma redução da precipitação e aumento da temperatura, momento em que a cultura de encontrava fase final de enchimento de grãos e início da maturação fisiológica dos grãos.

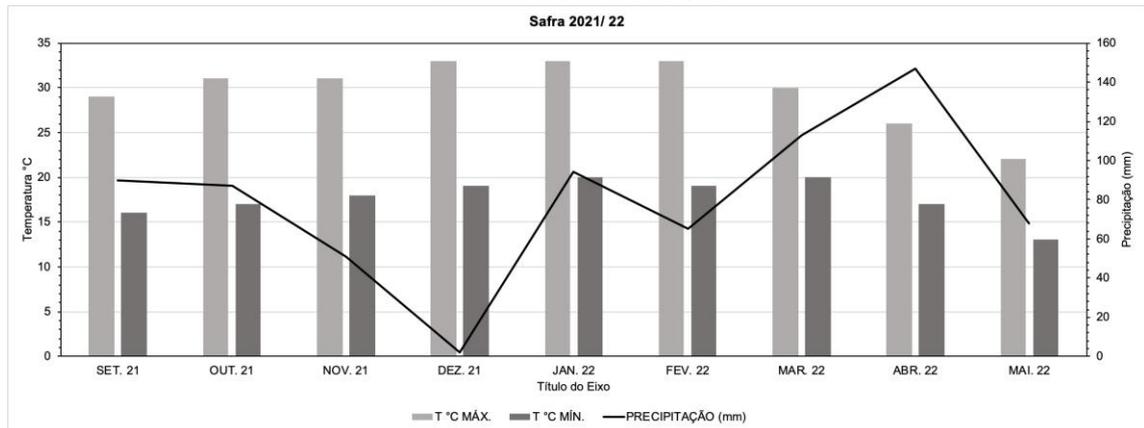
Gráfico 1 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2020/21



Fonte: Adaptado de GEBIOMET (2023)

Na safra 2021/22, as condições climáticas tiveram influência negativa na produtividade dos grãos, visto que ocorreu escassez hídrica severa a partir do mês de dezembro, associada às altas temperaturas, coincidindo com a fase de floração e início de frutificação da cultura; estádios fenológicos que exigem maior demanda hídrica (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2021/22



Fonte: Adaptado de GEBIOMET (2023)

De acordo com análise de variância houve interação entre os fatores lotes de sementes e área em que estas foram geradas, contrastantes para a fertilidade do solo; especialmente para as variáveis comprimento da parte aérea após o beneficiamento das sementes (CPA1), comprimento da raiz pós beneficiamento das sementes (CR1), Comprimento total pós beneficiamento das sementes (CT1), massa seca da raiz pós beneficiamento das sementes (MSR1), comprimento da raiz pré-semeadura da soja (CR2), comprimento total pré-semeadura da soja (CT2), massa seca da parte aérea pré-semeadura da soja (MSPA2), massa seca da raiz pré-semeadura da soja (MSR2), índice de velocidade de emergência pré-semeadura da soja (IVE2).

As variáveis envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes (EA1), envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja (EA2), massa seca da parte aérea pós beneficiamento das sementes (MSPA1), massa seca total pós beneficiamento das sementes (MST1), comprimento da parte aérea pré-semeadura da soja (CPA2) foram influenciadas pelo fator vigor (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da Análise de Variância dos parâmetros de qualidade de sementes de soja provenientes de diferentes locais de produção

FV	GL	Quadrado Médio			
		CPA1	CR1	CT1	MSPA1
Rep	3	0,84753	2,3555	4,96006	0,00938
Vigor	2	0,94962*	4,68578*	6,21183 ^{ns}	0,02977**
Local	1	0,27392 ^{ns}	31,20408**	37,32271**	0,00724 ^{ns}
V x L	2	2,367**	14,88901**	23,26966**	0,00513 ^{ns}
Resíduo	15	0,23317	0,99797	1,81298	0,00253
CV (%)		4,76	6,28	5,17	9,59
FV	GL	Quadrado Médio			
		MSR1	MST1	CPA2	CR2
Rep	3	0,00183	0,01923	0,75603	2,69994

Vigor	2	0,00222**	0,02726**	3,1029**	4,29424 ^{ns}
Local	1	0,00048 ^{ns}	0,00398 ^{ns}	1,82877*	8,54665*
V x L	2	0,00564**	0,00052 ^{ns}	0,74216 ^{ns}	35,48019**
Resíduo	15	0,00025	0,00401	0,39281	1,30417
CV (%)		7,53	8,65	6,29	8,83
FV	GL	Quadrado Médio			
		CT2	MSPA2	MSR2	MST2
Rep	3	6,20144	0,00042	0,00024	0,00129
Vigor	2	4,55743 ^{ns}	0,00199 ^{ns}	0,00005 ^{ns}	0,00263 ^{ns}
Local	1	2,46592 ^{ns}	0,00053 ^{ns}	0,00108*	0,00009 ^{ns}
V x L	2	46,39482**	0,00368*	0,00413**	0,00015 ^{ns}
Resíduo	15	2,80377	0,00081	0,00022	0,00165
CV (%)		7,31	5,42	7,06	5,54
FV	GL	Quadrado Médio			
		G1	EA1	G2	EA2
Rep	3	1,86178	14,97776	11,11111	21,85182
Vigor	2	2,72453 ^{ns}	77,88779**	1,16667 ^{ns}	136,24079**
Local	1	2,66867 ^{ns}	160,20284**	0,66667 ^{ns}	2480,687**
V x L	2	2,39053 ^{ns}	23,38336 ^{ns}	6,16667 ^{ns}	13,72303 ^{ns}
Resíduo	15	18,34987	11,87112	5,11111	14,16297
CV (%)		4,93	4,84	2,61	6,18
FV	GL	Quadrado Médio			
		IVE1		IVE2	
Rep	3	0,01552		0,08117	
Vigor	2	0,0276 ^{ns}		0,29378**	
Local	1	1,8128**		0,05811 ^{ns}	
V x L	2	0,06706 ^{ns}		0,19816**	
Resíduo	15	0,06706		0,02971	
CV (%)		9,80		5,56	

****Significativo a 1%, pelo Teste F; *Significativo a 5%, pelo Teste F; ^{ns}: não significativo. G1: germinação pós beneficiamento das sementes; EA1: envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes; G2: germinação pré-semeadura da soja; EA2: envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja; CPA1: Comprimento da parte aérea pós beneficiamento das sementes; CR1: comprimento da raiz pós beneficiamento das sementes; CT1: comprimento total pós beneficiamento das sementes; MSPA1: massa seca da parte aérea pós beneficiamento das sementes; MSR1: massa seca da raiz pós beneficiamento das sementes; MST1: massa seca total pós beneficiamento das sementes; CPA2: comprimento da parte aérea pré-semeadura da soja; CR2: Comprimento da raiz pré-semeadura da soja; CT2: comprimento total pré-semeadura da soja; MSPA2: massa seca da parte aérea pré-semeadura da soja; MSR2: Massa seca da raiz pré-semeadura da soja; MST2: massa seca total pré-semeadura da soja; IVE1 – índice de velocidade de emergência pós beneficiamento das sementes; IVE2 – índice de velocidade de emergência pré-semeadura da soja. Fonte: Autoria própria (2023)**

Houve significância entre os locais de produção das sementes analisadas para as variáveis EA1, EA2, CPA2 e índice de velocidade de emergência pós beneficiamento das sementes (IVE1), sugerindo que essas características apresentaram comportamento diferenciado em função do ambiente em que as sementes foram geradas. Não foi verificada significância para as variáveis respostas germinação pós beneficiamento das sementes (G1), germinação pré-semeadura da soja (G2) e massa seca total pré-semeadura da soja (MST2) (Tabela 2).

Lotes de sementes geradas a partir de sementes mais vigorosas, independentemente do local de produção, geraram, da mesma forma, plantas mais vigorosas, expressas pelos testes de EA1, EA2, MSPA1 e MST1 (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados médios de parâmetros da qualidade fisiológica de sementes a partir do vigor original das sementes que geraram o campo de produção

Vigor	EA1	EA2	MSPA1	MST1	CPA2
Baixo	68b*	57b	0,4945b	0,68875b	10,55738a
Intermediário	72ab	61ab	0,48375b	0,71063b	10,0165ab
Maior	74a	65a	0,59438a	0,799a	9,31525b

***Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. EA1: envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes; EA2:envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja; MSPA1: Massa seca da parte aérea pós beneficiamento das sementes; MST1:massa seca total pós beneficiamento das sementes; CPA2: Comprimento da Parte Aérea pré-semeadura da soja. Fonte: Autoria própria (2023)**

Quanto ao CPA2, este foi superior nos lotes de baixo vigor, não variando para os de vigor intermediário, que mantiveram semelhança aos de maior vigor, independentemente do local em que as sementes foram geradas (Tabela 3).

Os parâmetros da qualidade fisiológica de sementes foram afetados pela fertilidade do campo de produção de sementes. As sementes oriundas de campo de sementes com baixa fertilidade acarretaram maiores valores de vigor, pelo EA1 e EA2, bem como para IVE1 (Tabela 4).

Tabela 4 - Dados médios de parâmetros da qualidade fisiológica de sementes em função do seu local de produção

Local	EA1	EA2	CPA2	IVE1
Alta fertilidade	69b*	51b	10,239a	1,171b
Baixa fertilidade	74a	71a	9,687a	1,721a

***Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. EA1: envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes; EA2:envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja; CPA2: Comprimento da Parte Aérea pré-semeadura da soja; IVE1 – Índice de Velocidade de Emergência pós beneficiamento das sementes. Fonte: Autoria própria (2023)**

Também, destaca-se que, após seis meses de armazenamento (tempo entre realização do EA1 e EA2), o vigor das sementes geradas em solos de alta fertilidade apresentaram significativa redução de qualidade, enquanto, para as sementes produzidas em solos de baixa fertilidade, o vigor se manteve praticamente constante.

Não houve diferença entre os locais de produção das sementes para a variável CPA2 (Tabela 4).

Na interação entre os fatores, de uma forma geral, para as variáveis CPA1, CR1 e CT1, houve semelhança de resultados para lotes de sementes provenientes

de sementes de vigores intermediário e maior, comparadas individualmente para as áreas às quais foram instaladas. Nos lotes gerados a partir de sementes-mães de baixo vigor, predominou as que foram produzidas na área de menor fertilidade (Tabela 5).

Tabela 5 - Dados médios de parâmetros da qualidade fisiológica de sementes em função da interação entre local de produção e vigor das sementes que originaram os campos de produção

Vigor	CPA1		CR1		CT1	
	Alta Fert	Baixa Fert	Alta Fert	Baixa Fert	Alta Fert	Baixa Fert
Baixo	10,0 Ba*	11,0 Aa	13,7 Bb	19,1 Aa	23,7 Ba	30,1 Aa
Intermediário	9,8 Aa	10,5 Aa	14,9 Aab	15,2 Ab	24,6 Aa	25,7 Ab
Maior	10,3 Aa	9,3 Bb	15,8 Aa	16,9 Ab	26,1 Aa	26,2 Ab
Vigor	MSR1		CR2		CT2	
	Alta Fert	Baixa Fert	Alta Fert	Baixa Fert	Alta Fert	Baixa Fert
Baixo	0,183 Ab	0,206 Aa	13,933 Aa	12,271 Ab	24,933 Aa	22,385 Bb
Intermediário	0,262 Aa	0,192 Ba	9,118 Bb	15,149 Aa	19,059 Bb	25,241 Aa
Maior	0,195 Ab	0,215 Aa	13,964 Aa	13,176 Ab	23,740 Aa	22,03 Aab
Vigor	MSPA2		MSR2		IVE2	
	Alta Fert	Baixa Fert	Alta Fert	Baixa Fert	Alta Fert	Baixa Fert
Baixo	0,5130 Aa	0,4998 Aa	0,2040 Aab	0,2110 Ab	2,8803 Ab	2,9363 Ab
Intermediário	0,5550 Aa	0,5048 Bab	0,1800 Bb	0,2418 Aa	3,3880 Aa	3,195 Aab
Maior	0,5188 Aa	0,5540 Aa	0,2263 Aa	0,1978 Bb	2,8813 Bb	3,3135 Aa

***Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.**

CPA1: Comprimento da Parte Aérea pós beneficiamento das sementes; CR1: Comprimento da raiz pós beneficiamento das sementes; CT1: Comprimento total pós beneficiamento das sementes; MSR1: Massa seca da raiz pós beneficiamento das sementes; CR2: Comprimento da raiz pré-semeadura da soja; CT2: Comprimento total pré-semeadura da soja; MSPA2: Massa seca da parte aérea pré-semeadura da soja; MSR2: Massa seca da raiz pré-semeadura da soja; IVE2 – Índice de Velocidade de Emergência pré-semeadura da soja. Fonte: Autoria própria (2023)

Quando comparados os lotes, considerando-se as sementes mães que deram origem às sementes testadas, para cada local em que estas foram geradas, verifica-se que, para CPA1, CR1 e CT1, sementes de maior vigor submetidas à área de menor fertilidade apresentaram menor CT1, em virtude de seu prejuízo ao comprimento de raiz (CR1). Já os lotes provenientes da área de maior fertilidade, praticamente não diferiram entre si para essas mesmas variáveis (Tabela 5).

Vale destacar que a MSR1 não diferiu entre os lotes para a área de menor fertilidade. Ou seja, mesmo os lotes de menor vigor que deram origem às sementes testadas terem apresentado maior comprimento que os lotes de maior vigor, quando produzidos na área de menor fertilidade, estes não variaram para massa seca de raiz logo após a colheita.

À exceção do IVE2, para a área de menor fertilidade, em que as sementes produzidas a partir de plantas geradas de sementes mães de maior vigor conferiram maior IVE, nas demais constantes na Tabela 5 não foi possível estabelecer um padrão de resposta em função dos lotes.

Os parâmetros de qualidade fisiológica avaliados pós beneficiamento das sementes, apresentou tendência de que, as sementes de baixo vigor, cultivadas em locais de baixa fertilidade, e sementes de maior e vigor intermediário, cultivadas em locais de alta fertilidade, apresentaram melhores desempenhos.

Em contrapartida, para a maioria dos parâmetros avaliados na pré-semeadura de soja para grãos (após seis meses de armazenamento), sementes de baixo e maior vigores, cultivadas em locais com alta fertilidade e, sementes de vigores intermediário e maior, cultivadas em solo de baixa fertilidade, tiveram tendência de apresentar melhor desempenho nos parâmetros fisiológicos.

A análise da variância, para os componentes de rendimento e a produtividade de grãos, não indicou interação entre os fatores. Ocorreu significância para a produtividade dentro do fator local de produção das sementes utilizadas para implantação da lavoura de grãos subsequente (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da Análise de Variância dos componentes de rendimento da cultivar M 5917 IPRO em função da procedência de lotes de sementes

FV	GL	Quadrado Médio			
		AP	IPL	NLP	NGP
Blocos	3	183,54278	18,58659	18,57382	110,97215
Vigor	2	171,74403 ^{ns}	64,70554 ^{ns}	22,82383 ^{ns}	27,0832 ^{ns}
Local	1	49,88167 ^{ns}	29,34882 ^{ns}	47,12404 ^{ns}	335,47804 ^{ns}
V x L	2	45,68553 ^{ns}	10,1352 ^{ns}	63,51316 ^{ns}	207,55654 ^{ns}
Resíduo	15	185,26767	19,3329	20,75818	118,69935
CV (%)		22,97	21,21	20,59	22,42
FV	GL	Quadrado Médio			
		NGL	MMG	PROD	
Blocos	3	0,21278	1273,11279	81728,55718	
Vigor	2	0,16487 ^{ns}	936,46063 ^{ns}	13573,41135 ^{ns}	
Local	1	0,39758 ^{ns}	4309,89561 ^{ns}	852272,6637 ^{**}	
V x L	2	0,21532 ^{ns}	1338,723 ^{ns}	94090,1775 ^{ns}	
Resíduo	15	0,21982	1352,26213	88810,31076	
CV (%)		21,73	21,09	21,55	

****Significativo a 1%, pelo Teste F; ^{ns}: não significativo. AP: altura da planta; IPL: Inserção do primeiro legume; NLP - número de legumes por planta; NGP - número de grãos por planta; NGL - número de grãos por legume; MMG: massa de mil grãos; PROD: produtividade. Fonte: Autoria própria (2023)**

O rendimento de grãos foi relativamente baixo, devido às condições climáticas registradas no período de condução do experimento, principalmente devido ao déficit hídrico. Observa-se que no mês de dezembro não ocorreu precipitação (Gráfico 2),

momento em que a cultura se encontrava nos estádios fenológicos de floração e frutificação, os quais possuem maior demanda hídrica.

A produtividade foi influenciada pelo local de produção das sementes, sendo que área com baixa fertilidade gerou sementes que conferiram uma lavoura de grãos mais produtiva (Tabela 7). Esse resultado sugere que há efeitos transgeracionais nas sementes, sendo que aquelas originadas a partir de plantas cultivadas em locais de baixa fertilidade, possuem memória de estresse transgeracional para enfrentar condições adversas, no caso do experimento, os efeitos adversos da deficiência hídrica (Gráfico 2).

Tabela 7 - Dados médios de produtividade de grãos em função da procedência de lotes de sementes de soja

Procedência das sementes	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
Alta fertilidade	1309,7 b*
Baixa fertilidade	1571,3 a

***Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023)**

A análise de correlação linear de Pearson mostrou que ocorreram várias correlações positivas entre as variáveis respostas analisadas, em função da procedência dos lotes de sementes (Tabela 8).

O teste de correlação de Pearson apresentou significância positiva e significativa para os pares: 1) PROD x MMG ($r = 0,83^*$), 2) PROD x IVE1 ($r = 0,74^*$), 3) PROD x EA1 ($r = 0,60^*$) e 4) PROD x EA2 ($r = 0,85^*$). Para estes pares, as correlações indicam que, valores maiores de MMG, IVE1, EA1 e EA2 acarretou aumento da produtividade de grãos de soja.

Tabela 8 - Correlação de Pearson entre as variáveis respostas analisadas para a cultivar 5917, em função da procedência dos lotes de sementes

P ⁽¹⁾	PROD	MMG	IVE1	IVE2	EA1	EA2
PROD	1					
MMG	0,83*	1				
IVE1	0,75*	0,72*	1			
IVE2	0,24	0,30	0,26	1		
EA1	0,60*	0,72*	0,47*	0,20	1	
EA2	0,85*	0,87*	0,83*	0,32	0,61*	1

***A significância do coeficiente da Correlação de Pearson foi $p < 0,05$. Variáveis respostas: PROD – produtividade de grãos; MMG – massa de mil grãos; IVE1 – Índice de Velocidade de Emergência pós beneficiamento das sementes colhidas; IVE2 – Índice de Velocidade de Emergência pré-semeadura da soja; EA1 – envelhecimento pós beneficiamento das sementes; EA2 – envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja. Fonte: Autoria própria (2023)**

6 DISCUSSÃO

Testou-se a hipótese de que a exposição de plantas de soja genitoras, a diferentes níveis de fertilidade do solo, torna as plantas descendentes mais tolerantes a eventos adversos, devido à memória transgeracional transmitida por suas sementes.

Os resultados sugerem que a hipótese foi corroborada, uma vez que as sementes produzidas por plantas em situação de baixa fertilidade apresentaram melhores parâmetros de qualidade fisiológica da semente e maior produtividade de grãos na geração subsequente, no caso deste estudo específico, o qual foi acometido por uma condição desfavorável durante o ciclo: o déficit hídrico.

Sementes com maiores níveis de vigor produziram plantas com maiores valores de vigor no teste de envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes (EA1) e pré-semeadura da soja (EA2), massa seca da parte aérea pós beneficiamento das sementes (MSPA1) e massa seca total pós beneficiamento das sementes (MST1) (Tabela 3). Uma hipótese para explicar esses dados é que as sementes de alto vigor apresentam capacidade para gerar plântulas e plantas de alto desempenho, com melhores estruturas de produção e tendem a ter taxas de crescimento mais significativas, formando maior área foliar (BAGATELI et al., 2019).

Esses resultados evidenciam a importância da utilização de sementes de alto vigor para cultivos de soja, uma vez que essas sementes tendem a emergir de forma mais rápida, gerar plantas mais uniformes, aumento nos componentes do rendimento, e conseqüentemente, maior produtividade (EBONE et al., 2020).

Dentre os parâmetros da qualidade fisiológica afetados pela fertilidade do campo de produção das sementes estão o envelhecimento acelerado pós beneficiamento das sementes (EA1), envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja (EA2), e Índice de Velocidade de Emergência pós beneficiamento das sementes (IVE1) (Tabela 4).

O índice de velocidade de emergência foi maior em sementes oriundas da área de produção de sementes com menor fertilidade. A germinação mais rápida na geração de descendentes de plantas estressadas também foi observada para canola, em caso de deficiência hídrica (HATZIG et al., 2018). Pesquisas anteriores sugeriram que o impacto do estresse na geração materna, na germinação das

sementes, está frequentemente associado às reservas de armazenamento das sementes, como carboidratos e proteínas (YOBI et al., 2020).

O ambiente de cultivo da planta mãe, durante o desenvolvimento da semente, pode ter um impacto significativo na reserva de carboidratos, proteínas, minerais e na qualidade geral da semente, o que influencia na emergência e germinação (WIJEWARDANA et al., 2019).

Sementes oriundas de plantas-mães de soja bem irrigadas germinaram com mais sucesso e velocidade que sementes oriundas a partir de ambientes de estresse hídrico (WIJEWARDANA et al., 2019). Outros estudos com a cultura da soja que avaliaram a resposta de memória ao estresse hídrico, verificaram mudanças nas concentrações de açúcar e proteína solúveis (PHUNG; LEE; CHEONG, 2020) e expressões gênicas (KIM et al., 2020).

O vigor das sementes, indicado pelo envelhecimento acelerado, também foi influenciado pelos níveis de fertilidade dos locais de produção de sementes. Levando em consideração que o teste de envelhecimento acelerado, quando realizado no momento da sementeira, é um parâmetro adequado para prever a emergência de sementes de soja a campo (FRANÇA-NETO et al., 2002), os resultados sugerem que sementes produzidas em solos de baixa fertilidade tendem a apresentar maior emergência em condições de campo, visto que apresentaram maior vigor pelo teste de envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja.

Uma hipótese para explicar o maior vigor das sementes oriundas de solos de baixa fertilidade, no teste de envelhecimento acelerado, é que essas sementes já haviam atingido a maturidade fisiológica antes da ocorrência da deficiência hídrica, justamente por encontrar um ambiente menos favorável. Em contrapartida, as sementes da área de maior fertilidade ainda não haviam atingido a maturidade fisiológica, pois se encontravam em condições favoráveis, e o déficit hídrico ocorreu na fase final do enchimento de grãos, o que pode ter influenciado na sua etapa final de, pois essa é uma etapa crítica, em que proteínas de tolerância à dessecação, estão sendo formadas (VALÁRIO, 2016).

Outro fator que reforça essa hipótese é que após seis meses de armazenamento (tempo entre realização do EA1 e EA2), o vigor das sementes geradas em solos de alta fertilidade apresentou drástica redução, enquanto para as sementes produzidas em solos de baixa fertilidade o vigor se manteve praticamente constante, conforme indicado pelos testes envelhecimento acelerado (Tabela 4).

Em estudo realizado por Krueger et al. (2013), os autores sugeriram que adubações com altos níveis de P e K podem resultar em menor viabilidade e vigor das sementes, possivelmente pelo aumento da atividade de patógenos nos lotes de sementes. Portanto, isso também pode ter ocorrido no presente experimento, uma vez que os solos que essas sementes foram geradas apresentaram teores de P e K extremamente superiores aos solos de baixa fertilidade (21 mg dm⁻³ de fósforo contra 1,64 mg dm⁻³ de fósforo; 4,3 cmmolc dm⁻³ de potássio contra 0,5 cmmolc dm⁻³ de potássio). Sendo assim, é possível que a taxa de desenvolvimento dos fungos durante o armazenamento tenha sido maior nas sementes obtidas de local com alta fertilidade, porém isso não foi determinado.

Devido às condições climáticas registradas durante o cultivo da safra de soja, principalmente relacionadas à seca, a produtividade obtida foi relativamente baixa. Inclusive, muito aquém da produtividade média nacional, a qual foi de 3.029 kg ha⁻¹ na safra 2021/2022 (CONAB, 2022).

Outro dado que corrobora que a seca foi um fator limitante às altas produtividades foi a média paranaense, registrada na referida safra, a qual foi de 2.161 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022). O efeito do estresse hídrico depende do estágio fenológico da cultura em que ocorre. Apesar de ser prejudicial para a produtividade, em todas as fases de crescimento, durante os estádios reprodutivos (floração, formação e enchimento de grãos) são a principal causa para redução de rendimento (SEHGAI et al., 2017).

Quando a condição de seca ocorre nos primeiros estádios reprodutivos da cultura, há o aborto de flores, e quando ocorre durante o enchimento de grãos, acarreta grãos menores, mais leves e de menor qualidade, devido à redução de assimilação de carbono (EGLI; ZHEN-WEN, 1991); o que, possivelmente, ocorreu no presente trabalho, visto que o déficit hídrico ocorreu durante os estádios reprodutivos da cultura.

A produtividade de grãos foi influenciada pela procedência das sementes, em função da área de maior e menor fertilidade; sendo que área com menor fertilidade acarretou em maior rendimento. Esse resultado reforça a hipótese da ocorrência de memória transgeracional. Há relatos na literatura de que a exposição prévia a determinado estresse ajudaria a planta a adquirir tolerância ou desenvolver mecanismos adaptativos a esse ou outro estresse durante o ciclo da cultura ou ao longo das gerações (JAGADISH et al., 2011). Nesse caso, possivelmente, as

sementes oriundas de plantas cultivadas em áreas de baixa fertilidade, apresentaram resposta ao estresse hídrico sofrido durante a condução do experimento, que, apesar de ter impactado negativamente na produção, se sobressaiu quando comparado às sementes oriundas de plantas cultivadas em locais com maior fertilidade.

Uma possível explicação para os efeitos transgeracionais observados na produtividade da soja é que a variação de fertilidade no campo de produção proporcionou maior tolerância às plantas provenientes de sementes produzidas em área de menor fertilidade quando expostas ao déficit hídrico na geração subsequente, possivelmente por serem oriundas de uma condição não tão adequada, apresentaram aclimatação e, responderam melhor ao estresse.

Em arroz (*Oryza sativa*) verificou-se que a progênie de plantas com limitação de nitrogênio tem maior tolerância a esse estresse, com biomassa total aumentada em comparação com a progênie de plantas de controle não estressadas. O aumento da tolerância à limitação de nitrogênio no arroz persistiu ao longo de duas gerações de descendentes (KOU et al., 2011).

Nota-se, ainda, que o envelhecimento acelerado pré-semeadura da soja (após seis meses de armazenamento) e massa e mil grãos foram os componentes de produção que mais contribuíram para a produtividade ($r = 0,85$ e $0,83$, respectivamente), de acordo com o teste de correlação de Pearson (Tabela 8). Uma justificativa para isso é que o teste de envelhecimento acelerado tem relação com emergência da soja a campo (SHIVASHARANAPPA et al., 2018). A emergência das sementes de forma rápida e uniforme é importante para obter uma população adequada de plantas, além de proporcionar plantas mais vigorosas, capazes de resistir às adversidades ambientais após a semeadura (AJOURI; ASGEDOM; BECKER, 2004). A maior produtividade também esteve associada ao aumento na massa de mil grãos. Esse resultado é justificado pelo fato de que o peso do grão é um dos componentes mais importantes para o rendimento (LIZANA et al., 2010).

Estes resultados exigem a ampliação de estudos nessa linha, visto que expõe uma nova percepção quanto à produção de sementes, sendo necessário avançar no sentido de realizar um diagnóstico mais concreto, que deve ser corroborado com mais anos de pesquisa de campo.

O fato é que, independentemente da fertilidade do local de produção, as sementes de qualidade superior contribuem para gerar lavouras de grãos mais

produtivas. No entanto, avaliar a memória transgeracional, mediante condições de estresse em áreas de produção, e como isso se reflete na geração subsequente, também sob uma ótica de estresse, como foi o caso do experimento, é fundamental.

Da mesma forma, para ter respostas como seria em condições adequadas de uma lavoura de grãos, gerada de sementes provenientes de ambientes contrastantes. As respostas seriam as mesmas? Ou sementes geradas em áreas mais adequadas, na melhoria do ambiente para grãos, condicionariam lavouras mais produtivas que as sementes geradas em áreas menos adequadas?

7 CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que o local de produção das sementes de soja exerce influência em efeitos transgeracionais na sua qualidade fisiológica e no desempenho da lavoura de grãos subsequente e que sementes de soja mais vigorosas contribuem para a geração de uma lavoura de grãos mais produtiva.

REFERÊNCIAS

AJOURI, Aziza; ASGEDOM, Haben; BECKER, Mathias. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 167, n. 5, p. 630-636, 2004.

ARORA, R. N. et al. Assessment of genetic diversity for yield and seedling traits in soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 9, n. 1, p. 355-360, 2018.

AULER, Priscila Ariane et al. Stress memory of physiological, biochemical and metabolomic responses in two different rice genotypes under drought stress: The scale matters. **Plant Science**, v. 311, p. 110994, 2021.

AZADI, M. S.; YOUNESI, E. The effects of storage on germination characteristics and enzyme activity of sorghum seeds. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 9, n. 4, p. 289-298, 2013.

BAGATELI, José Ricardo et al. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 151-159, 2019.

BAUDET, L.M.L.; VILLELA, F.A Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed Universitária – UFPel, 2019. p.481-528

BELLALOUI, Nacer, et al. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under US Mississippi Delta conditions. **PloS one**, v. 10, n. 6, p. e0129913, 2015.

BILICHAK, Andriy; KOVALCHUK, Igor. Transgenerational response to stress in plants and its application for breeding. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 7, p. 2081-2092, 2016.

BLAIR, Graeme. Nutrient efficiency—what do we mean? In: **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Springer, Dordrecht, 1993. p. 205-213.

BOARD, J. E.; TAN, Qiang. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop science**, v. 35, n. 3, p. 846-851, 1995.

BOTELHO, F. J. E. **Qualidade de sementes de soja com diferentes teores de lignina obtidos de plantas submetidas à dessecação**. 90f. 2012. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado), Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, V. 9, Safra 2021/22 – 7º levantamento, Brasília, p. 1-94, abril de 2022.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos**. 6º Levantamento - Safra 2022/23. 09 de março 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 de março de 2023.

CONTESSA, Margareth Anne Camargo. A Expansão do Complexo Soja no Brasil. **Dissertação (Pós-graduação em História) – PUCRS**. Porto Alegre, p. 117. 2020.

COSTA, Nilton Pereira da et al. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, p. 172-181, 2005.

COSTA, Nilton Pereira da et al. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, p. 128-132, 2003.

ĆUK, Katarina et al. Transgenerational stress memory in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.: antioxidative enzymes and HSP70. **Acta Botanica Croatica**, v. 69, n. 2., p. 183-197, 2010.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

EBONE, Luciano Antônio; CAVERZAN, Andréia; CHAVARRIA, Geraldo. Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 145, p. 34-42, 2019.

EBONE, Luciano Antônio et al. Soybean seed vigor: uniformity and growth as key factors to improve yield. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 545, 2020.

EGLI, D. B.; ZHEN-WEN, Yu. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. **Crop Science**, v. 31, n. 2, p. 439-442, 1991.

EGLI, Dennis B. **Soybean yield physiology: principles and processes of yield production**. In: **The soybean: botany, production and uses**. Wallingford UK: CABI, p. 113-141. 2010.

FERREIRA, Thaís Francielle, et al. Isoenzyme activity in maize hybrid seeds harvested with different moisture contents and treated. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 139-146, 2015.

FILHO, J. M. **Fisiologia de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659p.

FRANÇA-NETO, J.B. et al. **Adequação da metodologia de testes de vigor para sementes de soja**. Resultados de pesquisa da Embrapa Soja-2002: sementes e transferência de tecnologia. Embrapa Soja, p.25-32. 2002.

FRANÇA-NETO, José de Barros et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **EMBRAPA, Documentos 380**, 2016.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C. O controle de qualidade inserido no sistema de produção de sementes. **Matéria Técnica**, 2004.

GALVIZ, Yutcelia CF; RIBEIRO, Rafael V.; SOUZA, Gustavo M. Yes, plants do have memory. **Theoretical and experimental plant physiology**, v. 32, n. 3, p. 195-202, 2020.=

GEBIOMET - Grupo de Estudos em Biometeorologia. UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Download - Dados Clima DV**. Disponível em: <http://www.gebiomet.com.br/downloads.php>. Acesso em: 10 jan. 2023.

GHASSEMI-GOLEZANI, Kazem, et al. Seed vigor and field performance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 38, n. 3, p. 146-150, 2010.

GOGGI, A. Susana, et al. Seed quality assurance in maize breeding programs: Tests to explain variations in maize inbreds and populations. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 2, p. 337-343, 2008.

GUERRA, Claudio Augusto et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2006.

HARTMANN-FILHO, C. P. et al. The effect of drying temperatures and storage of seeds on the growth of soybean seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 287-295, 2016.

HAMAWAKI, Osvaldo T. et al. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de genótipos de soja do ciclo precoce/médio em Uberlândia, Minas Gerais. **Fitopatologia brasileira**, v. 27, p. 201-205, 2002.

HATZIG, Sarah V. et al. Drought stress has transgenerational effects on seeds and seedlings in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). **BMC plant biology**, v. 18, p. 1-13, 2018.

HENDERSON, Ian R.; JACOBSEN, Steven E. Epigenetic inheritance in plants. **Nature**, v. 447, n. 7143, p. 418-424, 2007.

HERMAN, Jacob J.; SULTAN, Sonia E. Adaptive transgenerational plasticity in plants: case studies, mechanisms, and implications for natural populations. **Frontiers in plant science**, v. 2, p. 102, 2011.

HILKER, Monika; SCHMÜLLING, Thomas. Stress priming, memory, and signalling in plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 42, n. 3, p. 753-761, 2019.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, Iêda Carvalho. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Embrapa Soja- Documentos (INFOTECA-E)**, 2007.

IAPAR. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2009.

JAGADISH, Krishna et al. Spikelet proteomic response to combined water deficit and heat stress in rice (*Oryza sativa* cv. N22). **Rice**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2011.

KAMESWARA RAO, N.; DULLOO, M. E.; ENGELS, Johannes MM. A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. **Genetic resources and crop evolution**, v. 64, p. 1061-1074, 2017.

KAPPES, Claudinei et al. Componentes produtivos de cultivares de feijão comum em cultivo safrinha. Documentos IAC. **Genética e Melhoramento**. Campinas, 2008.

KIBINZA, Serge et al. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. **Physiologia Plantarum**, v. 128, n. 3, p. 496-506, 2006.

KIM, Yeon-Ki et al. Recurrent drought conditions enhance the induction of drought stress memory genes in *Glycine max* L. **Frontiers in Genetics**, v. 11, p. 576086, 2020.

KINOSHITA, Tetsu; SEKI, Motoaki. Epigenetic memory for stress response and adaptation in plants. **Plant and Cell Physiology**, v. 55, n. 11, p. 1859-1863, 2014.

KOLCHINSKI, Eliane Maria; SCHUCH, Luis Osmar Braga; PESKE, Silmar Teichert. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1248-1256, 2005.

KOU, H. P. et al. Heritable alteration in DNA methylation induced by nitrogen-deficiency stress accompanies enhanced tolerance by progenies to the stress in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of plant physiology**, v. 168, n. 14, p. 1685-1693, 2011.

KRUEGER, Keaton et al. Phosphorus and potassium fertilization effects on soybean seed quality and composition. **Crop Science**, v. 53, n. 2, p. 602-610, 2013.

KRZYZANOWSKI, F. C. Desafios tecnológicos para a produção de semente de soja na região tropical brasileira. In: **World Research Conference**. p. 1324-1335. 2004.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, José, de B.; VIEIRA R. D. Vigor de sementes: conceitos e testes. **Londrina: Abrates**, v.1, c.2, item 3, 1999.

KRZYŻANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA-NETO, José de Barros; HENNING, Ademir Assis. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica**, v. 136, n. 1, 2018.

KUMAR, Amit; RAMESH, R.; RAMPRASAD, E. Effect of plant growth regulators on morphological, physiological and biochemical parameters of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Biotechnology and bioforensics: new trends**, p. 61-71, 2015.

KUWAYAMA, Yusuke et al. Estimating the impact of drought on agriculture using the US Drought Monitor. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 101, n. 1, p. 193-210, 2019.

LIMA, Wilmar Ferreira et al. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 729-736, 2008.

LIMBERGER, Lucas Martins; DÖRR, Caio Sippel; ALMEIDA, Andreia. **Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja no Município de Santa Rosa – RS**. 2016.

LIZANA, X. Carolina et al. Expansins expression is associated with grain size dynamics in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of experimental botany**, v. 61, n. 4, p. 1147-1157, 2010.

LORENSET, Alcione. **Beneficiamento de sementes de soja na mesa de gravidade: qualidade das frações e do repasse**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 30f. 2014.

MARCOS FILHO, Julio. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia agricola**, v. 72, p. 363-374, 2015.

MARQUES, Marcelo Cunha et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal, Uberlandia**, v. 27, n. 1, p. 59-69, 2011.

MATERA, Thaisa Cavalieri et al. Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 301-308, 2019.

MAUCH-MANI, Brigitte et al. Defense priming: an adaptive part of induced resistance. **Annual review of plant biology**, v. 68, p. 485-512, 2017.

MEOTTI, Giovane Vanin et al. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 14-21, 2012.

MONZON, Juan Pablo et al. Critical period for seed number determination in soybean as determined by crop growth rate, duration, and dry matter accumulation. **Field Crops Research**, v. 261, p. 108016, 2021.

MORENO, Kiliany A. A., et al. Gene Expression Related to Physiological Quality of Soybean Seeds. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 370-380, 2019.

MURTHY, Narayana; SUN, Wendell Q. Protein modification by Amadori and Maillard reactions during seed storage: roles of sugar hydrolysis and lipid peroxidation. **Journal of experimental botany**, v. 51, n. 348, p. 1221-1228, 2000.

NADEEM, Muhammad et al. Maize seedling phosphorus nutrition: Allocation of remobilized seed phosphorus reserves and external phosphorus uptake to seedling roots and shoots during early growth stages. **Plant and Soil**, v. 371, p. 327-338, 2013.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. **Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES**, v. 1, p. 1-24, 1999.

NAVARRO JÚNIOR, Hugo Motta; COSTA, José Antonio. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 269-274, 2002.

NOSALEWICZ, Artur et al. Transgenerational effects of temporal drought stress on spring barley morphology and functioning. **Environmental and Experimental Botany**, v. 131, p. 120-127, 2016.

OLIVEIRA, Isis Caroline Bellé; SARTOR, Laércio. Análise de P e K no solo do município de dois vizinhos – PR. **II Congresso de Ciência e Tecnologia Da UTFPR-Câmpus Dois Vizinhos**. 2012.

PESKE, Silmar Teichert; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. **Editora Universitária/UFPel, Pelotas**, 2012.

PHUNG, Kim Hue; LEE, Suk-Ha; CHEONG, Jong-Joo. Evaluation of proline, soluble sugar and ABA content in soybean *Glycine max* (L.) under drought stress memory. **AIMS Bioeng**, v. 7, p. 114-123, 2020.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

REZENDE, Pedro Milanez; ARRUDA CARVALHO, Eudes. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec**, v. 31, n. 6, 2007.

RODRIGUES, Mayara et al. Physiological performance of soybean seeds in the accelerated aging test and their germination after several waiting periods. **Journal of Seed Science**, v. 44, 2022.

SALUM, Juliane Dossi et al. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 140-149, 2008.

SANTOS, Maurício Siqueira. O que é qualidade de sementes e por que ela é tão importante? **Mais Soja**. 2020. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/o-que-e-qualidade-de-sementes/>> Acesso em: maio 2022.

SCHEEREN, Bruno Ricardo et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 35-41, 2010.

SCHWACHTJE, Jens et al. Induced, imprinted, and primed responses to changing environments: does metabolism store and process information?. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 106, 2019.

SEDIYAMA, Tuneo. (Ed). **Melhoramento genético da soja**. Londrina, PR: Macenas, 2015. 352 p.

SEHGAL, Akanksha et al. Effects of drought, heat and their interaction on the growth, yield and photosynthetic function of lentil (*Lens culinaris Medikus*) genotypes varying in heat and drought sensitivity. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1776, 2017.

SHIVASHARANAPPA, Patil et al. Prediction of storability in soybean seeds through accelerated ageing technique [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Legume Research-An International Journal**, v. 41, n. 4, p. 572-577, 2018.

SILVA, Josué Bispo da; LAZARINI, Edson; DE SÁ, Marco Eustáquio. Comportamento de sementes de cultivares de soja submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, 2010.

SPECHT, J. E.; HUME, D. J.; KUMUDINI, S. V. Soybean yield potential—a genetic and physiological perspective. **Crop Science**, v. 39, n. 6, p. 1560-1570, 1999.

TABASSUM, Tahira et al. Seed priming and transgenerational drought memory improves tolerance against salt stress in bread wheat. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 362-369, 2017.

TEIXEIRA, Sheila Bigolin et al. Green soybean seeds: effect on physiological quality. **Ciência Rural**, v. 50, 2020.

VALÁRIO, Bárbara Panoff. **Estudo da tolerância à dessecação e longevidade em sementes de soja (*Glycine max* (L.) MERR.)**. Tese de doutorado (Agronomia) – Unesp. Botucatu-SP. 95f. 2016.

VASCONCELOS, Edmar Soares de et al. Qualidade fisiológica de sementes de cultivares e linhagens de soja no Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 307-312, 2009.

VERHOEVEN, Koen JF; VAN GURP, Thomas P. Transgenerational effects of stress exposure on offspring phenotypes in apomictic dandelion. **PloS one**, v. 7, n. 6, p. e38605, 2012.

VOGEL, Jonathan T. et al. Soybean yield formation physiology—a foundation for precision breeding based improvement. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 719706, 2021.

VRIET, Cécile; HENNIG, Lars; LALOI, Christophe. Stress-induced chromatin changes in plants: of memories, metabolites and crop improvement. **Cellular and molecular life sciences**, v. 72, p. 1261-1273, 2015.

WANG, Wen-Sheng et al. Drought-induced site-specific DNA methylation and its association with drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of experimental botany**, v. 62, n. 6, p. 1951-1960, 2011.

WIJewardana, Chathurika et al. Drought stress has transgenerational effects on soybean seed germination and seedling vigor. **PLoS one**, v. 14, n. 9, p. e0214977, 2019.

WIJewardana, Chathurika et al. Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. **Irrigation Science**, v. 36, p. 241-255, 2018.

WOJTYLA, Łukasz et al. Drought stress memory and subsequent drought stress tolerance in plants. In: Priming-mediated stress and cross-stress tolerance in crop plants. **Academic Press**, 2020. p. 115-131.

XIN, Xia et al. Reduced mitochondrial and ascorbate–glutathione activity after artificial ageing in soybean seed. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 2, p. 140-147, 2014.

YAMADA, Kenji et al. Cytosolic HSP90 regulates the heat shock response that is responsible for heat acclimation in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 282, n. 52, p. 37794-37804, 2007.

YOBI, Abou et al. The complex response of free and bound amino acids to water stress during the seed setting stage in *Arabidopsis*. **The Plant Journal**, v. 102, n. 4, p. 838-855, 2020.

ZANON, Alencar Júnior et al. Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades. **Santa Maria: Palloti**, 2018.

ZORATO, Maria de Fátima. Consequências do La Niña em Campos de Sementes. **Seed News**. Edição XXVI. Maio de 2022.