

SAMARA MOREIRA PERISSATO

**INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE NA PRODUTIVIDADE, QUALIDADE
FISIOLÓGICA E INCIDÊNCIA DE SEMENTES VERDES EM SOJA
(*Glycine max* L.)**

Botucatu

2019

SAMARA MOREIRA PERISSATO

**INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE NA PRODUTIVIDADE, QUALIDADE
FISIOLÓGICA E INCIDÊNCIA DE SEMENTES VERDES EM SOJA
(*Glycine max* L.)**

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

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Co-orientador: Dr. Fernando Augusto Henning

Botucatu

2019

P446i

Perissato, Samara Moreira

Interação genótipo ambiente na produtividade, qualidade fisiológica e incidência de sementes verdes em soja (*Glycine max* L.) / Samara Moreira Perissato. -- Botucatu, 2019
102 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva
Coorientador: Fernando Augusto Henning

1. Caracterização de Genótipos. 2. Retenção de Clorofila em Sementes. 3. Longevidade de Sementes. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

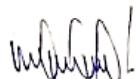
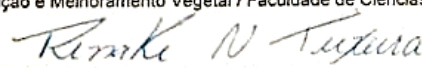
**Título: "INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE NA PRODUTIVIDADE,
QUALIDADE FISIOLÓGICA E INCIDÊNCIA DE SEMENTES VERDES EM
SOJA (*Glycine max* L.)"**

AUTORA: SAMARA MOREIRA PERISSATO

ORIENTADOR: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

COORIENTADOR: FERNANDO AUGUSTO HENNING

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


Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP
Prof.ª Dr.ª RENAKE NOGUEIRA TEIXEIRA
Laboratory of Plant Physiology / Wageningen University (Videoconferência)
Pesquisadora Dr.ª LILIANE MARCIA MERTZ HENNING
./ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Londrina/PR

Botucatu, 25 de fevereiro de 2019.

Aos meus pais amados, Jair e Suelly
Ao meu irmão e melhor amigo Matheus
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar durante toda caminhada até aqui;

Pelo amor e apoio incondicional dos meus pais, Suely M. Perissato e Jair Francisco Perissato. Tudo o que sou hoje e pretendo me tornar, me espelho em vocês!

Ao Matheus Moreira Perissato, por ser o melhor presente da minha vida, irmão e melhor amigo.

A todos meus familiares que sempre me deram força para seguir o caminho que escolhi e que mesmo na distância estiveram sempre presentes. Em especial aos meus avós: Verediana, Bertolomeu, Palmira e Hélio.

A todos do laboratório de sementes da Unesp-Botucatu, em especial a Valéria Giandoni por não medir esforços durante a execução deste trabalho e ainda por sua grande amizade. Aos meus amigos que me apoiaram na parte acadêmica e, principalmente na vida pessoal: Larissa Chamma, Natalia Gavilan, Ana Stella, Carolina Cardoso, Bruna Catoia, Daiani Ajala, Karina Ducatti, Maurício Hideki, Carlos Vinicius, Thiago Batista, Dennis Souza, Amanda Rithieli, Gabriel Germino, Girlanio e Iago. Aos estagiários do laboratório, com carinho especial: Gabriel, João e Bia.

Ao Leandro Bianchi pelo companheirismo. Obrigada por estar comigo nos momentos difíceis e por compartilhar inúmeros momentos de felicidade.

A todas amigas que conquistei em Botucatu, Palotina e Terra Roxa.

Ao Prof. Edvaldo A. Amaral da Silva, pela orientação, valiosos ensinamentos e paciência. Pelo incentivo em me tornar uma pesquisadora melhor a cada dia.

Ao meu coorientador, Dr. Fernando Augusto Henning, pelos ensinamentos desde meu período como estagiária, pela disponibilidade e dedicação.

A todos os professores, técnicos e funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu. Em especial ao Profº. João Nakagawa e Profª. Marcia Sartori. A Eliane, Iara e Amanda pelos momentos de descontração.

Aos funcionários e a todos da Embrapa Soja, pela infraestrutura oferecida e auxílio na realização deste experimento.

A CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A FAPESP pela ajuda financeira (processo FAPESP número 2017/50211-9)

Agradeço imensamente a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

POESIA MÍNIMA

“Pintou estrelas no muro
e teve o céu
ao alcance das mãos.”

(Helena Kolody, in Poesia Mínima, 1986)

RESUMO

A qualidade de sementes de soja é variável com potencial do genótipo e o ambiente de produção. Portanto a identificação de genótipos que apresentem alto desempenho agrônômico, qualidade de sementes (germinação, vigor e longevidade) e que resista ou tolere as condições estressantes constitui forte objeto de pesquisa frente as grandes áreas de produção de soja possuírem ampla distribuição, estando suscetíveis as adversidades climáticas. Objetivou-se com este trabalho estudar a interação de genótipos de soja produzidos diferentes ambientes quanto aos componentes de produção, produtividade, qualidade de sementes e a incidência de sementes verdes. No experimento 1, utilizou-se oito genótipos produzidos em três ambientes distintos no estado do Paraná (Londrina, Ponta Grossa 1 e Ponta Grossa 2) enquanto no experimento 2 foram caracterizados 47 genótipos em ambiente suscetível a estresses ambientais (Londrina - PR). Genótipos produzidos em ambos ambientes de Ponta Grossa obtiveram resultados superiores quanto aos componentes de produção e maior longevidade, já quando produzidos em Londrina, maior qualidade de sementes (germinação, vigor e sanidade). O genótipo TMG7062 apresentou resultados superiores quanto aos componentes de produção e qualidade de sementes, contudo suscetibilidade à formação de sementes verdes (19,75 %) do mesmo modo que o genótipo BRS 1003 (13,5 %). Já os genótipos BMX LANÇA e 95Y52 não apresentaram sementes verdes independentemente do ambiente de produção (Experimento 1). Os genótipos, 96Y90 e BMX LANÇA, se destacaram por apresentar o conjunto de atribuídos que determina qualidade fisiológica, mesmo quando produzidos em região suscetível a estresse (Experimento 2).

Palavras-Chave: caracterização de genótipos, retenção de clorofila, longevidade de sementes.

ABSTRACT

The quality of soybean seeds varies with the potential of the genotype and the production environment. Therefore, the identification of genotypes with high agronomic performance, seed quality (germination, vigor and longevity) and resistance or tolerance of stressful conditions constitute a strong object for research as the large areas of soybean production are widely distributed, and they are susceptible to climatic stresses. The objective of this research was to study the interaction of soybean genotypes produced in different environments regarding the production components, yield, seed quality and green seed incidence. In the experiment 1, eight genotypes were produced in three distinct environmental conditions in the state of Paraná (Londrina, Ponta Grossa 1 and Ponta Grossa 2), while in experiment 2, were characterized 47 genotypes in an environment susceptible to environmental stresses (Londrina-PR). Genotypes produced in both environmental condition of Ponta Grossa obtained higher results of yield components and high longevity, however when they were produced in Londrina, they reached the higher quality of seeds (germination, vigor and sanity). The genotype TMG7062 presented higher results of yield components and seed quality, but susceptibility to green seed formation (19.75%) in the same way as genotype BRS 1003 (13.5%). In contrast, the BMX LANÇA and 95Y52 genotypes showed no green seeds regardless of the production environment (Experiment 1). The genotypes, 96Y90 and BMX LANÇA, stood out for presenting the set of attributes that determines physiological quality, even when they were produced in a region susceptible to stress (Experiment 2).

Key-words: characterization of genotypes, retention of chlorophyll, seed longevity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Desenvolvimento de sementes de soja **A:** desenhos que descrevem o ciclo de vida da soja. **B:** Representação esquemática do desenvolvimento de sementes de soja. Disponível em Le et al., 2007 adaptadas e modificadas a partir de Goldberg et al. (1989). **26**
- Figura 2** - Dados diários de temperaturas do ar máximas, médias e mínimas e precipitação pluvial na área experimental do município de Londrina – PR durante o ciclo da cultura da soja. **39**
- Figura 3** - Dados diários de temperaturas do ar máximas, médias e mínimas e precipitação pluvial na área experimental do município de Ponta Grossa – PR durante o ciclo da cultura da soja. **39**
- Figura 4** - Caixa hermética contendo solução saturada de NaCl para avaliação da longevidade de sementes. **44**
- Figura 5** - Determinação da incidência de sementes verdes **A:** Sementes amarelas **B:** Sementes verdes. **45**
- Figura 6** - Análise das componentes principais das médias das avaliações de componentes de produção e de qualidade de sementes para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes. **48**
- Figura 7** - Longevidade de sementes de oito genótipos produzidos na cidade de Londrina-PR. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P50. **67**
- Figura 8** - Longevidade de sementes de oito genótipos produzidos em Ponta Grossa 1. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P50. **68**
- Figura 9** - Longevidade de sementes de oito genótipos produzidos em Ponta Grossa 2. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P50. **68**
- Figura 10** - Análise das Componentes principais para 47 genótipos de soja produzidos em Londrina-PR. **A:** gráfico biplot de dispersão; **B:** projeção vetorial para as características avaliadas. **74**
- Figura 11** - Longevidade de sementes de genótipos selecionados no primeiro quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P50. **82**

Figura 12 -Longevidade de sementes de genótipos selecionados no segundo quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P50. **82**

Figura 13 -Longevidade de sementes de genótipos selecionados no terceiro quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P50. **83**

Figura 14 -Longevidade de sementes de genótipos selecionados no quarto quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P50. **83**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos genótipos avaliados no Experimento 1 e Experimento 2	37
Tabela 2 - Atributos químicos do solo da camada de 0-20 cm de profundidade da área experimental em Londrina - PR e Ponta Grossa - PR.	38
Tabela 3 - Variáveis, autovalores, variação explicada e acumulada ao longo das duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2) para oito genótipos produzidos em três ambientes.	49
Tabela 4 - Valores de significância para interação observada na análise conjunta das variáveis selecionadas pelas componentes principais de oito genótipos de soja em três ambientes de produção.	50
Tabela 5 - Análise conjunta das avaliações de componentes de produção e teor de óleo para oito genótipos de soja em três ambientes de produção.	52
Tabela 6 - Produtividade de sementes de oito genótipos de soja produzidos em três ambientes	56
Tabela 7 - Porcentagem de sementes verdes em diferentes genótipos de soja produzidos em Londrina e Ponta Grossa.	56
Tabela 8 - Correlação simples da porcentagem de sementes verdes e parâmetros de qualidade de sementes para genótipos produzidos em três ambientes.	58
Tabela 9 - Avaliação da porcentagem de germinação (plântulas normais e protrusão radicular), plântulas anormais e sementes mortas, para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.	61
Tabela 10 - Avaliações de vigor para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.	61
Tabela 11 - Incidência de patógenos (%) em sementes de soja de oito genótipos produzidas em três ambientes.	64
Tabela 12 - Vigor, viabilidade e tipos de dano pelo teste de tetrazólio para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.	66
Tabela 13 - Corelação simples do somatório de dias de temperatura acima de 30 °C com parâmetros de qualidade fisiológica de sementes.	69
Tabela 14 - Significância das análises de variância das avaliações selecionadas a partir da ACP.	75

Tabela 15 - Avaliações de qualidade fisiológica de sementes de soja, selecionadas pela ACP, de 47 genótipos produzidos em Londrina-PR.....	77
Tabela 16 - Vigor, viabilidade e tipos de dano pelo teste de tetrazólio para 47 genótipos de soja produzidos em Londrina -PR.	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Aspectos gerais da cultura da soja no Brasil.....	23
2.2	Desenvolvimento de sementes e aquisição da qualidade fisiológica ...	25
2.3	Influência do ambiente de produção no desempenho da cultura da soja	29
2.3.1	Impactos sobre os componentes de produção e produtividade	29
2.3.2	Efeito dos estresses ambientais na aquisição de qualidade fisiológica de sementes.....	31
2.3.3	Influência do estresse ambiental na retenção de clorofila em sementes de soja.....	34
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1	Produção das sementes de soja	36
3.2	Componentes de Produção e Produtividade.....	40
3.2.1	Altura de inserção da primeira vagem	40
3.2.2	Altura de plantas.....	40
3.2.3	Número de ramificações e entrenós	40
3.2.4	Número de vagens por planta.....	41
3.2.5	Número de sementes por vagem.....	41
3.2.6	Produtividade	41
3.2.7	Massa de 1000 sementes.....	41
3.2.8	Teor de água	41
3.3	Avaliações da qualidade de sementes.....	42
3.3.1	Germinação.....	42
3.3.2	Tempo médio para ocorrência de 50% de germinação (T50)	42
3.3.3	Primeira contagem da germinação	43
3.3.4	Determinação do Comprimento de Plântula e Massa Seca de Plântulas.....	43
3.3.5	Teste de Tetrazólio	43
3.3.6	Longevidade.....	44
3.3.7	Teste de sanidade	45
3.3.8	Incidência de sementes verdes	45
3.3.9	Determinação do teor de óleo.....	46

3.4	Análise dos resultados.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4. 1	Experimento 1: Interação genótipo x ambiente nos componentes de produção e qualidade de sementes de soja	47
4.2	Experimento 2: Caracterização de genótipos de soja quanto aos componentes de produção e qualidade fisiológica de sementes produzidos em Londrina – PR.	73
5	CONCLUSÕES	86
	REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

A qualidade fisiológica de sementes tem sido ressaltada como chave para obtenção de altas produtividades, expressa pela interação de características que determinam seu potencial fisiológico, como capacidade de germinação rápida e uniforme, adequado estande inicial de plântulas à campo, alto vigor e capacidade de armazenamento (longevidade) (POPINIGIS, 1985; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). A qualidade fisiológica de sementes é variável entre as espécies de plantas e dentro de uma mesma espécie (HONG; ELLIS, 1996) devido a diferenças genéticas do material, estágio de desenvolvimento e dos estresses ambientais impostos no ambiente de produção (DINIZ et al., 2015).

A produção brasileira de soja obteve resultados satisfatórios de produtividade, mas apesar do bom desempenho da produção alcançada no campo existem problemas no que se refere a qualidade de sementes produzidas. A distribuição da área semeada de soja está associada a regiões de clima tropical, que apresentam temperatura e umidade elevadas durante o ciclo da cultura, aliado com a expansão da soja nos últimos tempos para baixas latitudes (ARAÚJO et al., 2019). Essa situação demonstra a suscetibilidade da produção agrícola frente às condições adversas de ambiente, interferindo na qualidade final das sementes e na produtividade.

Durante o desenvolvimento das sementes e maturação, a qualidade fisiológica é adquirida progressivamente. Na cultura da soja, diversos estudos demonstraram a influência de estresses ambientais durante o desenvolvimento da semente na redução da qualidade das mesmas (DORNBOS; MULLEN, 1991; GIBSON; MULLEN, 1996; EGLI et al., 2005; PRASAD; BHEEMANAHALLI; JAGADISH, 2017). A intensidade com que essa redução de qualidade ocorre depende da fase de ocorrência, do tipo de estresse e de características intrínsecas do genótipo.

Em condições de estresse ambiental é comum a ocorrência de retenção de clorofila nas sementes ao final da maturação, cuja presença em sementes oleaginosas diminuem a germinação, o vigor (ZORATO et al., 2007; PÁDUA et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2016) e longevidade (LUCCAS, 2018). Entretanto, ainda pouco se conhece sobre os mecanismos fisiológicos associados a esta característica (ZINSMEISTER et al., 2016; LEPRINCE et al., 2017).

Portanto, a caracterização de materiais através de estudos a partir de fenotipagem em diferentes ambientes de produção poderão trazer informações genéticas para entender os processos relacionados a influência do genótipo e do ambiente sob a qualidade fisiológica de sementes com ênfase aos processos relacionados a degradação de clorofila. Estes estudos iniciais são base para o desenvolvimento de marcadores moleculares utilizados na seleção de genótipos mais tolerantes.

Deste modo, objetivou-se com este trabalho estudar a interação de genótipos de soja frente a distintas condições ambientais, caracterizando-os quanto aos componentes de produção, produtividade, qualidade de sementes e a incidência de sementes verdes. No primeiro estudo, procurou-se elucidar esta interação com oito genótipos produzidos em três ambientes, enquanto no segundo estudo foram caracterizados 47 genótipos de soja produzidos em ambiente suscetível a estresses ambientais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura da soja no Brasil

Dentre as espécies de interesse econômico, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) da família Fabaceae é o produto agrícola mais importante para o consumo animal, humano e produção de biodiesel. Em 2018 com a expansão da cultura, a produção de soja alcançou recorde de 116,996 milhões de toneladas, 2,6% superior à safra passada, correspondendo a cerca de 57% da área total semeada com grãos no país. Neste levantamento o crescimento da área plantada está sendo estimado em 3,5% atingindo 35,1 milhões de hectares. A produtividade por sua vez atingiu 3.333 kg/ha, resultado do uso de tecnologias agrícolas aliado a precipitações pluviais bem distribuídas e temperaturas favoráveis (CONAB, 2018). A boa rentabilidade da cultura estimula os produtores a cultivá-la. As perspectivas futuras são otimistas, nos quais a soja, continuará dominando o uso da terra no Brasil nos próximos dez anos assumindo quase metade da área de colheita em 2024 (OECD-FAO, 2015).

As características, composição química e propriedades físicas e fisiológicas das sementes de soja são dependentes tanto da herança genética quanto das condições edafoclimáticas de desenvolvimento da planta-mãe (BORDINGNON, 1994; BELLALLOUI et al., 2009). Há variações quanto a qualidade nutricional e a quantidade de proteínas na semente de soja, mas, a maioria dos cultivares apresenta aproximadamente 40% de proteína e 20% de óleo em peso seco e 26% de carboidratos (NATARAJAN et al., 2013; BEWLEY et al. 2013), além de conter aminoácidos essenciais, nutrientes e alto valor calórico (NAKAMURA, 1980) como açúcares solúveis, na sua maioria em sacarose e oligossacarídeos da família rafinose (OFR) (HSU et al., 1973; SCHWEIZER; HORMAN, 1981; OBENDORF et al., 1998).

A alta qualidade nutricional e funções físico-químicas levam a cultura a assumir um papel importante na alimentação animal, no consumo mundial e na rotação das culturas por meio da sua capacidade de fixação de nitrogênio (JENSEN et al., 2012). O óleo é usado na fabricação de produtos alimentícios, farmacêuticos e industriais (SHERMAN-BROYLES et al., 2014). Além disso, a soja pode ser utilizada como matéria-prima para produção de biodiesel, pois tem a vantagem de atender a demanda e ter preços mais competitivos que outras espécies como mamona, palma,

amendoim, crambe, entre outros (CÉSAR et al., 2018). Por fim, muitos estudos indicam que metabólitos secundários da soja podem proporcionar benefícios à saúde, atuando como antioxidantes e anticancerígenos (VAN DIE et al., 2014).

Devido a considerável extensão territorial e ao clima favorável, topografia e propriedades físicas do solo que sustentam a produção agrícola extensiva, o Brasil tornou-se o principal exportador desta commodity agrícola (CONAB, 2018). A fronteira agrícola mais nova no Brasil é a região de Matopiba, que é uma zona contínua formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, localizada principalmente dentro do bioma Cerrado (ARAÚJO et al., 2019).

A rápida expansão da sojicultura, além do valor econômico, é atribuída ao papel do melhoramento genético, crucial no desenvolvimento de novas cultivares adaptadas às condições diversificadas. Mas, apesar do bom desempenho produtivo alcançado no campo de produção nas últimas safras, a produção de sementes de soja tem estado susceptível aos efeitos ambientais. Há sugestões de que ocorrerá uma diminuição, em termos de extensão territorial da área favorável para plantio que podem se tornar inviáveis em decorrência da elevação de temperatura e da frequência de períodos de seca. O aumento da temperatura média global e a frequência de fenômenos climáticos extremos afetaram diretamente a produtividade, estabilidade e qualidade da produção de soja (MERTZ-HENNING et al., 2018). Possivelmente, esta será a cultura mais afetada com estas mudanças em decorrência do aumento da deficiência hídrica e de possíveis veranicos mais intensos, gerando prejuízos econômicos (PBMC, 2013).

Portanto, a seleção de materiais que apresentem alta produtividade e que resistam ou tolerem as condições estressantes ainda constitui forte objeto de pesquisa frente as grandes áreas de produção de soja no Brasil e no mundo possuírem ampla distribuição geográfica. Os avanços do melhoramento genético em parceria aos diversos setores da cadeia produtiva de soja visam aperfeiçoar ainda mais a produção desta cultura, de modo que leve não somente ao aumento de produtividade, mas que garantam também outros atributos, como a alta qualidade fisiológica de sementes.

2.2 Desenvolvimento de sementes e aquisição da qualidade fisiológica

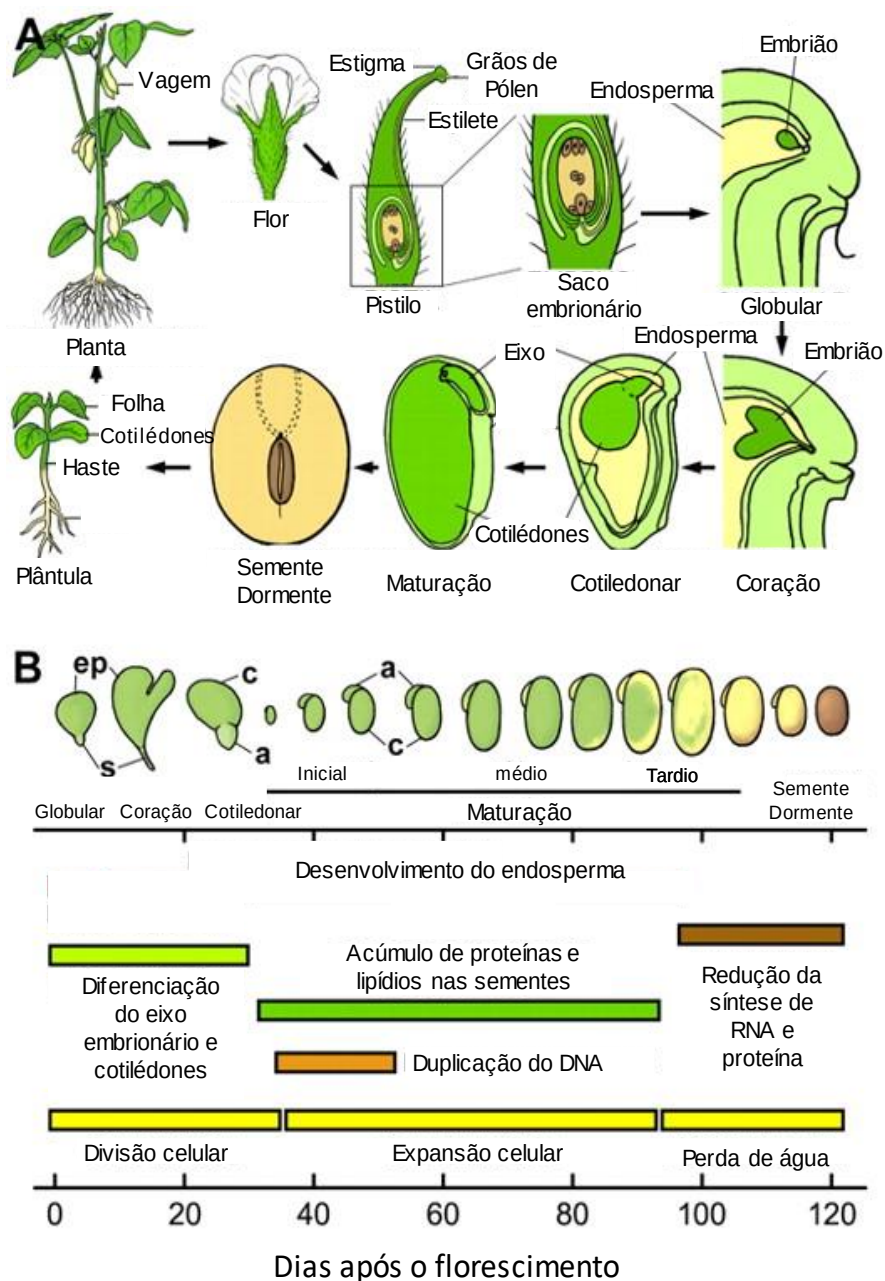
O desenvolvimento de sementes é um processo complexo que envolve três fases parcialmente sobrepostas: embriogênese, maturação e maturação tardia (BEWLEY; BLACK, 1994). Desencadeado pelo processo de fertilização, a embriogênese ocorre por uma sequência de eventos controlados geneticamente, marcado como uma fase “lag” e representada pela histodiferenciação e expansão celular, capaz de promover a diferenciação do embrião, endosperma e tegumentos, partes essenciais que constituem uma semente (Figura 1 – A; BEWLEY et al., 2013). Este período de divisão é caracterizado por rápido aumento no teor de água e pouco aumento no peso seco (BEWLEY; BLACK, 1994). Em sementes de soja, o suspensor transporta nutriente e hormônios para o embrião e atua como a conexão entre a planta e o tecido de reserva. Em seguida, o endosperma é consumido durante a formação do embrião, assim os cotilédones assumem a função de tecido de reserva (GOLDBERG et al., 1989).

Os traços de qualidade fisiológica são adquiridos ao longo do desenvolvimento das sementes e inicia-se na fase de maturação. A capacidade de germinação (germinabilidade) é a primeira a ser adquirida, seguido pela aquisição da tolerância à dessecação. Concomitantemente, o vigor das sementes é adquirido, representado pela maior velocidade de germinação, estabelecimento uniforme de plântulas e tolerância a condições estressantes durante a germinação e emergência. Por fim, ocorre a aquisição da longevidade de maneira crescente nos últimos estágios de desenvolvimento (BEWLEY et al., 2013).

A fase de maturação de sementes de soja pode variar entre 4 a 5 semanas, em que ocorre a síntese da maioria das reservas de armazenamento para germinação e o aumento das proteínas associadas a longevidade (HAJDUCH et al., 2005). Os eventos metabólicos desta fase determinam a composição da semente e a alteração dessas vias pode ter grande impacto nos traços de qualidade (THELEN; OHLROGGE, 2002).

A partir de 24 a 40 dias após a floração (DAF), a porcentagem de óleo aumenta rapidamente e, até o final deste período, contabiliza aproximadamente 30% do óleo total da semente madura. Os 70% restantes são sintetizados mais tarde, de 40 a 64 DAF, correspondendo a fase de maturação da semente (RUBEL et al., 1972).

Figura 1 - Desenvolvimento de sementes de soja **A**: desenhos que descrevem o ciclo de vida da soja. **B**: Representação esquemática do desenvolvimento de sementes de soja. Disponível em Le et al., 2007 adaptadas e modificadas a partir de Goldberg et al. (1989).



Na semente de soja capacidade de germinação é adquirida no estágio R7.1 atingindo a máxima porcentagem. A tolerância à dessecação é adquirida entre os estádios no estágio R7.1 e R7.2. Nesta fase ocorre ainda o início da degradação da clorofila da semente. A fase de maturação inicia no estágio R7.3 em que todas as sementes estão desligadas da planta mãe e a clorofila completamente degradada.

No estágio R8 e suas divisões, são caracterizados pela redução do teor de água e início da fase de maturação tardia. Na fase de maturação tardia a aquisição de longevidade aumenta duas vezes até o estágio R9, que corresponde às sementes maduras (ZANAKIS et al., 1994; LIMA et al., 2017).

Resultados semelhantes foram observados por Valério (2016) em que a longevidade na semente de soja foi progressivamente adquirida a partir do estágio R7.2 obtendo seu máximo acúmulo em R9. Há evidências crescentes de que a síntese de mecanismos de proteção que favorecem a longevidade é induzida sequencialmente e aumentam progressivamente durante a maturação tardia da semente (PROBERT et al., 2007; RIGHETTI et al., 2015; LEPRINCE et al., 2017; BASSO et al., 2018). Portanto, como mencionado acima, entende-se que a fase de maturação tardia em sementes de soja inicia no estágio R8. O tempo relativo de maturação tardia da semente varia enormemente entre as espécies e, em sementes de soja, essa fase compreende um pouco mais que 20% da fase total de desenvolvimento das sementes dependendo do cultivar e do ambiente de produção (LEPRINCE et al., 2017).

Por exemplo, o início e término de cada fase de desenvolvimento de sementes não são totalmente elucidados por variar significativamente entre as espécies e dentro de uma mesma espécie (LEPRINCE et al., 2017). Genótipos de soja com diferentes grupos de maturação atingiram o estágio R6 de maneira diferente. As 7-8 semanas após a floração, genótipos de maturação tardia, tinham atingindo o estágio R6, enquanto em genótipos de maturação precoce foram necessárias apenas 5 semanas após o florescimento.

Portanto, a fase de maturação tardia é caracterizada, principalmente, pelo acúmulo e síntese de moléculas protetoras, tais como açúcares não redutores (HOEKSTRA et al., 2001), proteínas abundantes da embriogênese tardia (LEAs) (HUNDERTMARK et al., 2011; CHATELAIN et al., 2012), proteínas de choque térmico (PRIETO-DAPENA et al., 2006), várias outras proteínas de estresse (SUGLIANI et al., 2009) e um conjunto de defesas antioxidantes contra o estresse oxidativo, como a glutathione (KRANNER et al., 2006) e tocoferóis (SATTLER et al., 2004). Visto isto, a fase de maturação tardia em sementes de soja tem importância em manter a semente viável.

A qualidade de sementes é definida como a expressão da interação de componentes genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários (POPINIGIS, 1985), dentre

os quais destaca-se a importância da qualidade fisiológica de sementes como chave para melhorar e estabilizar a produtividade (LEPRINCE et al., 2017). De fato, as sementes fornecem a informação genética e constituem o principal vetor de propagação de plantas de algumas espécies, portanto sua qualidade é fundamental para garantir elevadas produções (CHEN et al., 2016). A qualidade fisiológica de sementes está associada a germinação rápida e uniforme, alto vigor e capacidade de armazenamento (longevidade) (POPINIGIS, 1985; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). Porém, na realidade, ocorre uma interação de seus componentes que, em conjunto, determinam este atributo (FRANÇA NETO 2016).

A característica de longevidade de sementes é importante para os aspectos ecológicos, agrônômicos e econômicos (SANO et al., 2016) existindo variação entre a longevidade dentro de uma mesma espécie, devido a diferenças no seu genótipo e procedência (HONG; ELLIS, 1996). A longevidade pode ser calculada através de equações que estimem a perda da viabilidade ao longo do armazenamento, como o P_{50} (tempo em dias para que as sementes percam 50% da viabilidade) conforme proposto por Ellis e Roberts (1980).

O sucesso produtivo de uma cultura é resultado do potencial produtivo do genótipo (característica intrínseca) condicionado por diversos fatores ambientais durante o seu desenvolvimento. A obtenção de elevadas produtividades inicia-se com a utilização de sementes de alta qualidade, dando origem a plântulas bem desenvolvidas e vigorosas, com maior velocidade de germinação que promovem um adequado estabelecimento e uniformidade à campo, além de maior resistência a condições adversas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Desta forma, existe a necessidade de compreender a variação dos traços de qualidade fisiológica dentro de uma mesma espécie já que as características de qualidade fisiológica de sementes são herdadas geneticamente podendo existir variação entre os diferentes genótipos. Tal fato é importante para programas de melhoramento genético que têm priorizado a obtenção de cultivares com alta produção, mas que também produzam sementes de alta qualidade fisiológica (MERTZ et al., 2009). Entretanto, as condições ambientais condicionam a expressão do potencial genético dos materiais, sendo que ao decorrer das fases de desenvolvimento descritas acima é necessário que as condições ambientais sejam favoráveis na garantia de bons rendimentos.

2.3 Influência do ambiente de produção no desempenho da cultura da soja

O ambiente de produção de sementes de soja está cada vez mais susceptível a alterações climáticas, mesmo que as evidências ainda sejam limitadas, numerosos estudos relatam que estas mudanças terão um alto impacto na agricultura (SAVARY et al., 2012; SUNDSTRÖM et al., 2014; BHATTARAI et al., 2017, ZHAO et al., 2017, DEUTSCH et al., 2018) o que têm impulsionado as tentativas de adaptar a produção agrícola a tais tensões (WASSMANN et al., 2009). Os estresses abióticos, principalmente térmicos e hídricos, causam perdas significativas no rendimento agrícola e se tornarão ainda mais prevalentes nas próximas décadas (NOAA, 2016).

Os programas de melhoramento genético de soja têm desenvolvido cultivares com base nestas demandas de mercado, com foco na obtenção de cultivares mais produtivas, com sementes de alta qualidade fisiológica (MERTZ et al., 2009) e que respondam de maneira eficiente às adversidades do clima (SPEHAR et al., 2015).

O ambiente de produção da planta-mãe determinará os componentes de produção, afetando o desenvolvimento da cultura e a produtividade final (PRASAD; JAGADISH, 2015) e refletirá na qualidade das sementes produzidas (SILVA; LAZARINI; SÁ, 2010; RASHID et al., 2018). De modo geral, o resultado de uma lavoura é expresso em função das características genéticas e da condição ambiental, além da interação entre ambas (HOOD-NIEFER et al., 2012; GANGOLA et al., 2013).

2.3.1 Impactos sobre os componentes de produção e produtividade

A estimativa da produtividade agrícola da soja pode ser realizada mediante avaliações de seus componentes de produção. Os números de vagens/planta e de grãos/vagem são os componentes mais determinantes da produtividade de grãos de soja em entre diferentes genótipos e ambientes (HERBERT; LITCHFIELD, 1982; BOARD et al., 1999). Estes componentes são definidos principalmente durante começo do período de floração e estende-se até o início do período de maturação (JIANG; EGLI, 1995; BOARD; TAN, 1995). Alterações em ambos os componentes causados por variações ambientais e genéticas são responsáveis diretos pelo ajuste da produtividade.

Os fatores ambientais que mais afetam o rendimento de soja são precipitação

pluvial e a temperatura (CHEN; WIATRAK, 2010) além da sua combinação. A cultura da soja tem exigências que devem ser cumpridas ao longo do seu ciclo, sendo necessárias temperaturas do ar entre 20°C e 30°C. O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo em temperaturas menores ou iguais a 10° C. Já a necessidade de água aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração e enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após esse período. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Muitos estudos relataram que os estádios de floração, desenvolvimento de vagens e formação de sementes são os mais sensíveis quando ocorre restrição hídrica do solo, ocasionando menores rendimentos através do menor número e tamanho de sementes (EGLI; BRUENING, 2000). Cultivares de soja possuem variações acentuadas nas características de crescimento de plantas e nos atributos de produtividade, principalmente no número de nós, vagens, sementes e peso das sementes (WIJEWARDANA; REDD; BELLALLOUI, 2018). O estresse hídrico entre o florescimento inicial (R1) e a fase de maturação (R5-R7.3) diminui o crescimento vegetativo, o número de sementes e a produtividade (FREDERICK; CAMP; BAUER, 2001).

A fisiologia das plantas durante o desenvolvimento varia sob o déficit hídrico associado a altas temperaturas, pois diminui a velocidade de emergência da plântula e o desenvolvimento, afetando componentes físicos de qualidade como teor de água e peso (DONALDSON, 1996). Porém, quando o estresse hídrico é imposto durante os estádios vegetativos, verifica-se a diminuição do número de nós e de ramificações, acelerando o desenvolvimento dos estágios reprodutivos (DESCLAUX; ROUMET, 1996; BREVEDAN; EGLI 2003).

A temperatura, por sua vez, não apenas controla o desenvolvimento das plantas, mas também regula taxa de crescimento (FARQUHAR; SHARKEY, 1994). Temperaturas mais elevadas, como 4°C acima da temperatura ambiente, aumentou o número de flores e antecipou o período de floração (PALACIOS et al., 2019). Com temperaturas mais altas durante o dia e noite (42/34 °C) o alongamento dos entrenós foi reduzido, de modo que, apesar da produção de mais nós, as plantas permaneceram relativamente baixas (ALLEN JR. et al., 2018). O número total de

vagens por planta é linearmente relacionado aos nós por haste principal. Já o número de vagens é altamente sensível a baixas temperaturas (THOMAS; RAPER, 1976; HUME; JACKSON, 1981) e esta condição reduz a taxa de crescimento de sementes (EGLI, 1998) e o número de vagens por planta (KUROSAKI; YUMOTO, 2003).

Temperaturas sub-ótimas, por sua vez ainda levam a decréscimos nas concentrações de lipídios das sementes, indesejável em termos de indústria (XU et al., 2016). O fotoperíodo, em vez disso, parece não ter grandes efeitos diretos na taxa de crescimento da cultura, mas regula a duração da maioria das fases do desenvolvimento da soja, principalmente as fases pós-floração (THOMAS; RAPER, 1976; GUIAMÉT; NAKAYAMA, 1984; KANTOLIC; SLAFER, 2001).

Por ser um complexo fenômeno, a resposta da soja tanto em termos de produtividade quanto de qualidade, expostas as diversas condições ambientais, pode variar dependendo da cultivar e sua sensibilidade (ALLEN et al., 2018).

2.3.2 Efeito dos estresses ambientais na aquisição de qualidade fisiológica de sementes

A qualidade fisiológica de sementes é condicionada pelo potencial do genótipo frente a vários fatores ambientais que se interagem no campo de produção afetando sua expressão (BEWLEY et al., 2013). As condições ambientais influenciam desde a formação da flor e fertilização ao desenvolvimento da semente, afetando sua qualidade final (MARCOS FILHO, 2015). Estas observações são mais evidentes durante o crescimento reprodutivo em relação ao crescimento vegetativo das plantas (BAKER et al., 1989; MERTZ-HENNING et al., 2018).

Contudo, existe trabalho que demonstra que o ambiente de crescimento pré-zigótico tem influência importante na longevidade das sementes, onde temperaturas amenas resultaram em sementes com maior longevidade ($P_{50} = 40$ dias) do que condições quentes ($P_{50} = 20$ dias) para espécie *Wahlenbergia tumidifructa* conhecida por exibir plasticidade fenotípica (KOCHANNEK et al., 2010). Porém, ainda existem poucos estudos no que se refere ao ambiente pré-zigótico, sendo os efeitos do ambiente na fase reprodutiva o mais descrito e estudado.

Na fertilização, a temperatura ideal varia entre 21 a 27 °C, sendo a mínima de 5 °C (MARCOS FILHO, 2015). Nesta etapa altas temperaturas e déficit hídrico podem

causar a queda de flores ou serem letais ao pólen, impedindo a fertilização ou formando sementes inviáveis (HARRINGTON, 1972). Além de anormalidades ao processo de acúmulo de matéria seca e acelerar a maturação, resultando em produção de sementes pequenas, verdes, de baixo potencial germinativo e vigor (FRANÇA NETO et al., 2012) e longevidade (LUCCAS, 2018).

Altas temperaturas durante o desenvolvimento de sementes de soja frequentemente resultam em baixa germinação, aumento na incidência de infecção por patógenos e diminuição do valor econômico (EGLI; WARDLAW, 1980; DORNBOS; MULLEN, 1991; PUTEH et al., 2013; PRASAD; BHEEMANAHALLI; JAGADISH, 2017). O peso, vigor e a produção das sementes de soja também são menores quando a temperatura do ambiente excede 33 ° C (DORNBOS; MULLEN, 1991). Os níveis de proteína e lipídios diminuem acentuadamente quando a temperatura do ambiente excede 40 °C (THOMAS et al., 2003). Nestes casos, sementes de soja apresentaram redução mais acentuada no vigor em comparação à germinação (EGLI et al. 2005).

Durante a fase de maturação, temperaturas elevadas podem aumentar a presença de sementes duras (tegumentos de sementes impermeáveis) (GIBSON; MULLEN, 1996; SPEARS et al., 1997). A germinação e emergência neste caso são atrasadas e desuniformes, pois o grau de permeabilidade do tegumento da semente pode ser altamente variável (GIBSON; MULLEN, 1996), a germinação pode ocorrer de dias a semanas após plantio (KEITH; DELOUCHE, 1999). Portanto, embora as sementes duras possam fornecer alguma proteção contra o intemperismo de campo (POTTS et al., 1978; HARTWIG; POTTS, 1987) não é uma característica positiva para os produtores. Apesar das condições ambientais serem fortemente relacionadas a formação de sementes duras, alguns autores discutem a tendência do genótipo de formarem sementes com esta característica (SPEARS; TEKRONY; EGLI, 1997; SMITH et al., 2008).

As condições ambientais influenciaram fortemente a duração da fase de desenvolvimento de sementes de *Medicago truncatula*, variando de 25 a 72 dias após a polinização (DAP) sob alta e baixa temperatura, respectivamente. Por regular a duração do período de maturação das sementes, a temperatura afeta consequentemente a aquisição de longevidade (RIGHETTI et al., 2015).

De modo geral, sementes de soja produzidas em temperaturas extremas resultaram em maior dano à membrana levando a diminuição da atividade de

enzimas antioxidantes que indicam uma contribuição para a perda de viabilidade de sementes durante o envelhecimento (XIN et al., 2014) como isoflavonas (SONG et al., 2018). Contudo, estudos realizados por Lima et al., (2017) demonstraram que a aquisição de longevidade em soja foi positivamente afetada por temperaturas mais elevadas.

No caso do estresse hídrico, tanto a falta quanto o excesso são prejudiciais dependendo da fase de desenvolvimento que a cultura se encontra. A redução do rendimento da soja devido à baixa umidade do solo depende da severidade e duração do estresse, genótipo e estágio de crescimento. O déficit hídrico durante os estágios reprodutivos diminuiu a duração da fase de maturação (DESCLAUX et al., 2000), fortemente correlacionado com o acúmulo de massa de matéria seca em sementes em função da baixa produção de fotoassimilados (DESCLAUX; ROUMET, 1996).

A exposição de semente de soja a ciclos alternados de umidade (ganho e perda de água) antes da colheita também resultará na queda de qualidade. A ocorrência das chuvas na pré-colheita, pode favorecer o início de eventos relacionados com a deterioração sendo mais intensa se tais condições estiverem associadas com condições de elevada temperatura (FRANÇA NETO; HENNING, 1984). Como resultado desse processo, pode ocorrer a formação de rugas nos cotilédones, na região oposta ao hilo e no tegumento que afetam o controle da permeabilidade da semente e reduzem a germinação (FLOR et al., 2004; FRANÇA NETO 2007).

Declínio acentuado da germinação, vigor e viabilidade foram observados em lotes de sementes afetadas por deterioração por umidade (COSTA et al., 2003) e é considerado uma das principais causas associadas à redução da qualidade das sementes de soja (HUTH et al., 2016). A deterioração no campo é intensificada pela interação com alguns fungos de campo, como *Phomopsis spp.*, *Fusarium spp.*, *Cercospora kikuchii* e *Colletotrichum truncatum* (HENNING, 2005). A presença de patógenos nas sementes pode resultar na redução do potencial germinativo, vigor e período de armazenamento (FRANÇA NETO et al., 2007).

Deste modo, os efeitos dos diferentes estresses ambientais no desenvolvimento de sementes incluem principalmente a mudança na duração das fases de desenvolvimento que refletem em alterações qualitativas indesejáveis como queda da germinação, vigor e longevidade, bem como quantitativas, como o menor número de sementes, menor massa e redução na produtividade.

2.3.3 Influência do estresse ambiental na retenção de clorofila em sementes de soja

Durante o desenvolvimento a clorofila é totalmente degradada em sementes de soja. Todavia, a retenção de clorofila (Cl) em sementes maduras de soja é frequentemente observada pelos produtores brasileiros como um traço indesejável, já que sua presença compromete a qualidade fisiológica do lote de sementes e a qualidade do óleo.

Plantas de soja, sujeitas aos estresses de origem bióticos ou abióticos que resultam em morte prematura ou maturação forçada, poderão produzir sementes e grãos esverdeados (FRANÇA NETO et al, 2012). A ocorrência de períodos quentes e secos, durante os últimos estágios de maturação da semente leva a estas condições que podem cessar a atividade de enzimas (clorofilase) antes de a clorofila ser degradada (RANGEL et al., 2011). Esta alteração fisiológica é intensificada quando este microclima ocorre no período considerado fundamental, para a degradação da clorofila, ou seja, na passagem do estágio R6 para o estágio R7 (FUKUSHIMA; LANFER-MARQUEZ, 2000).

Baixa precipitação pluvial e altas temperaturas durante a fase de maturação são favoráveis a formação de sementes verdes, tais condições são comuns em regiões tropicais, como o cerrado brasileiro, onde a maioria da produção de soja está concentrada. Sabe-se que a frequência de soja esverdeada depende da intensidade e do tipo de período em que ocorreu no campo de produção, condições estressantes (FRANÇA NETO, 2012) além da característica intrínseca do cultivar. Pádua et al. (2009) demonstra que genótipos de soja responderam de forma diferente à expressão da produção de sementes verdes sob a temperatura e estresses hídrico.

Esforços para entender a influência das condições ambientais de crescimento na retenção de pigmentos verdes em sementes de soja e como isso afeta as características fisiológicas e bioquímicas dessas sementes vêm sendo estudado (TEIXEIRA et al., 2016). Neste caso, ocorre acentuada redução das suas qualidades fisiológicas e produtividade da lavoura (FRANÇA NETO et al, 2012), queda no vigor e viabilidade das sementes (ZORATO et al., 2007), ocorre também maior porcentagem de plântulas anormais e a longevidade e qualidade do óleo é reduzida (LUCCAS, 2018).

Teixeira et al. (2016) mostraram que o estresse por calor e seca durante a maturação de sementes de soja resultou em retenção de clorofila e alteração da

expressão dos genes *STAY-GREEN 1* e *STAY-GREEN 2* (*D1*, *D2*), *PHEOPHORBIASE 2* (*PPH2*) e *NON-YELLOW COLORING 1* (*NYC1_1*) em sementes de soja de uma cultivar de soja suscetível ao estresse. Todavia, o mecanismo molecular associado com a retenção e degradação da clorofila ainda é objeto de estudo.

Para soja foi determinado que níveis de sementes verdes superiores a 9% reduzem a qualidade do lote de sementes para fins comerciais (PÁDUA et al., 2007). Esta qualidade é cada vez mais reduzida com o aumento da incidência de sementes verdes (ARRUDA et al., 2016). Em comparação as sementes amarelas, as verdes possuíam menor qualidade fisiológica, implicando em menor percentual e velocidade de germinação (PARDO et al., 2015), independente da cultivar ou da região de produção (LUCCAS, 2018).

Contudo, diferentes materiais genéticos demonstram apresentar variabilidade quando à retenção de Cl em soja (PÁDUA et al., 2009, LUCCAS, 2018). Assim, o problema de ocorrência de semente esverdeada pode ser reduzido com o cultivo de genótipos menos suscetíveis (PÁDUA, 2007).

Por causa da variação ambiental e da interação que as cultivares apresentam diante destas adversidades, investigar as mudanças fisiológicas que ocorrem em diferentes genótipos sob estas condições facilitará a indústria de sementes a tomar decisões sobre desenvolvimento de cultivares tolerantes. Na literatura há estudos avaliando genótipos de soja em condições adversas de ambientes, contudo a ênfase é dada para a produção de grãos (CRUZ et al., 2010; CHOWDHURY et al., 2015; KHAN et al., 2016) havendo ainda escassez de trabalhos que associem a produtividade com a qualidade fisiológica e a presença de sementes verdes. Também conhecido como "problema das sementes verdes" a retenção de Cl em sementes de oleaginosas tem sido relatada como prejudicial às sementes de canola (MAILER et al., 2003; CHUNG et al., 2006).

Portando, estudos sobre a influência do genótipo e do ambiente poderão trazer informações genéticas para entender processos relacionados a degradação e a retenção de clorofila em sementes de soja e permitir o desenvolvimento de marcadores moleculares. Estes marcadores poderão, no futuro, ser utilizados na seleção de genótipos mais tolerantes a ocorrência de sementes verdes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Produção das sementes de soja

As sementes utilizadas neste trabalho foram provenientes da semeadura conduzida durante a safra agrícola 2017/2018 em duas localidades do estado do Paraná, sendo o primeiro campo experimental na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em Londrina (Embrapa Soja) e o segundo na Embrapa Produtos e Mercado, localizado em Ponta Grossa, cujas coordenadas são respectivamente: latitude de 23° 11' Sul, longitude 51° 10' Oeste e altitude de aproximadamente 564 m e latitude 25° 09' Sul, longitude 50 ° 05' e altitude em torno de 865 m.

No município de Londrina, o solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa enquanto em Ponta Grossa como Latossolo Vermelho distroférico de textura média (BHERING; SANTOS, 2008). O clima segundo a classificação de Köppen, em Londrina é Cfa, ou seja, clima subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão. Já no município de Ponta Grossa o clima é do tipo Cfb, o qual se caracteriza por temperatura média do mês mais frio abaixo de 18 °C e do mês mais quente abaixo de 22 °C, com verões frescos e expressivo risco de geada. Ambos locais não apresentam estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

A seleção dos locais foi realizada a partir do histórico ambiental das regiões, buscando regiões contrastantes. Em Ponta Grossa o ambiente é altamente favorável a produção de sementes, por estar localizada em região de alta altitude e sem temperaturas extremas. Já o município de Londrina não se caracteriza como região preferencial demonstrando certa suscetibilidade à estresses ambientais.

No município de Ponta Grossa, foram conduzidas duas semeaduras, que proporcionaram diferentes ambientes de produção. Deste modo, este trabalho é dividido em dois experimentos. No primeiro avaliou-se a interação de oito genótipos em três condições ambientais, sendo elas: Londrina, Ponta Grossa 1 e Ponta Grossa 2. No segundo experimento foi realizada a caracterização de 47 genótipos dentro do ambiente de produção Londrina. As características dos genótipos utilizados em ambos os experimentos podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos genótipos avaliados no Experimento 1 e Experimento 2

Experimento 1					
Tratamento	Genótipo	Evento genético	Hábito de Crescimento	Grupo de maturação	Ciclo*
1	TMG 7062	Intacta RR2PRO	Semi-determinado	6.2	SP
2	DM 5958RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.8	SP
3	BRS 1010	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.1	P
4	BRS 1003	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.3	P
5	DM 6563RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.3	P
6	BMX LANÇA (58I60RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.8	P
7	DM 54I52RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.4	P
8	95y52	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	5.2	SP
Experimento 2					
1	Delta (59I60RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.9	P
2	DM 66I68RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.6	SMP
3	DM 6458RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.0	P
4	TMG 7067	Intacta RR2PRO	Semi determinado	6.7	SP
5	TMG 7061	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.1	P
6	NA 5909RG	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	6.9	SP
7	BMX POTÊNCIA	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	6.7	SMP
8	BMX POWER (73I70RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	7.3	P
9	M 5947	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.9	P
10	BMX PONTA (7166RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.6	P
11	FTR 4160	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.0	SP
12	M 5705	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.7	P
13	NS 5445	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.4	P
14	M 5917	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.9	P
15	M 7110	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.8	SP
16	CD 2728	Intacta RR2PRO	Indeterminado	7.2	SP
17	BMX ELITE (5855RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.5	P
18	BRB11-7482	N.I	N.I	N.I	N.I
19	FTR 3156	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.6	SP
20	SYN 1562	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.2	SMP
21	BMX DESAFIO (8473RSF)	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	7.4	SMP
22	BRS 413	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	6.2	P
23	BRB14-211566	N.I	N.I	N.I	N.I
24	M 6410	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.4	P
25	TMG 7062	Intacta RR2PRO	Semi determinado	6.2	SP
26	AS 3730	Intacta RR2PRO	Indeterminado	7.3	SP
27	AS 3590	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.9	P
28	BRS 7380	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	7.3	P
29	DM 5958RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.8	SP
30	BRS 1010	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.1	P
31	BRS 1003	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.3	P
32	DM 61I59RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.1	P
33	M 6210	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.2	P
34	BRS 399	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	6.0	P
35	BMX ICONE (68I70RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.8	SMP
36	DM 6563RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.3	P
37	BMX LANÇA (58I60RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.8	P
38	BRS 388	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	6.4	P
39	BRS 1001	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.2	P
40	BRS 433	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	5.8	P
41	BMX TURBO	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	5.8	SP
42	TMG 7063	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.3	SP
43	DM 54I52RSF	Intacta RR2PRO	Indeterminado	5.4	P
44	BRS 1074	Intacta RR2PRO	Indeterminado	7.4	SMP
45	BMX GARRA (63I64RSF)	Intacta RR2PRO	Indeterminado	6.3	P
46	96Y90	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	N.I	P
47	95y52	<i>Roundup Ready</i>	Indeterminado	5.2	SP

* P: Precoce; S: Super-precoces e SMP: Semi-precoces

*N.I: Não Informado

Todos os genótipos utilizados no experimento são comerciais, atuais e recomendados para a região, deste modo foi realizado a seleção dos que predominam o mercado da região, a fim de atender a demanda de informações que se apliquem no cenário da produção atual de soja.

Durante o período de desenvolvimento da cultura foi realizado o levantamento dos dados climático referentes a temperatura do ar mínima, média e máxima, através de medições de valores diários obtidos para Londrina e estimados para Ponta Grossa. A precipitação pluvial para ambos locais foi realizada a partir dos dados diários acumulados (Figuras 2 e 3).

Ambas as áreas de produção foram anteriormente cultivadas com trigo e aveia, portanto, antecedente a instalação dos experimentos realizou-se uma dessecação pré-plantio. A seguir, amostras de solos foram coletadas da camada de 0-20 cm de profundidade para análise das características químicas conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo da camada de 0-20 cm de profundidade da área experimental em Londrina - PR e Ponta Grossa - PR.

C.O.	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m	P	S	Zn
g/dm ³		-----cmolc/dm ³ -----							-----%----		-----mg/dm ³ -----		
Londrina – PR													
13,8	4,6	0,10	4,13	3,25	1,85	0,65	5,7	9,9	58	1,7	42,3	19	6
Ponta Grossa – PR													
14,6	4,7	0,06	4,29	3,75	1,43	0,45	5,6	9,9	57	1,1	17,6	19	3

A instalação do experimento no município de Londrina ocorreu em 25 de outubro de 2017, enquanto para Ponta Grossa 1 e Ponta Grossa 2 as datas, foram respectivamente, 12 de outubro e 8 de novembro de 2017, dentro do período recomendado. Na semeadura foi realizada a adubação com 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 10-20-20 (NPK) e realizada a semeadura mecânica com sementes tratadas e inoculadas. Os tratos culturais, monitoramento e controle químico, durante todo o desenvolvimento da cultura foram realizados de acordo com EMBRAPA (2011).

Figura 2 - Dados diários de temperaturas do ar máximas, médias e mínimas e precipitação pluvial na área experimental do município de Londrina – PR durante o ciclo da cultura da soja.

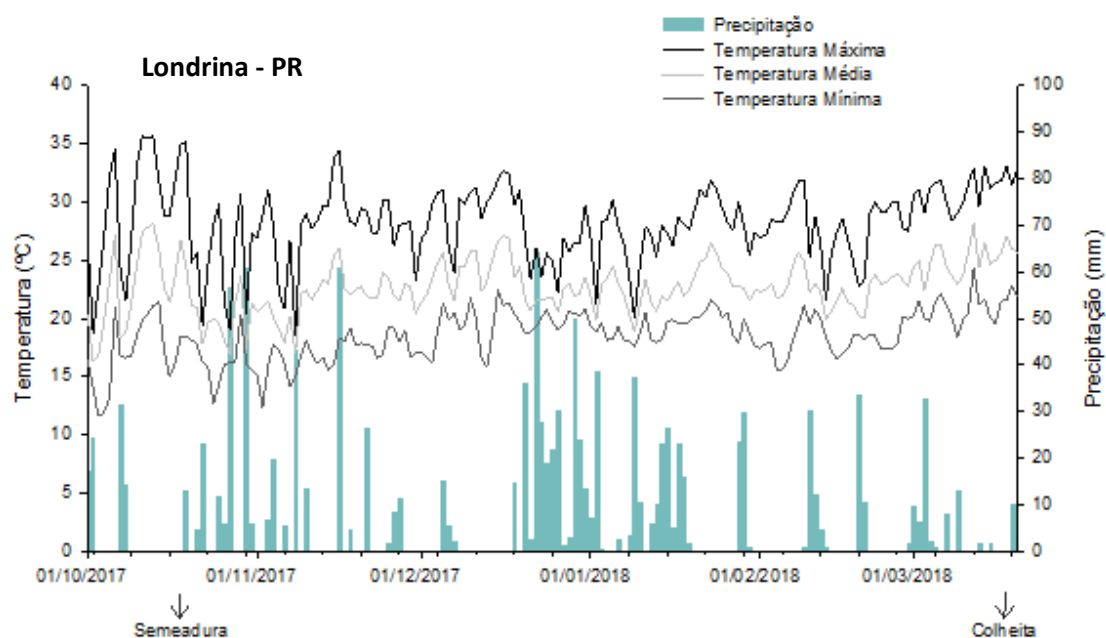
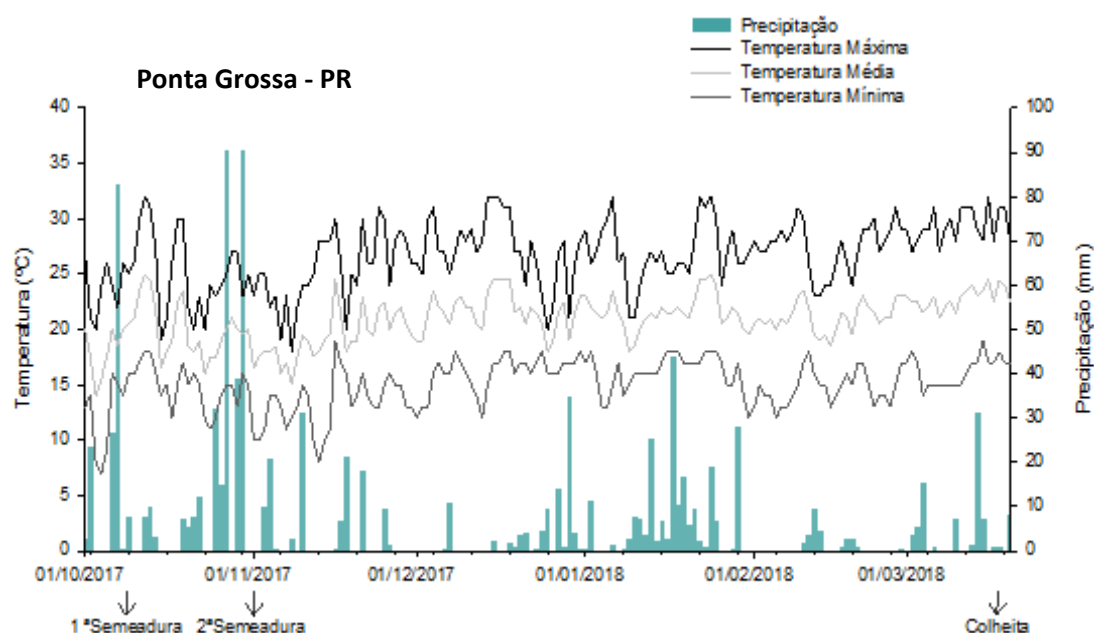


Figura 3 - Dados diários de temperaturas do ar máximas, médias e mínimas e precipitação pluvial na área experimental do município de Ponta Grossa – PR durante o ciclo da cultura da soja.



O delineamento experimental utilizado a campo foi em blocos aumentados, onde cada parcela experimental foi composta por oito linhas de 10 m, espaçadas a 0,45 m. Considerou-se como área útil para a coleta as fileiras centrais e excluiu-se as linhas das extremidades. Realizou-se a coleta manual de 25 plantas inteiras, por parcela, quando estas atingiram o estágio R9, respeitando individualmente o ciclo de cada genótipo. O material vegetal correspondente a cada genótipo foi separado em feixes e levados para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu-SP para a realização das avaliações referente aos componentes de produção e determinação da qualidade das sementes.

3.2 Componentes de Produção e Produtividade

Para fins de avaliação, foram selecionadas 10 plantas aleatoriamente de cada genótipo e avaliadas conforme os itens descritos a seguir:

3.2.1 Altura de inserção da primeira vagem

A altura da inserção da primeira vagem foi determinada pela distância, em centímetros, entre o local marcado correspondente a superfície do solo e a inserção da primeira vagem, realizada com auxílio de uma régua.

3.2.2 Altura de plantas

Determinada pela distância entre o local marcado correspondente a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal e expressa em centímetros.

3.2.3 Número de ramificações e entrenós

Neste caso, foi medido o número de ramificações que saiam da haste principal, assim como o número de entrenós.

3.2.4 Número de vagens por planta

Para esta avaliação, contabilizou-se o número de vagens produzidas para cada planta, individualmente, correspondente ao genótipo.

3.2.5 Número de sementes por vagem

O número de sementes por vagem correspondeu a relação entre o número total de sementes e o número total de vagens de cada planta.

3.2.6 Produtividade

A produção de sementes, em quilos por hectare, foi determinada após colheita das plantas da área útil de cada parcela experimental, com auxílio de colhedora mecânica de parcelas. Posterior realizou-se a pesagem das sementes e a padronização do grau de umidade para 13% em base úmida, determinado pelo do método de estufa conforme descrito no item 3.2.8.

3.2.7 Massa de 1000 sementes

Esta avaliação foi realizada conforme prescrições estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), com modificações. A massa de dez sub amostras de 100 sementes foram determinadas em balança de precisão (0,01 g) e corrigidas considerando-se teor de água de 13% (base úmida). Os resultados foram expressos em gramas e transformados em massa de 1000 sementes.

3.2.8 Teor de água

As sementes de cada lote foram avaliadas quanto ao teor de água de acordo com o método da estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009), de modo que o tempo de secagem foi de 24 horas, com três repetições de 15 sementes e os resultados expressos em porcentagem de água em base úmida.

3.3 Avaliações da qualidade de sementes

Todos os genótipos de soja foram conduzidos até o estágio R9, respeitando individualmente o ciclo de cada um. Das 25 plantas colhidas a campo foram extraídas as sementes manualmente para formação do lote, retirando as sementes imaturas, ou seja, sementes mal formadas. Posteriormente, as sementes foram armazenadas a temperatura de 10 °C e 40 % de umidade relativa (UR), em embalagem de papel. A avaliação da qualidade das sementes de cada genótipo foi realizada conforme descrito a seguir.

3.3.1 Germinação

- Protrusão radicular: As sementes dos diferentes acessos foram submetidas germinação realizada com quatro repetições de 25 sementes, distribuídas uniformemente em placas de Petri, entre papéis filtro e umedecidas com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As placas foram mantidas em germinador regulado à temperatura constante de 25°C e sem fotoperíodo. As leituras foram realizadas diariamente, adotando como critério a protrusão da radícula com comprimento de dois milímetros, sendo os resultados expressos em porcentagem.

- Plântulas Normais: Foi realizado o teste de germinação, com quatro repetições de 50 sementes em substratos de papel toalha umedecidos conforme descrito anteriormente, formando rolos de germinação e submetidos ao germinador com temperatura de 25 °C. As avaliações de germinação foram efetuadas no quinto e oitavo dia, classificando as plântulas a partir de avaliações visuais, conforme descrito pela RAS (BRASIL, 2009). Em seguida, foi determinada, na contagem final, o percentual de plântulas normais, anormais, sementes dormentes e mortas.

3.3.2 Tempo médio para ocorrência de 50% de germinação (T50)

Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada genótipo seguindo a metodologia descrita anteriormente para o teste de protrusão de radícula (item 3.3.1). As avaliações foram realizadas com intervalos de 6 horas, sendo computado o número de sementes que apresentaram protrusão radicular com dois milímetros

de comprimento. O tempo requerido para germinação de 50% das sementes viáveis (T50) foi calculado por meio da análise de dados de germinação acumulada usando o módulo de ajuste de curva do software Germinator (JOOSEN et al., 2010) e os resultados expressos em horas.

3.3.3 Primeira contagem da germinação

Realizado como o procedimento descrito no item 3.3.1, onde no quinto dia após o início do experimento de germinação foi realizada a contagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

3.3.4 Determinação do Comprimento de Plântula e Massa Seca de Plântulas

Foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes por genótipo, dispostas em substratos de papel toalha umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram dispostas sobre linha traçada longitudinalmente no terço superior do papel substrato previamente umedecido, com o hilo voltado para a porção inferior do papel, visando orientar o crescimento da plântula de forma mais retilínea possível (NAKAGAWA, 1999). Os substratos, na forma de rolos, foram mantidos verticalmente em germinador, a 25 °C e ausência de luz para a avaliação do comprimento médio da parte aérea e da raiz primária de todas as 10 sementes colocadas inicialmente, medindo-se as plântulas (normais e anormais) e contabilizando as sementes mortas, decorridos sete dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em centímetros. Após a avaliação do comprimento, a parte aérea foi separada das raízes, identificados e mantidos em estufa de circulação de ar a temperatura de 60 °C até estabilização da massa. Por conseguinte, efetuou-se a pesagem do material em balança de precisão (0,0001 g) resultando na massa média em gramas de matéria seca.

3.3.5 Teste de Tetrazólio

Duas repetições de 50 sementes, para cada genótipo, foram tomadas ao acaso e pré-condicionadas em papel filtro umedecido durante 16 horas a 25 °C. Em seguida, as sementes foram colocadas em copos plásticos e submersas por uma

solução de tetrazólio a 0,075 % durante 180 minutos a 40 °C no escuro. Por fim, as sementes foram lavadas e analisadas individualmente, computando-se as sementes dentro de cada nível de vigor e viabilidade, assim como os possíveis danos conforme metodologia descrita por França Neto e Krzyzanowski (2018).

3.3.6 Longevidade

Para a caracterização da longevidade, inicialmente as sementes tiveram o teor de água equilibrado a 75 % UR a 20 °C por 24 horas e em seguida acondicionadas em caixas herméticas com solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) (Figura 4) e armazenadas a 35 °C e 75 % UR conforme metodologia descrita por Zinsmeister et al. (2016). Sementes foram amostradas durante diferentes momentos de armazenamento (0, 5, 10, 20, 35, 75 e 90 dias) e avaliadas quanto a germinação (protrusão radicular), utilizando quatro repetições de 25 sementes. A partir dos resultados obtidos foi elaborada a curva sigmoide de distribuição da longevidade dos acessos ao longo do armazenamento e a longevidade foi expressa em P_{50} , definida como o tempo (dias) em que o lote de sementes armazenado perde 50 % da viabilidade (ELLIS E ROBERTS, 1980) através do modelo da equação de Logit (CRAMER, 2003).

Figura 4 - Caixa hermética contendo solução saturada de NaCl para avaliação da longevidade de sementes.



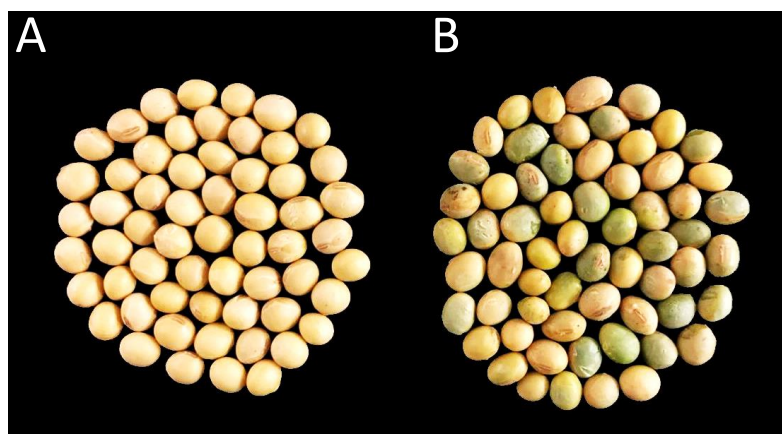
3.3.7 Teste de sanidade

Para avaliação da qualidade sanitária das sementes utilizou-se o método do *blotter test*, conforme descrito por Neergaard (1979). As sementes foram dispostas em gerbox, devidamente desinfetados com hipoclorito de sódio (NaOCl 1,05 %), contendo no seu interior três folhas de papel filtro umedecidas com água destilada e autoclavada. Foram utilizadas cinco caixas plásticas tipo gerbox com 20 sementes e duas repetições, totalizando 200 sementes por genótipo. Posteriormente as caixas contendo as sementes foram levadas a câmara de incubação onde permaneceram por sete dias a temperatura de 20 °C (± 2 °C), sob luz fluorescente contínua. Foi realizada a identificação dos fungos com auxílio de microscópio estereoscópico binocular e microscópio óptico. Os resultados foram expressos em porcentagem de incidência do patógeno.

3.3.8 Incidência de sementes verdes

A incidência de sementes verdes foi determinada visualmente com quatro repetições de 100 sementes. Com auxílio de uma lupa, realizou-se a separação de sementes amarelas (Figura 5A) e sementes verdes (Figura 5B), considerando como verdes, qualquer semente que apresentasse pigmentação esverdeada. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Figura 5 – Determinação da incidência de sementes verdes **A:** Sementes amarelas
B: Sementes verdes.



3.3.9 Determinação do teor de óleo

A determinação do teor de óleo nas sementes foi realizado a partir de um TD-NMR, em espectrômetro (SLK-SG-200 - *SpinLock Magnetic Resonance Solutions*, Malagueño, Córdoba, ARG) a 25 °C, equipado com um ímã permanente de 0,23 T (9 MHz para 1 H) e uma sonda de 13 mm × 30 mm de área útil, utilizando-se o software Condor IDE com a sequência de pulso CPMG com Qdamper em base seca (BS %) (COLNAGO et al., 2011). Os resultados foram expressos em porcentagem média de três repetições.

3.4 Análise dos resultados

As análises das componentes principais e da correlação de Pearson foram realizadas a partir do software Minitab 16. Para a primeira correlação utilizou-se a porcentagem de sementes verdes como variável dependente, já na segunda utilizou-se a somatória de dias em que a temperatura do ambiente de produção ficou acima de 30 °C, para ambos casos as variáveis independentes foram a qualidade de sementes. Na análise de variância, quando detectados efeitos significativos ($P < 0,05$), realizou-se a comparação das médias dos tratamentos através do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade utilizando o programa computacional AgroEstat.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. 1 Experimento 1: Interação genótipo x ambiente nos componentes de produção e qualidade de sementes de soja

Foi realizada para os oito genótipos produzidos em três ambientes (Londrina, Ponta Grossa 1 e Ponta Grossa 2) a análise dos componentes principais (ACP), a partir das médias das avaliações dos parâmetros de qualidade de sementes (germinação, vigor, longevidade, porcentagem de sementes verdes e teor de óleo) e componentes de produção.

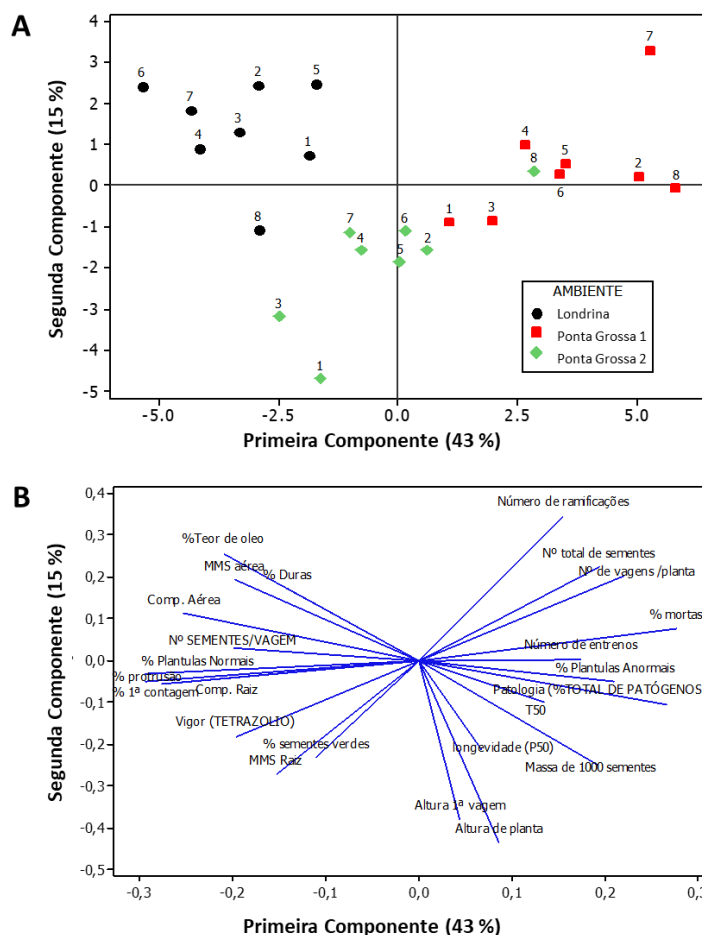
Na Figura 6A observa-se a formação de três grupos bem definidos em função do ambiente de produção, deixando claro o efeito do ambiente na qualidade de sementes. Além disso, ressalta-se que os ambientes de produção se distinguem, de modo que os mesmos genótipos distanciam entre si e agrupando-se dentro do mesmo ambiente.

Os dados climáticos (temperatura e precipitação pluvial) observados para estes locais (Figuras 2 e 3), reforça o que foi verificado pela análise das componentes principais, em que as condições de desenvolvimento foram distintas separando os genótipos em grupos de acordo com o ambiente de produção. Ressalta-se aqui, a influência do ambiente no desenvolvimento de soja, onde o efeito do ambiente parece ser mais relevante do que o potencial intrínseco do genótipo, tendo em vista que o agrupamento ocorreu por ambiente de produção.

A Figura 6B por sua vez, mostra a projeção vetorial das diferentes variáveis e a partir da análise do seu comportamento é possível estabelecer associações e verificar sua contribuição, cujo autovalores são apresentados na Tabela 3.

Na APC foram consideradas a primeira e segunda componente, sendo que a primeira responde por 43% e a segunda 15% de representação de percentual da variância dos dados e juntas explicam 58% da variância. Com base nos resultados obtidos pela análise das componentes principais, os respectivos autovalores e porcentagens de variância explicada e acumulada estão apresentados na Tabela 3.

Figura 6 - Análise das componentes principais das médias das avaliações de componentes de produção e de qualidade de sementes para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.



Nota: 1:TMG 7062; 2: DM 5958RSF; 3: BRS 1010; 4: BRS 1003; 5: DM 6563RSF; 6: BMX LANÇA; 7: DM 54i52RSF; 8: 95y52.

Foram consideradas como relevantes, as variáveis que apresentaram as cargas de valor absoluto superior a 0,23. Diante de sua contribuição na primeira componente foram selecionadas as variáveis: plântulas normais (-0.294), sementes mortas (0.277), protrusão radicular (-0.260), 1ª contagem da germinação (-0.294), comprimento de raiz (-0.277) e de parte aérea (-0.253) e sanidade (0.267). Enquanto que na segunda componente foram selecionadas as variáveis: Altura de planta (-0.437), altura de inserção de 1ª vagem (-0.380), número de ramificações (0.345), massa de 1000 sementes (-0.250), porcentagem de óleo (0.257), massa de matéria seca de raiz (-0.272) e porcentagem de sementes verdes (-0.232), como pode ser observado a seguir.

Tabela 3 - Variáveis, autovalores, variação explicada e acumulada ao longo das duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2) para oito genótipos produzidos em três ambientes.

Variável	Componentes	
	PC1	PC2
Altura de planta	0.086	-0.437
Altura 1º vagem	0.044	-0.380
Nº de entrenós	0.175	0.003
Nº de ramificações	0.155	0.345
Nº de vagens/plantas	0.221	0.204
Nº total de sementes	0.193	0.224
Nº de sementes/vagem	-0.199	0.029
Massa de 1000 sementes	0.193	-0.250
Teor de óleo	-0.209	0.257
% Plântulas normais	-0.294	-0.032
% Plântulas anormais	0.210	-0.051
% Sementes mortas	0.277	0.075
% Sementes Duras	-0.141	0.171
% de protrusão	-0.260	-0.052
1ª Contagem da germinação	-0.294	-0.050
T ₅₀	0.134	-0.100
Comprimento Raiz	-0.277	-0.058
Comprimento Parte aérea	-0.253	0.112
MMS Raiz	-0.153	-0.272
MMS Parte Aérea	-0.198	0.193
Vigor (tetrazólio)	-0.197	-0.182
% de sementes Verdes	-0.111	-0.232
Total de Infecção	0.267	-0.105
Longevidade (P ₅₀)	0.067	-0.214
Autovalores	10.491	3.601
Variação explicada	0.437	0.150
Variação acumulada	0.437	0.587

Com as variáveis mais influentes, selecionadas pela PC1 e PC2 foi realizada análise conjunta de experimento. Neste estudo, o efeito de genótipos indica que há variabilidade para a seleção de materiais e o efeito de ambientes indica a variabilidade entre locais. Estes fatos são importantes para tornar o processo de recomendação de cultivares mais eficiente considerando o ambiente de produção. Já a ocorrência de interação mostra uma resposta diferencial de cada genótipo frente as mudanças de ambiente de produção.

Algumas variáveis que não foram selecionadas pelas componentes principais têm importância para caracterizar a qualidade fisiológica e auxiliam na discussão dos resultados, de modo que as avaliações referentes a porcentagem de plântulas

anormais, longevidade e tetrazólio também são apresentadas neste trabalho. A Tabela 4 apresenta os valores de significância para a interação observada na análise conjunta do experimento e as médias comparadas a partir do desdobramento das interações.

Tabela 4 - Valores de significância para interação observada na análise conjunta das variáveis selecionadas pelas componentes principais de oito genótipos de soja em três ambientes de produção.

Variável	Valor de F
Altura de Plantas	12,35**
Altura da 1ª vagem	4,56**
Número de ramificações	12,77**
Massa de 1000 sementes	7,83**
Teor de óleo	3,82**
Sementes verdes (%)	60,46**
Plântulas normais (%)	13,01**
Plântulas anormais (%)	11,89**
Sementes mortas (%)	15,79**
Protrusão (%)	13,59**
1ª Contagem	13,55**
Comprimento da raiz	4,51**
Comprimento da Parte aérea	5,20**
Massa de matéria seca de raiz	7,02**

**p<0,01

Na Tabela 5 são apresentadas as avaliações de componentes de produção de oito genótipos produzidos em três diferentes ambientes. Nota-se que todos os genótipos obtiveram respostas superiores para altura de planta no ambiente de Ponta Grossa 2, enquanto a cidade de Londrina teve médias inferiores para altura. Porém, os genótipos BRS 1010 e TMG 7062 apresentaram maior altura de planta independentemente do ambiente de produção.

Plantas que apresentam altura variando entre 60 e 120 cm são consideradas adequadas para a colheita mecanizada (REZENDE; CARVALHO, 2007; RIBEIRO et al., 2017). Assim, os valores médios observados para o genótipo BRS 1010 e TMG 7062, foram adequados para a colheita mecanizada para todos os locais de produção. Segundo Sedyama et al. (1999) valores inferiores a 60 cm podem resultar em perdas na colheita e em consequência reduzir os ganhos dos produtores. Já

Silveira e Conte (2013) relatam que plantas baixas (menor que 50 cm) favorece a formação de vagens mais próximas ao solo, de modo que estas ficam abaixo do nível da barra de corte e permanecem na parte remanescente do caule após a colheita. Neste sentido, nenhum genótipo produzido na cidade de Ponta Grossa obteve médias inferiores a 60 cm, porém, quando produzidos em Londrina, os genótipos DM 5958RSF, BRS 1003, DM 6563RSF, BMX LANÇA, DM 54i52RSF E 95Y52 tiveram altura inferiores ao desejado, o que poderia resultar em maiores perdas no processo de colheita mecanizada.

Sediyama et al. (1999) discute que o aumento de temperaturas médias, em especial as noturnas ocasionam rápido período de crescimento vegetativo, enquanto temperaturas inferiores normalmente retardam o florescimento em até três dias, para cada decréscimo de 0,5 °C. Portanto, a altura de planta em soja é condicionada pela duração do período vegetativo (DESTRO et al. 2001), desta maneira, as temperaturas em torno de 23 °C observadas em Londrina durante o período de desenvolvimento vegetativo das plantas, podem ter contribuído para o florescimento precoce dos genótipos estudados, enquanto a temperatura média para ambos ambientes de Ponta Grossa foram quase 2 °C menores. Além disso, a altitude elevada de Ponta grossa (865 m) contribui para temperaturas mais amenas durante a noite, já relatadas como garantia para bom crescimento vegetativo, onde latitudes acima de 24° sul proporcionam condições climáticas mais propícias para o desenvolvimento de soja como é observado para o município de Ponta Grossa (FRANÇA NETO, 2007).

A altura de planta é uma das características que mais varia com diferentes épocas de semeadura e ambientes (SILVEIRA NETO, 2005) e os dados observados neste trabalho demonstram que as cultivares de soja respondem diferentemente a esta característica, podendo ser função da duração do período juvenil ou do hábito de crescimento (GARCIA et al., 2007). A altura de inserção da primeira vagem de soja é outra característica agrônômica importante à operação de colheita mecânica dos grãos. Para este parâmetro (Tabela 5) também foram observados maiores resultados quando os genótipos foram produzidos em Ponta Grossa.

Tabela 5 - Análise conjunta das avaliações de componentes de produção e teor de óleo para oito genótipos de soja em três ambientes de produção.

Genótipos	Altura de plantas (cm)			Altura da 1ª vagem (cm)			Número de ramificações			Massa de 1000 sementes (g)			Teor de óleo (%)		
	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2
TMG 7062	66,3 Ca	87,6 Bb	108,4 Aa	17,1 Ba	17,1 Ba	26,9 Aa	5,3 Aa	5,2 Ab	0,6 Bb	185 Cb	223 Ab	201 Ba	24,13 Ae	22,03 Bc	21,73 Be
DM 5958RSF	55,6 Cb	80,8 Bc	89,5 Ab	10 Cc	18,5 Aa	15,5 Bc	5,5 Aa	4,7 Ab	0,4 Bb	140 Cc	197 Ac	181 Bb	25 Ad	21,6 Cd	22,3 Bd
BRS 1010	63,1 Ca	99,7 Ba	112,5 Aa	13,7 Bb	17 Aa	19,5 Ab	2,6 Ab	3,5 Ac	0 Bb	150 Bc	190 Ac	181 Ab	27,13 Aa	22,43 Bb	22,73 Bc
BRS 1003	57,8 Cb	72,1 Bd	89 Ab	10,7 Bc	13 Bb	17,1 Ac	1 Bc	4,5 Ab	2,1 Ba	125 Cd	173 Ad	159 Bd	25,7 Ac	22,93 Ca	23,73 Ba
DM 6563RSF	56,2 Cb	81,7 Bc	90,7 Ab	13,3 Bb	16,9 Aa	18,5 Ab	3,6 Bb	6,6 Aa	0,6 Cb	133 Bd	188 Ac	188 Ab	26,47 Ab	22,63 Ca	23,27 Bb
BMX LANÇA	48,9 Cc	75 Bd	85,1 Ab	9,6 Bc	14,9 Aa	17,4 Ac	3,1 Bb	5,1 Ab	2,4 Ba	129 Bd	171 Ad	171 Ac	23,97 Ae	20,83 Ce	21,43 Be
DM 54i52RSF	49,3 Cc	69,3 Be	77,5 Ac	8,5 Bc	13,2 Ab	15,7 Ac	3 Bb	7,6 Aa	2,8 Ba	132 Cd	175 Ad	159 Bd	26,53 Ab	22,43 Bb	22,53 Bc
95y52	58 Cb	64,4 Be	69,7 Ad	9,5 Ac	9,1 Ac	10,7 Ad	1,4 Bc	3,5 Ac	3,4 Aa	216 Ba	252 Aa	208 Ba	22 Af	20,87 Ce	21,57 Be

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott com 5 % de significância.

O genótipo TMG 7062 foi o que obteve a maior média (26,9 cm) quando produzido em Ponta Grossa 2 que corresponde a 2,57 % maior em comparação aos outros dois locais. Queiroz et al. (1981) discutem que valores de altura de inserção de primeira vagem devem ser de no mínimo 13 cm. Amorim et al. (2011) relatam que acima de 12 cm, já é suficiente para reduzir as perdas na colheita. Esta característica tem relação à regulação da altura da barra de corte da colhedora visando alcance da máxima eficiência durante esse processo. Segundo Sedyama et al. (1999), para não haver perda na colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana, como é o caso dos locais desse estudo. O genótipo 95y52 em qualquer ambiente produzido não atingiu a altura mínima necessária para a operação de colheita, enquanto BMX LANÇA e DM54i52 RSF também não obtiveram altura mínima de 10 cm no experimento conduzido na cidade de Londrina.

Para o número de ramificações, dentro do município de Ponta Grossa houve grande variação quando produzidos nos dois diferentes ambientes. Ponta Grossa 1, seguido da cidade de Londrina apresentou médias superiores, Ponta Grossa 2, de modo geral, obteve menor número de ramificações formadas, chegando a ser menor que um em 50% dos genótipos. Board e Settimi (1986) afirmaram que no período compreendido entre o início da floração e do enchimento de grãos, dois terços dos ramos são formados. Portanto, fotoperíodos mais curtos, como possivelmente ocorreu no segundo ambiente de Ponta Grossa, tendo em vista que foi realizado semeadura mais tardia, abreviaram o período entre R1 e R5, e com ele o número de ramos.

Os genótipos de soja respondem de maneira distinta a esta característica (KANTOLIC et al., 2001). Zanon et al. (2015a) observaram que plantas expostas a dias longos têm sua capacidade na emissão de ramificações elevada. Do mesmo modo, em semeaduras mais tardias, como ocorreu para Ponta Grossa 2, o número de ramificações é menor, pois ocorre a redução do fotoperíodo e consequentemente o menor período vegetativo (SINCLAIR et al., 2005)

Ocorreu ainda, na época entre a floração e o enchimento de grãos precipitações pluviais médias mais baixas em Ponta Grossa, o que resultou numa condição de maior restrição hídrica (Figura 3). Já na cidade de Londrina, ocorreu adequada distribuição de chuvas neste período, possibilitando o maior número de ramificações. A obtenção de altos rendimentos de grãos na cultura da soja não depende do

número de ramificações (QUEIROZ et al., 1978), contudo, há evidências que a variação nesse caracter morfológico afeta diretamente o índice de área foliar (IAF) e, consequentemente, a resposta sobre a produtividade (ZANON et al., 2015b). Alguns autores atribuem o aumento de perdas na colheita à medida que aumentam as ramificações, devido à quebra de ramos que não são recolhidos pela colhedora (SILVEIRA; CONTE, 2013).

O mesmo comportamento para o número de ramificações foi também observado para a massa de 1000 sementes. Os genótipos quando produzidos em Ponta Grossa 1 resultaram em sementes com maior massa. Em todos os ambientes os genótipos TMG 7062 e 95y52 obtiveram maiores médias. A massa de mil sementes já foi discutida por oscilar de acordo com a época de semeadura, onde no Paraná épocas em janeiro e fevereiro reduzem a massa das sementes produzidas (BORNHOFEN et al. 2015; BRACCINI et al, 2004). Contudo, nesse estudo a época de semeadura variou apenas em 27 dias, o que pode indicar que a mudança da massa está relacionada à diferença de ambiente de produção.

Henning et al. (2010) observaram que sementes mais vigorosas têm maiores valores de massa em comparação às sementes de menor vigor. Deste modo, prioriza-se a obtenção de sementes mais pesadas, pois quanto maior a massa, maior será o teor de reservas e o vigor das plântulas originadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Apesar desta variável poder ser alterada com as diferentes práticas de manejo e condições ambientais, a amplitude do valor da massa de mil sementes não é elevada, visto que esta é uma característica controlada geneticamente, como observado para sementes de trigo (GUARIENTI et al., 2005).

Quando se compara os ambientes de produção, as sementes produzidas em Londrina resultaram em maior teor de óleo, seguido de Ponta Grossa 2. O genótipo BRS 1010 apresentou maior teor de óleo (27,13 %) quando produzido em Londrina. Entretanto, nos dois ambientes de Ponta Grossa os maiores teores foram observados nos genótipos BRS 1003. Além dos fatores genéticos, o teor de óleo em sementes de soja também é fortemente influenciado pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento das sementes (WILCOX; CAVINE, 1992; RAO et al., 1993). A antecipação na semeadura propicia condições climáticas que tendem a aumentar os teores de óleo e reduzir os de proteínas (ALBRECHT et al., 2008).

O alto conteúdo de óleo está positivamente correlacionado com a disponibilidade de água (CANDOGAN et al., 2013). Portanto, quando se analisa a disponibilidade

hídrica (Figuras 2 e 3) durante o período de enchimento de sementes (40 a 64 DAF), no qual a maior parte do óleo é formado (RUBEL et al., 1972), observa-se para o experimento conduzido no município de Londrina maior precipitação acumulada, modificando sua composição bioquímica (BRUNO et al., 2015) o que pode ter acarretado em maior quantidade de óleo nas sementes produzidas. Além disso, geralmente a soja apresenta teor de óleo mais elevado quando cultivada em ambientes mais quentes (BARROS; SEDIYAMA, 2009), sendo esta condição também observada em Londrina durante a condução deste trabalho. Sementes de soja de mesma ou diferentes cultivares, podem variar quanto à composição química devido ao cultivo em diferentes condições ambientais (DELARMELINO-FERRARESI et al. 2014) o que também pode ser observados neste estudo.

De maneira geral, a interação significativa entre cultivares e locais de produção para os componentes de produção da planta, massa de mil sementes e teor de óleo observados neste trabalho, evidenciaram que as cultivares apresentaram desempenho não consistente, ou seja, o ambiente de produção influenciou no resultado do genótipo, sendo que o genótipo TMG 7062 se destacou dos demais para estas características. Segundo Komori et al. (2004) muitos cultivares estão disponíveis no mercado apresentando grande diversificação, principalmente quanto à interação genótipo x ambiente e, por esse motivo, é desejável que os produtores tenham conhecimentos mais aprofundados dos cultivares disponíveis em diferentes ambientes de produção.

A produtividade de sementes avaliada a campo é observada na Tabela 6. Os dados foram obtidos através da coleta total da área experimental, portanto são apresentados em produtividade real, possibilitando observar que houve variação na resposta do genótipo para esta avaliação particularmente em cada ambiente de produção. O genótipo TMG 7062, por exemplo, apresentou maiores números de produtividade no ambiente de Ponta Grossa 1, enquanto o DM5958 obteve maior valor no ambiente do município de Londrina. De maneira geral houve pouca variação de produtividade entre os ambientes de produção.

Tabela 6 - Produtividade de sementes de oito genótipos de soja produzidos em três ambientes

Genótipo	Protuvidade (kg/ha)		
	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2
TMG 7062	4320	4754	4025
DM 5958RSF	4552	4487	4321
BRS 1010	4120	4389	4201
BRS 1003	4987	5122	5124
DM 6563RSF	4050	5087	4820
BMX LANÇA (58I60RSF)	3987	4321	3854
DM 54i52RSF	4122	4986	3789
95y52	4265	4274	4358

Os teores de água inicial das sementes não variaram para os genótipos em todos os locais de produção, deste modo foi observado a média em porcentagem de teor de água para Londrina, Ponta Grossa 1 e Ponta grossa 2, respectivamente: 7,0 %; 7,2 %; 7,0 %. Os valores de porcentagem de sementes verdes são observados na Tabela 7 e oscilaram de zero a 13,25 % em Londrina, de zero a 1,25 % para Ponta Grossa 1 e de zero a 19,75 % para Ponta Grossa 2, este proporcionou maior média de sementes verdes (5,68 %).

Pádua et al. (2009) relataram que a produção de sementes de soja verde pode variar de 9 % a 86 %, dependendo da gravidade do estresse imposto. Estes fatos confirmam que a influência das diferentes condições ambientais é crucial na expressão do genótipo, modificando sua porcentagem final.

Tabela 7 - Porcentagem de sementes verdes em diferentes genótipos de soja produzidos em Londrina e Ponta Grossa.

Genótipo	Sementes Verdes (%)		
	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2
TMG 7062	0 Bd	0 Ba	19,75 Aa
DM 5958RSF	7,75 Ab	1 Ba	0,25 Be
BRS 1010	1 Bd	0,25 Ba	8 Ac
BRS 1003	13,25 Aa	0 Ba	13,5 Ab
DM 6563RSF	0,5 Bd	0 Ba	4 Ad
BMX LANÇA (58I60RSF)	0 Ad	0 Aa	0 Ae
DM 54i52RSF	3 Ac	1,25 Ba	0 Be
95y52	0 Ad	0 Aa	0 Ae

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott com 5 % de significância.

De acordo com levantamento da Embrapa (2017), na safra agrícola brasileira de 2015/2016 foi observado para cidade de Ponta Grossa média zero para a porcentagem de sementes verdes, enquanto Londrina obteve média de 0,29 %. Contudo os autores demostram que o percentual médio nacional de sementes verdes presentes no lote de soja foi considerado baixo nesta safra (0,6 %). Já na safra 2016/2017 Ponta Grossa obteve média geral de 0,02 % e máxima de 0,25%, enquanto Londrina apresentou média de 0,30 % e máxima de 2% (EMBRAPA, 2018).

Os resultados sobre a porcentagem de sementes verdes da safra 2017/2018, aqui estudados, foram superiores em ambos municípios quando comparado às safras anteriores. Tal fato se deve a condição climática adversa nesta safra (2017/2018) onde ocorreram alguns problemas no sul do País (EMBRAPA, 2018). Houve relatos de queda no rendimento de soja, resultado das chuvas irregulares, principalmente o excesso delas em alguns meses na safra 2016/2017, que propiciaram o desenvolvimento de muitas doenças, inclusive ferrugem asiática (CONAB, 2018) e estes fatos possivelmente contribuíram para a formação de sementes esverdeadas em porcentagens superiores, observado neste trabalho.

O zoneamento agrícola para o estado do Paraná (COSTA et al. 2005) mostra que a cidade de Londrina é considerada medianamente favorável à produção de sementes de soja, sendo suscetível a estresses ambientais e a formação de sementes verdes. O que surpreende foi que o resultado observado para Ponta Grossa 2 apresentou maior média geral para porcentagem de sementes verdes, mas, acredita-se que este valor é atribuído a menor disponibilidade hídrica, com 394 mm a menos do que Londrina durante a fase reprodutiva da cultura (Figura 2 e 3).

Luccas (2018) afirma que embora existam indicações de regiões mais adequadas a produção de sementes de soja, devido a menor exposição aos riscos climáticos, a retenção de clorofila pode ser associada a questões pontuais como a ocorrência de estresses ambientais no momento em que a fase de maturação das sementes está ocorrendo. Alguns genótipos, como BMX LANÇA e 95y52, independente do ambiente de produção não apresentaram retenção de clorofila. Isto é devido a uma possível tolerância do genótipo, importante na seleção de materiais que exibem esta característica.

Pesquisas anteriores demostraram que a presença de sementes verdes de soja em lotes de sementes leva ao comprometimento da qualidade para fins comerciais

(PÁDUA et al., 2007; ZORATO et al., 2007; PÁDUA et al., 2009; RANGEL et al., 2011; FRANÇA-NETO et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2016), em que a presença de níveis superiores a 9 % de sementes verdes diminuem a qualidade fisiológica (PÁDUA et al., 2007). Luccas (2018) observou correlação entre a porcentagem de sementes verdes e diversos parâmetros de qualidade fisiológica de sementes, diferentemente do que foi observado neste estudo (Tabela 8).

As análises de correlações simples entre os parâmetros de qualidade de sementes e a porcentagem de sementes verdes dos genótipos são apresentadas na Tabela 8. De acordo com Ferreira (2000), o coeficiente de correlação de Pearson (r) indica a força da relação entre duas variáveis que pode variar de -1 a +1. O sinal negativo ou positivo determina a direção da correlação e o valor sugere o grau de relação entre as variáveis. Apesar de alguns casos ser significativa, não foi observada correlação que expressasse influência da porcentagem de sementes verde em nenhum dos ambientes estudados para os parâmetros avaliados, sendo eles: porcentagem de plântulas normais, anormais, porcentagem de sementes mortas e duras, porcentagem de protrusão, primeira contagem da germinação, T_{50} (dias), comprimento de raiz e parte aérea, massa de matéria seca da raiz e parte aérea e P_{50} (dias).

Tabela 8 - Correlação simples da porcentagem de sementes verdes e parâmetros de qualidade de sementes para genótipos produzidos em três ambientes.

Variável independente	Sementes verdes (%) como variável dependente					
	Londrina		Ponta Grossa 1		Ponta Grossa 2	
	r	p	r	p	r	p
Plântulas normais (%)	0,43	0,01	-0,4	0,02	0,58	0
Plântulas anormais (%)	-0,39	0,03	0	1	-0,54	0
Sementes mortas (%)	-0,32	0,08	0,38	0,03	-0,42	0,02
Sementes duras (%)	-0,02	0,93	0	1	0	1
Protrusão (%)	0,29	0,1	-0,2	0,27	0,33	0,07
1ª contagem (%)	0,39	0,03	-0,37	0,04	0,66	0
T_{50} (dias)	-0,39	0,03	-0,29	0,11	0,08	0,68
Comprimento Raiz (cm)	-0,42	0,02	-0,36	0,04	0,31	0,09
Comprimento parte aérea (cm)	-0,45	0,01	-0,33	0,06	0,21	0,24
Massa de matéria seca da raiz (g)	-0,29	0,11	-0,49	0	0,41	0,02
Massa de matéria seca da parte aérea (g)	-0,19	0,29	0,16	0,38	0,31	0,08
P_{50} (dias)	-0,298	0,474	-0,336	0,416	-0,326	0,43

* r : Grau de correlação (acima de 0,7 indica correlação); p : probabilidade de significância.

De maneira geral as porcentagens de sementes verdes encontradas neste estudo foram baixas, sendo o maior valor de 19,5 % para o genótipo TMG 7062 quando produzido apenas em Ponta Grossa 2. A maioria dos genótipos não apresentou nenhuma porcentagem de sementes verdes, portanto, não foi possível observar a influência deste parâmetro sobre a qualidade de sementes. Além disso, a maioria dos estudos realizados com sementes verdes manipula a amostragem para realização das avaliações, a fim de que todas elas sejam feitas com a porcentagem de sementes verdes original determinada no lote (COSTA et al., 2001; LUCCAS, 2018), o que não foi o caso deste estudo. Aqui, trabalhou-se com o lote original, retirando-se aleatoriamente as sementes para realização dos testes de qualidade, já que o objetivo era avaliar o potencial do genótipo em diferentes ambientes. Zoratto et al. (2007) trabalhando com lote original e a porcentagem manipulada observaram resultados diferentes, onde o lote original não diferiu estatisticamente em relação ao vigor quando comparados a sementes amarelas, o que apoia os resultados obtidos neste estudo.

Na Tabela 9 observam-se as porcentagens de plântulas normais, anormais, sementes mortas e germinação (protrusão radicular) para os genótipos nos três ambientes de produção. Todos os genótipos quando produzidos em Ponta Grossa 1 e 2 obtiveram menor germinação, apenas o genótipo TMG 7062 não diferiu estatisticamente entre os ambientes de produção, isto demonstra certa estabilidade genotípica. O ambiente de produção Ponta Grossa 1 obteve os menores resultados de germinação, maiores de plântulas anormais e sementes mortas.

De maneira geral, os dados referentes a germinação (protrusão radicular) são similares ao observados para plântulas normais, com porcentagens um pouco superiores. Para Marcos Filho (2015), a germinação é o processo que culmina com a protrusão da raiz primária, diferente da avaliação da germinação por plântulas normais, neste caso considera-se qualquer sinal de protrusão da radícula maior que 3 mm, considerando deste modo também as plântulas que seriam classificadas como anormais no outro teste.

Os testes de vigor seguem o mesmo padrão observado para germinação, de modo que quando se compara os ambientes de produção Londrina obteve as maiores médias, seguido por Ponta Grossa 2 e Ponta Grossa 1. Observa-se também que a cultivar TMG 7062, tanto na primeira contagem do teste de germinação, como no comprimento de raiz e parte aérea, em todos ambientes de produção apresentou

desempenho superior. Este material também obteve destaque nas análises de componentes de produção, ressaltando sua boa adaptabilidade frente as diversas condições ambientais. Todavia esta cultivar apresentou, no ambiente de produção de Ponta Grossa 2, alta porcentagem de sementes verdes, indicando ser um genótipo com certa suscetibilidade a retenção de clorofila nas sementes.

Para massa de matéria seca de raiz, tanto o genótipo quanto o ambiente resultaram em baixa variação entre eles. Os genótipos BMX LANÇA e 95y52 que apresentaram maior comprimento de raiz responderam com maior massa, mas essa relação não se aplica a todos os genótipos.

O estabelecimento bem-sucedido de plântulas em espécies epígeas, como a soja, depende do forte e rápido alongamento do hipocótilo e do sistema radicular que é sustentado pela mobilização de reservas até que inicie a fotossíntese (LILLEY et al. 2012 ZHONG et al., 2014, LIMA et al., 2015). Assim, após a emergência, o crescimento inicial da plântula é essencial a fim de auxiliar o estabelecimento (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). Portanto, genótipos que exibem boa resposta para avaliações de crescimento e conteúdo de reserva, como massa de matéria seca, são importantes para estimar o vigor e desempenho desses materiais. Martins et al., (2016) afirmam que a massa de matéria seca de plântulas é um dos testes que podem ser utilizados para a seleção de linhagens de soja como sementes de maior vigor.

Tabela 9 – Avaliação da porcentagem de germinação (plântulas normais e protrusão radicular), plântulas anormais e sementes mortas, para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.

Genótipos	Plântulas Normais (%)			Plântulas Anormais (%)			Sementes Mortas (%)			Protrusão (%)		
	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2
TMG 7062	80,5 Ab	73,5 Aa	87 Aa	18,5 Aa	20,5 Ac	11,5 Ad	1 Aa	6 Ae	1,5 Ab	98 Aa	90 Aa	99 Aa
DM 5958RSF	92,5 Aa	13 Cc	40,5 Bd	7 Cb	23,5 Bc	41 Ab	0,5 Ca	63,5 Aa	18,5 Ba	100 Aa	20 Cc	77 Bb
BRS 1010	86 Aa	40,5 Cb	73,5 Bb	11 Bb	33,5 Ab	25,5 Ac	2,5 Ba	26 Ad	1 Bb	92 Aa	84 Aa	100 Aa
BRS 1003	91,5 Aa	34 Cb	58 Bc	8 Cb	45 Aa	27 Bc	0 Ba	21 Ad	15 Aa	99 Aa	86 Ba	83 Bb
DM 6563RSF	70 Ab	32 Cb	55,5 Bc	20 Aa	30 Ac	23,5 Ac	10 Ca	38 Ac	21 Ba	87 Aa	48 Bb	76 Ab
BMX LANÇA	88 Aa	38 Cb	61,5 Bc	9,5 Bb	25,5 Ac	32,5 Ac	0,5 Ba	43,5 Ac	6 Bb	100 Aa	53 Bb	89 Aa
DM 54i52RSF	94 Aa	12,5 Cc	69 Bb	6 Cb	34 Ab	19 Bd	0 Ca	53,5 Ab	12 Ba	99 Aa	60 Bb	96 Aa
95y52	85,5 Aa	6 Cc	21,5 Be	11,5 Cb	28 Bc	61,5 Aa	3 Ca	66 Aa	17 Ba	97 Aa	18 Cc	79 Bb

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott com 5 % de significância.

Tabela 10 - Avaliações de vigor para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.

Genótipos	1ª contagem da germinação			Comprimento Raiz (cm)			Comprimento Parte Aérea (cm)			MMS Raiz (g)		
	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2	Londrina	Ponta Grossa 1	Ponta Grossa 2
TMG 7062	79,5 Aa	32,5 Ba	80 Aa	16,68 Aa	9,48 Ba	11,78 Ba	10,77 Aa	8 Ba	6,80 Ba	0,7421 Bb	0,8761 Aa	0,8474 Aa
DM 5958RSF	83 Aa	5 Cc	35,5 Bc	14,39 Aa	3,10 Cb	9,82 Bb	11,94 Aa	2,26 Bb	4,60 Bb	0,6868 Ab	0,6418 Ac	0,7224 Ab
BRS 1010	82 Aa	37 Ca	70 Ba	12,19 Ab	8,14 Ba	15,24 Aa	8,03 Ab	4,13 Bb	6,83 Aa	0,6553 Bb	0,7617 Ab	0,8011 Aa
BRS 1003	88,5 Aa	24,5 Ca	55,5 Bb	11,25 Ab	5,81 Bb	12,10 Aa	6,07 Ab	3,90 Bb	6,59 Aa	0,7122 Ab	0,7125 Ab	0,8132 Aa
DM 6563RSF	45,5 Ab	16,5 Bb	48 Ab	12,98 Ab	9,43 Ba	12,71 Aa	11,04 Aa	6,55 Ba	6,51 Ba	0,6526 Bb	0,7488 Ab	0,7860 Aa
BMX LANÇA	75 Aa	29 Ca	50 Bb	15,06 Aa	5,63 Cb	9,89 Bb	11,26 Aa	3,16 Cb	5,69 Bb	0,9052 Aa	0,7145 Bb	0,7364 Bb
DM 54i52RSF	84 Aa	7,5 Cc	57 Bb	15,69 Aa	3,88 Bb	12,53 Aa	13,27 Aa	2,41 Cb	7,39 Ba	0,7812 Ab	0,5574 Bd	0,8434 Aa
95y52	81,5 Aa	3 Cc	17 Bd	17,47 Aa	4,09 Bb	7,12 Bb	10,82 Aa	3,33 Bb	4,45 Bb	0,9059 Aa	0,6852 Bc	0,6708 Bb

Os baixos resultados de germinação (plântulas normais e protrusão) e vigor (1ª contagem da germinação, comprimento de raiz e de parte aérea e massa de matéria seca de raiz) para os ambientes de Ponta Grossa pode ser devido aos altos índices pluviais observados na pré-colheita neste ambiente (Figura 3), onde a soma da precipitação nos últimos dez dias, anterior a colheita, foi de 58 mm enquanto que para Londrina foi apenas 15 mm. Em paralelo, houve alta incidência de patógenos que pode ter prejudicado o resultado final da germinação e do vigor, resultando em baixa qualidade das sementes produzidas em Ponta Grossa (Tabela 10).

Excessos de chuva no final do ciclo da cultura da soja levam a prejuízos na germinação e vigor pelo aumento na incidência de patógenos, são relatados nesta condição *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum truncatum* e *Cercospora kikuchii* (GOULART et al., 1999). Na cidade de Londrina, as maiores porcentagens detectadas foram dos fungos *Fusarium pallidoroseum* e *Alternaria* spp. Para Ponta Grossa 1 foram *Phomopsis sojae* e *Fusarium pallidoroseum* enquanto que para Ponta Grossa 2 foram *Phomopsis sojae* e *Alternaria* spp (Tabela 11).

O genótipo 95y52 obteve a maior porcentagem de incidência total de patógenos quando produzido no ambiente 2 com quase 100 % de infecção, 21 % maior do que o DM 6563RSF que obteve a segunda maior porcentagem. Os genótipos com menor incidência de patógenos em Londrina foram, BRS 1003, DM 5958RSF, DM 54i52RSF. Já para Ponta Grossa, ambientes 1 e 2 foram respectivamente: TMG7062, BRS 1010, BRS1003; BRS LANÇA, DM54i52RSF e TMG 7062.

Apesar do município de Londrina ter apresentado valores inferiores para porcentagem total de patógenos comparados aos demais ambientes, ocorreu alta incidência do fungo *Cercospora kikuchii* devido a exigência deste patógeno por alta temperatura e umidade (HENNING et al. 2014), condizente as condições climáticas observadas neste local (Figura 2). Este fungo causa a mancha púrpura em sementes de soja e penetra no tegumento da semente pelo funículo (SINCLAIR; BACKMAN, 1989), contudo diversos autores demonstraram não haver efeito negativo desse fungo na qualidade fisiológica de sementes de soja (REIS; GOULART, 1998; GALLI et al., 2005).

O gênero *Alternaria* também apresentou alta incidência em todos os locais de produção, e inclui tanto espécies patogênicas e saprófitas, que podem danificar as culturas no campo ou causar deterioração pós-colheita (LOGRIECO et al. 1990). A

sua incidência é favorecida quando ocorre alta umidade relativa (RIMMER et al., 2007) mas não interfere na qualidade das sementes de soja (GOULART, 2004).

A partir de uma visão geral, as sementes apresentaram maior porcentagem de infecção pelo fungo *Phomopsis* spp., principalmente na cidade de Ponta Grossa. Este fungo é relatado por apresentar maior dependência da umidade relativa do que da temperatura média (TEKRONY et al., 1984) e dos principais fungos causadores de deterioração em sementes de soja (DHINGRA; ACUÑA, 1997). Oscilações tendendo a alta umidade relativa, alta pluviosidade e temperatura podem ser desfavoráveis à manutenção da qualidade das sementes, evidenciados quando se analisa o ambiente de produção em Ponta Grossa 1, a alta precipitação no final de ciclo possibilitou a maior infecção deste patógeno o que prejudicou a qualidade das sementes produzidas, como discutido anteriormente.

A incidência de *Fusarium* spp. nas sementes foi menor que a de *Phomopsis sojae*, em todas as cultivares e ambientes. No entanto, esse fungo pode também ter contribuído para a redução da germinação e vigor das sementes das cultivares, podendo afetar os testes de germinação pelo crescimento micelial característico. Estes patógenos comprometeram o resultado de germinação, pois apesar dos resultados de germinação terem sido baixo quando houve alta incidência destes patógenos, as sementes eram viáveis como demonstra o teste de tetrazólio (Tabela 12).

A chuva na pré-colheita pode causar a deterioração por umidade, considerado fator mais relevante a afetar a qualidade de sementes, por causar danos diretos e também por servir como porta de entrada para diversos fungos e microrganismos que, ao se alimentarem, degeneram a semente diminuindo o seu potencial fisiológico ou até mesmo levam essa semente a morte (ALI et al., 2014). As variações de umidade dependem também da temperatura e faz com que os danos por umidade sejam mais visíveis, formando rugas características no tegumento (FORTI et al., 2010).

Tabela 11 - Incidência de patógenos (%) em sementes de soja de oito genótipos produzidas em três ambientes.

		Incidência de Patógeno (%)										
	Genótipo	<i>Asper.</i>	<i>Cercos.</i>	<i>C.trun.</i>	<i>C. gloes.</i>	<i>F. palli.</i>	<i>F. gram.</i>	<i>Phomop.</i>	<i>Alterna.</i>	<i>Botry.</i>	<i>Coryne.</i>	<i>Nigro</i>
Londrina	TMG 7062	0	2,5	0	0	4	0	0	1	0	0	0
	DM 5958RSF	0	1,5	0	0	1	0	0,5	0	0	0	0
	BRS 1010	0	2,5	0	0	5,5	0,5	11	6	2,5	0	0
	BRS 1003	0	0,5	0	0	0	0	1	0,5	0,5	0	0
	DM 6563RSF	0	2,5	0	0	3,5	0	3,5	5,5	0	0	0
	BMX LANÇA	0	1,5	0	0	2,5	0	3	0,5	0	0	0
	DM 54i52RSF	0	1,5	0	0	1	0	2	1,5	0	0	0
	95y52	0	2	0	0	7	0	2	8,5	0	0	0
Ponta Grossa 1	TMG 7062	0	0	2	1,5	4	2	10	4	1,5	0	0,5
	DM 5958RSF	0	0	0	0	7,5	6	54,5	3,5	1,5	0	0
	BRS 1010	0	0,5	0	0,5	3,5	0,5	39,5	8	0	0	0
	BRS 1003	0	0	0,5	0	4	2	50	4,5	2	0	0
	DM 6563RSF	0	0	0	0	9	4,5	49	9,5	1,5	0	1,5
	BMX LANÇA	0	0	0	0	14,5	4,5	40	4	0,5	1	0
	DM 54i52RSF	0	0	0	0	11	4	44	3	3	0	0
	95y52	0	0	0	0	7,5	2,5	81,5	4	0,5	0	0
Ponta Grossa 2	TMG 7062	0	0	0	10	2,5	2,5	2,5	14	7,5	0	0
	DM 5958RSF	0	1	0	0	5	3	21	8,5	0	0	1
	BRS 1010	0	2,5	0	13,5	2,5	1	7	26,5	0	0,5	0,5
	BRS 1003	0	0	0	5	3	5	13,5	13	0	0	2,5
	DM 6563RSF	0	0,5	0	1	13	7	12,5	12	5	0	4
	BMX LANÇA	0	0,5	0	0	3	1,5	11	2,5	0	0	0,5
	DM 54i52RSF	0	0	0	2,5	1,5	0	13,5	1,5	0	0	0
	95y52	0	0	0	0	3,5	0,5	48,5	2	1	0	2

Nota: *Asper.*: *Aspergillus* spp.; *Cercos.*: *Cercospora kikuchii*; *C. trun.*: *colletotrichum truncatum*; *C. gloes.*: *Colletotrichum gloeosporioides*; *F. palli.*: *Fusarium pallidoroseum*; *F. gram.*: *Fusarium graminearum*; *Phomop.*: *Phomopsis sojae*; *Alterna.*: *Alternaria* spp.; *Botry.*: *Botryodiplodia* sp; *Coryne.*: *Corynespora* sp.; *Nigro*: *Nigrospora* sp.

No teste de tetrazólio é possível evidenciar, além da alta viabilidade de todos os genótipos, diferentemente da germinação observada pelo teste de plântulas normais e protrusão radicular, que há ocorrência de danos por umidade. Portanto, nota-se que a chuva na pré-colheita nos ambientes em Ponta Grossa contribuiu para a queda de qualidade fisiológica (germinação e vigor).

Isto ocorre, principalmente, devido a variações nos índices pluviais característicos de cada ambiente. Baixos índices de deterioração por umidade, danos por percevejos e danos mecânicos são determinantes na produção de sementes de melhor qualidade (COSTA et al. 2003). O teste de tetrazólio é uma importante metodologia devido à sua rapidez, precisão e, também, ao número de informações geradas (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI 2018), possibilitando identificar os principais problemas que comumente afetam a qualidade de sementes.

Além disso, este teste sofre pouca influência de outros fatores, como incidência de patógenos, que poderiam subestimar os resultados como ocorre com a germinação e observados neste estudo. Já os danos causados por percevejo foram superiores no ambiente de produção Ponta Grossa 1, apesar do manejo fitossanitário ter sido realizado de maneira semelhante em todos os ambientes, os maiores valores desse tipo de dano podem ter contribuído a queda na qualidade para germinação e vigor observados neste ambiente.

Tabela 12 - Vigor, viabilidade e tipos de dano pelo teste de tetrazólio para oito genótipos de soja produzidos em três ambientes.

Ambiente	Genótipo	Dano Mecânico (%)		Dano Umidade (%)		Dano Percevejo (%)		Vigor (%)	Viab (%)
		(1 - 8)	(6 - 8)	(1 - 8)	(6 - 8)	(1 - 8)	(6 - 8)	(1 - 3)	(1 - 5)
Londrina	TMG 7062	12,5	0,5	79,5	1,5	6	0	92	98
	DM 5958RSF	18	0,5	68	4,5	12	1	86,5	94
	BRS 1010	3,5	0	52,5	2	2,5	0	96	98
	BRS 1003	1	0	48	0	4	0,5	97,5	99,5
	DM 6563RSF	1	0	94	23	3,5	0	67	77
	BMX LANÇA	0,5	0,5	56	0,5	2,5	0	99	99
	DM 54i52RSF	2	0	57	2	0	0	96	98
	95y52	2	0	86,5	3,5	4,5	0	93	96,5
Ponta Grossa 1	TMG 7062	3	0	40,5	0,5	4	0,5	99	99
	DM 5958RSF	4	0	54	18	7	0	77	82
	BRS 1010	3	0	34	10,5	11,5	1	89	95
	BRS 1003	7,5	1,5	67	4,5	11,5	1	88,5	93
	DM 6563RSF	3,5	0	68	16,5	7,5	1	77,5	82,5
	BMX LANÇA	1	0	61,5	12	7,5	0,5	81,5	87,5
	DM 54i52RSF	5	0	91,5	29,5	8,5	0	59	70,5
	95y52	6	1	84	9	18	1,5	82	88,5
Ponta Grossa 2	TMG 7062	2,5	0,5	57	1	4,5	0	96,5	98,5
	DM 5958RSF	2,5	0	83,5	6,5	4	0	89	93,5
	BRS 1010	2	0,5	59	2,5	4,5	0	97	97
	BRS 1003	4,5	1	66,5	3,5	3	0,5	90,5	95
	DM 6563RSF	6	0	69	11	8,5	1,5	81,5	87,5
	BMX LANÇA	4	1	80,5	14	1,5	0	73,5	85
	DM 54i52RSF	3,5	0	77,5	3,5	5	0,5	88,5	96
	95y52	6,5	0	91,5	18,5	16,5	1,5	67,5	79

*1-8: níveis de classificação de sementes; 6-8: sementes inviáveis

Para complementar a análise de qualidade fisiológica foi realizada a determinação da longevidade dos genótipos nos três ambientes de produção, através da curva de distribuição da germinação durante o armazenamento (Figuras 7A, 8A e 9A) e da determinação do P_{50} (Figuras 7B, 8B e 9B). A condução do armazenamento ocorreu até 90 dias, contudo alguns genótipos não alcançaram até o momento perda de 50 % da viabilidade. Nestes casos o P_{50} foi estimado.

Apesar dos resultados de germinação e vigor serem superiores quando os genótipos foram produzidos em Londrina, o mesmo não foi observado para a longevidade das sementes. Neste caso os genótipos apresentaram menor P_{50} , sendo a média geral para Londrina, Ponta Grossa 1 e Ponta Grossa 2, respectivamente: 59,7; 86,2 e 107,8.

Os genótipos tiveram repostas diferentes dependendo do ambiente de produção, em Londrina a maior longevidade foi demonstrada pelo genótipo 95y52, em Ponta Grossa 1 pelo genótipo TMG 7062 e, em Ponta Grossa 2 pelo genótipo DM54i52RSF. O genótipo BRS 1010, com exceção do ambiente de produção Londrina, apresentou a menor longevidade, com P_{50} de 60,8 dias para Ponta Grossa 1 e 65,7 para Ponta Grossa 2. Em Londrina, o genótipo DM 6563RSF obteve menor longevidade.

Todos os genótipos obtiveram menor longevidade, de maneira geral, quando produzidos em Londrina em comparação a Ponta Grossa 1 e 2. Isto se deve, possivelmente, a diferença de temperatura para os ambientes de produção, onde Londrina (Figura 2) obteve temperaturas mais elevadas do que comparado a Ponta Grossa (Figura 3).

Figura 7 - Longevidade de sementes de oito genótipos produzidos na cidade de Londrina-PR. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P_{50} .

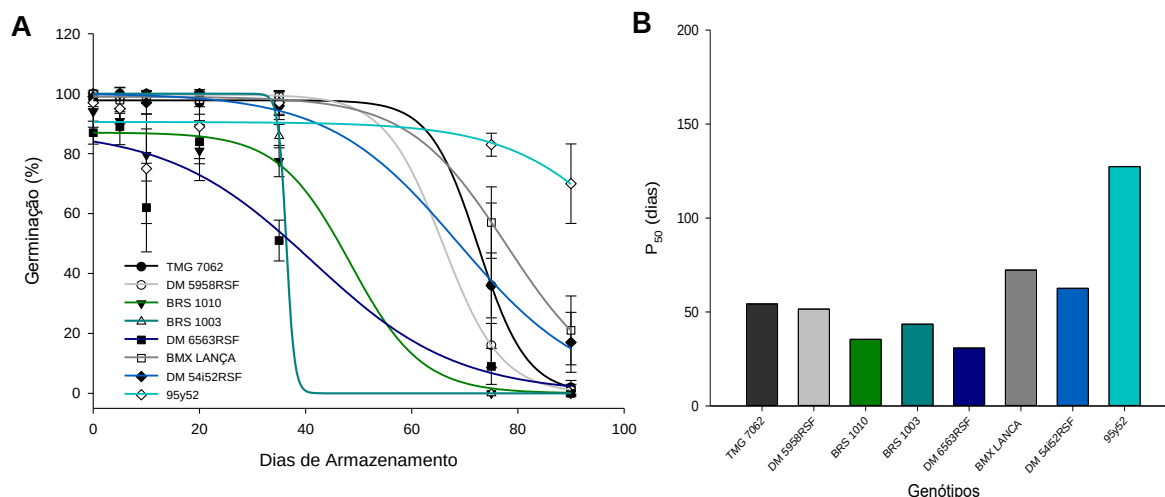


Figura 8 - Longevidade de sementes de oito genótipos produzidos em Ponta Grossa
1. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P₅₀.

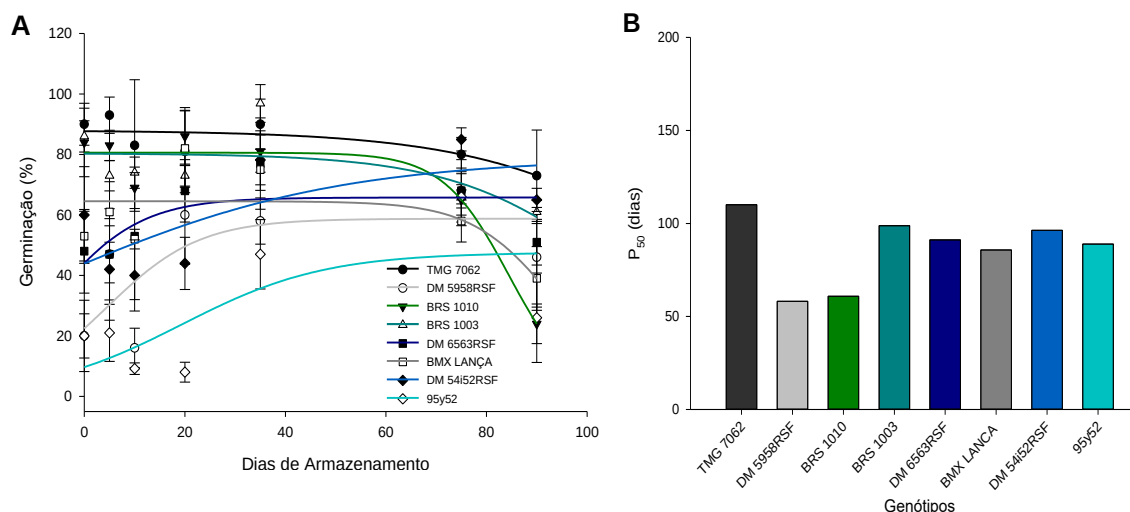
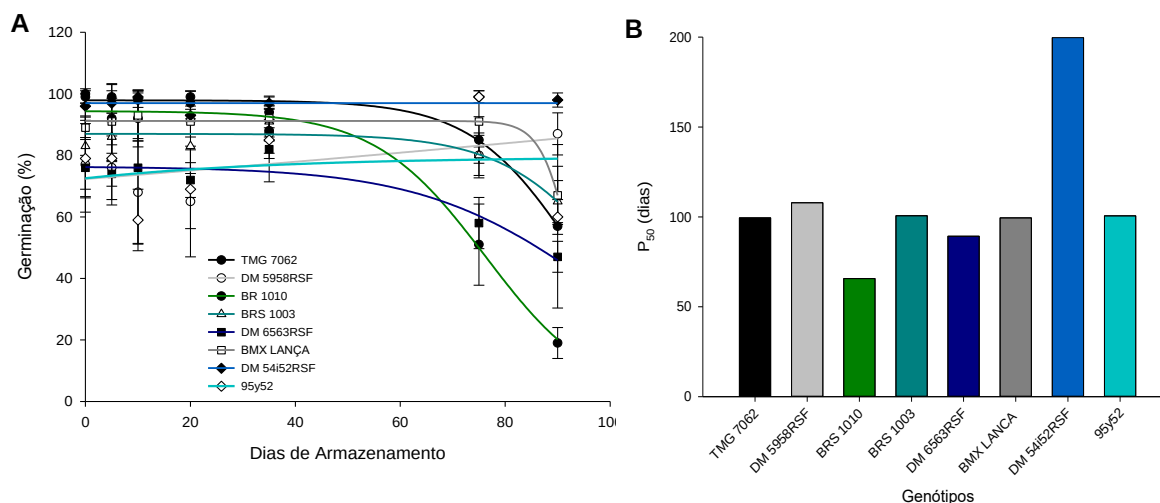


Figura 9 - Longevidade de sementes de oito genótipos produzidos em Ponta Grossa
2. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P₅₀.



Neste estudo observou-se que a longevidade de sementes pode estar associada a temperaturas mais amenas, como observado para os genótipos produzidos na cidade de Ponta Grossa. Para entender melhor o efeito da temperatura na qualidade fisiológica de sementes realizou-se a determinação da correlação de Pearson para a somatória de dias, durante o desenvolvimento total da cultura, em que a temperatura foi superior a 30 °C (temperatura considerada estressante) (EGLI et al., 2005; CHEBROLU et al., 2016) com as avaliações de qualidade fisiológica (germinação,

vigor e longevidade). Observa-se na Tabela 13 a correlação simples entre estes parâmetros com respectivos valores de grau de correlação (r) e significância (p).

Tabela 13 - Corelação simples do somatório de dias de temperatura acima de 30 °C com parametros de qualidade fisiológica de sementes.

Variável dependente	Variável independente	r	p
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Plântulas normais (%)	0,599	0,002
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Plântulas anormais (%)	-0,658	0,00
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Sementes mortas (%)	-0,414	0,044
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Sementes duras (%)	0,417	0,043
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Protrusão (%)	0,363	0,081
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	1ª contagem (%)	0,592	0,002
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	T ₅₀ (dias)	-0,094	0,663
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Comprimento Raiz (cm)	0,53	0,008
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Comprimento parte aérea (cm)	0,705	0,00
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Massa de matéria seca da raiz (g)	-0,011	0,96
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	Massa de matéria seca da parte aérea (g)	0,606	0,002
somatório de dias de temperatura acima de 30 °C	P ₅₀ (dias)	-0,549	0,005

*r: Grau de correlação (acima de 0,7 indica correlação); p : probabilidade de significância.

O ambiente de produção da cidade de Londrina obteve 43 dias em que a temperatura máxima diária foi maior que 30 °C, enquanto Ponta Grossa 1 e 2 tiveram respectivamente: 29 e 25 dias, considerando as fases vegetativas e reprodutivas. Houve correlação significativa para as variáveis plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas, sementes duras, 1ª contagem da germinação, comprimento raiz e parte aérea, massa de matéria seca da parte aérea e para longevidade (P₅₀). Estes dados evidenciam o fato de que altas temperaturas

contribuem para a qualidade fisiológica (germinação e vigor) observados em Londrina (Figura 2), contudo influenciaram negativamente na longevidade, demonstrada pela correlação negativa.

Varios estudos já relataram que temperaturas mais elevadas são melhores para qualidade de sementes do que comparado a temperaturas mais baixas (ZANAKIS et al., 1994; BASSO, 2018). Estudos por Lima et al., (2017) demonstraram que a aquisição de longevidade em soja foi positivamente afetada por temperaturas elevadas, onde comparando duas safras a longevidade de sementes foi aumentada naquela que ocorreu maior média de temperatura. Contudo, verificou-se aqui que o número elevado de temperaturas excedentes a 30 °C pode prejudicar a longevidade.

Portanto, entende-se que temperaturas mais elevadas contribuem para alta germinação e vigor (1ª contagem, comprimento de raiz e parte aérea e massa de parte aérea), diminuindo o número de sementes mortas e plântulas anormais (Tabelas 9 e 10), mas em casos de alto números de dias em que a temperatura foi superiores a 30 °C no desenvolvimento total da cultura, pode ocorrer efeito negativo na longevidade, como observados no município de Londrina.

Riguethi et al., (2015) observaram o comportamento de *Medicago truncatula* em diferentes condições de desenvolvimento e mostraram que altas temperaturas comprometem cada fase de desenvolvimento da semente, diminuindo principalmente a maturação tardia, onde ocorre a aquisição de longevidade. Assim, o P₅₀ final foi fortemente influenciado por fatores ambientais. Possivelmente o maior número de dias com altas temperaturas ocorridos em Londrina, resultou no adiantamento de ciclo e levou a diminuição da fase de maturação tardia, que demonstra ser a mais influenciada. Nesta condição, as sementes tiveram menor tempo para aquisição de longevidade comparado a Ponta Grossa, que apresentou temperaturas mais amenas. Para comprovar este efeito da temperatura na longevidade das sementes é necessário finalizar os estudos, já que alguns genótipos ainda não alcançaram a perda total de viabilidade.

Alguns autores afirmam que sementes de soja produzidas em temperaturas extremas (como ocorreu em 43 dias do ciclo na cidade de Londrina) podem resultar em maior dano à membrana levando a diminuição da atividade de enzimas antioxidantes (XIN et al., 2014), como isoflavonas (SONG et al., 2018), que indicam uma contribuição para diminuição da longevidade

Existem evidências crescentes de que a síntese de mecanismos de proteção que aumentam a longevidade é induzida sequencialmente e aumenta progressivamente durante a maturação tardia da semente (PROBERT et al., 2007; RIGHETTI et al., 2015; LEPRINCE et al., 2017). Na espécie leguminosa *Medicago truncatula* proteínas LEA são induzidas durante o enchimento de sementes, mas um conjunto específico de polipéptdeos LEA acumula-se posteriormente com a aquisição da longevidade (CHATELAIN et al., 2012). Em soja, Lima et al. (2017) mostraram que a longevidade aumenta concomitantemente com o aumento do nível de transcritos que codificam proteínas de choque térmico e aumento do teor de oligossacarídeos da família da rafinose (RFO), ambos contribuindo para a resistência ao armazenamento (TEJEDOR-CANO et al., 2010).

Há a necessidade de complementar este estudo, a fim de avaliar se há maior conteúdo de antioxidantes e transcritos descritos na literatura por influenciar positivamente a longevidade e sustentar a hipótese de que muitos dias de elevada temperatura, encontradas no ambiente de Londrina, podem ter contribuído para o decréscimo da longevidade em sementes de soja e investigar ainda os efeitos da precipitação dentro deste contexto.

A perda da viabilidade durante o armazenamento segue um padrão sigmoide em que as sementes em algum momento perdem a capacidade de formar plântulas normais, com posterior incapacidade de protrusão da radícula e morte da semente (BEWLEY et al., 2013; BASSO et al., 2018). Contudo, os genótipos DM 54i52RSF, DM 5958RSF, 95y52 nos dois ambientes dentro de Ponta Grossa e DM 6563RSF apenas no segundo ambiente não exibiram o comportamento do modelo proposto por Ellis e Roberts (1980) e relatado em estudo de longevidade de sementes por Lima et al., (2017) e Luccas (2018) para soja e por Batista (2018) para sementes de tomate. Aqui, foi observado nestes casos específicos, genótipos que apresentaram comportamento que não caracteriza o modelo da curva sigmoide, pois a germinação inicial foi baixa e aumentou ao longo do armazenamento (Figuras 8A e 9A).

Acredita-se que a alta infecção inicial de patógenos (Tabela 11), observada para sementes destes genótipos que exibiram comportamento da curva distinto, prejudicou o resultado da avaliação de longevidade, pois o primeiro ponto da curva de distribuição (0 dias) teve seu resultado subestimado, mesmo a semente sendo viável como pode-se observar o resultado do teste de tetrazólio (Tabela 12).

Visualmente, durante a condução das avaliações de longevidade, foi observado

que na germinação inicial (protrusão radicular) ocorreu alta incidência de fungos de campo, principalmente *Phomopsis sojae* e *Fusarium pallidoroseu*, demonstrados através do teste de sanidade (Tabela 11). Com o armazenamento das sementes, a presença dos fungos de campo pode ter diminuído, permitindo o aumento da germinação das sementes. Portanto, em vez de diminuir a germinação ao longo do período de armazenagem, houve aumento. Além disso, durante as avaliações finais de viabilidade ao longo do armazenamento observou-se visualmente maior incidência de fungos de armazenamento, como *Aspergillus* spp. Todavia para este trabalho, o teste de sanidade não foi realizado durante o estudo da longevidade das sementes.

Henning (1981) observou em vários genótipos de soja produzidos em diferentes locais, como neste estudo, que após seis meses de armazenamento a incidência deste fungo de campo caiu praticamente para zero. O principal fungo observado na avaliação de sanidade foi *Phomopsis* spp. que de acordo com Wallen e Seaman (1963) perde a sua viabilidade ao decorrer do armazenamento diminuindo os efeitos na qualidade de sementes. Assim, sugere-se que o mesmo pode ter ocorrido neste trabalho durante os estudos para determinar a longevidade das sementes.

As condições climáticas durante a formação de sementes afetam significativamente sua qualidade fisiológica inicial. Baixas precipitação pluviais e umidade relativa durante a maturação favorece a produção de sementes de alta qualidade com baixa incidência de patógenos (DELOUCHE, 1980), contudo as condições ambientais, em todos os locais, neste estudo demonstraram alta precipitação. Este fato pode ter influenciado a queda da germinação e do vigor observado em alguns genótipos. Assim foi possível observar, neste estudo, que para determinar a longevidade de lotes de sementes de soja é importante levar em consideração a incidência inicial de patógenos.

Dentro deste contexto, considera-se a longevidade das sementes um traço complexo, determinado por uma sucessão de eventos através do desenvolvimento de sementes, armazenamento e embebição que são influenciados pelas condições ambientais e há ainda grande desafio para entender como esses múltiplos fatores são integrados (SANO et al., 2016).

A produtividade ainda é a maior característica de seleção no melhoramento, mas cada vez mais tem-se relatado que a seleção de caracteres associados à qualidade e desempenho de sementes tem despertado bons resultados em diversas culturas,

onde há elevada variabilidade genética disponível e ganho por seleção obtidos em estudo com nabo forrageiro (OLIVEIRA et al., 2014) feijão (MAIA et al., 2011) e cenoura (MARTINS; SILVA; MACHADO, 2014). Contudo, todos estes estudos se restringem a avaliação de qualidade fisiológica com foco nos testes de germinação e vigor, poucos estudos se aprofundam no conceito de longevidade de sementes.

Por fim, neste estudo foi evidenciado que o ambiente de produção interfere no potencial do genótipo, onde Londrina apresentou melhores resultados para germinação e vigor enquanto Ponta Grossa respondeu com melhores valores para componentes de produção e longevidade. O ambiente com maior número de dias em que a temperatura fica acima de 30 °C responde positivamente para maior germinação e vigor, mas, negativamente para longevidade.

É possível destacar o genótipo TMG 7062 por ter estabilidade para os componentes de produção e qualidade fisiológica de sementes (germinação, vigor e longevidade) independente do ambiente de produção, por outro lado, certa suscetibilidade a formação de sementes verdes, assim como o genótipo BRS 1010 e BRS 1003. Os demais genótipos aqui estudados, apresentam alguma tolerância a formação de sementes verdes independentemente do ambiente de produção. Embora, as condições ambientais que ocorreram nos locais de produção não foram altamente estressantes.

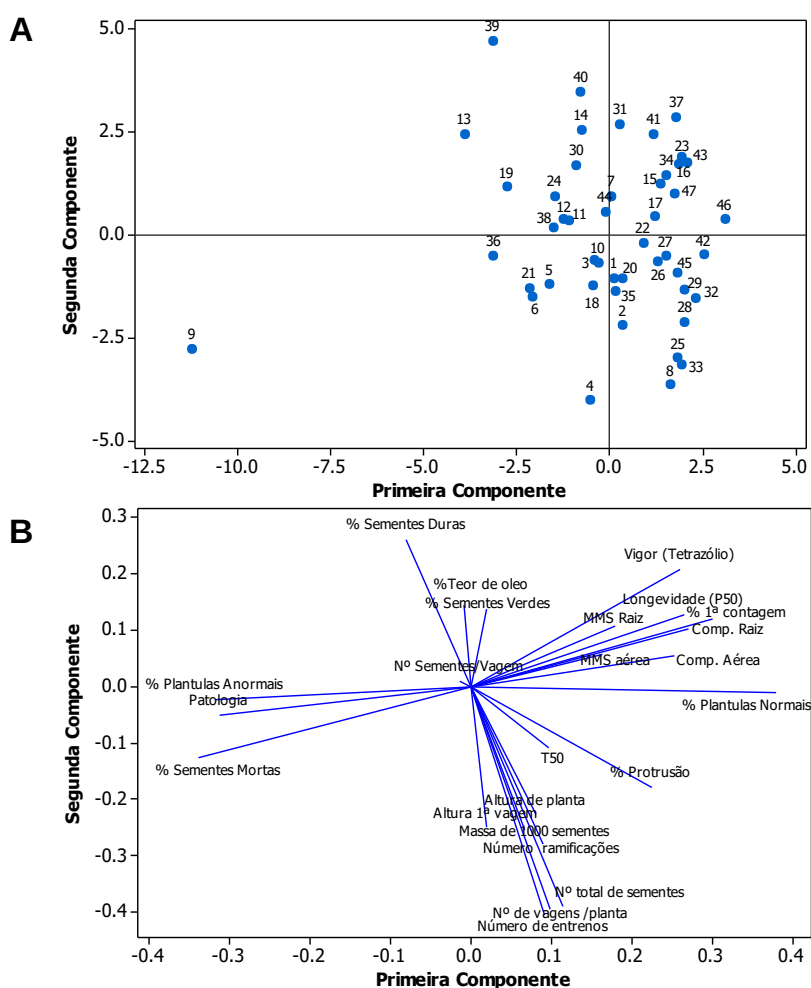
4.2 Experimento 2: Caracterização de genótipos de soja quanto aos componentes de produção e qualidade fisiológica de sementes produzidos em Londrina – PR.

Neste experimento, foi caracterizado 47 genótipos de soja produzidos em Londrina-PR, com relação aos componentes de produção e qualidade fisiológica de sementes, em um local suscetível a estresses ambientais.

Inicialmente, a partir de uma abordagem multivariada, realizou-se uma análise de componentes principais com as médias das avaliações (germinação, vigor, longevidade, porcentagem de sementes verdes e teor de óleo) e componentes de produção, para determinar o comportamento dos materiais a fim de selecioná-los. A Figura 10A demonstra a distância que os materiais apresentaram e seus agrupamentos em quatro quadrantes. Já na Figura 10B observa-se as variáveis que determinaram a conformação da Figura 10A.

No primeiro quadrante (Figura 10A) encontram-se os genótipos selecionados por serem superiores aos demais, por meio das variáveis também observadas no primeiro quadrante da Figura 10B. As variáveis germinação (plântulas normais), vigor (teste de tetrazólio, primeira contagem da germinação, comprimento, massa de matéria seca da raiz e parte aérea) e a longevidade, todas características desejáveis para a qualidade fisiológica de sementes, agrupam os genótipos que exibem este comportamento.

Figura 10 - Análise das Componentes principais para 47 genótipos de soja produzidos em Londrina-PR. A: gráfico biplot de dispersão; B: projeção vetorial para as características avaliadas.



Nota: 1: Delta, 2: DM 66i68RSF, 3: DM 6458RSF, 4: TMG 7067, 5: TMG 7061, 6: NA 5909RG, 7: BMX POTÊNCIA, 8: BMX POWER (73i70RSF), 9: M 5947, 10: BMX PONTA (7166RSF), 11: FTR 4160, 12: M 5705, 13: NS 5445, 14: M 5917, 15: M 7110, 16: CD 2728, 17: BMX ELITE, 18: BRB11-7482, 19: FTR 3156, 20: SYN 1562, 21: BMX DESAFIO (8473RSF), 22: BRS 413, 23: BRB14-211566, 24: M 6410, 25: TMG 7062, 26: AS 3730, 27: AS 3590, 28: BRS 7380, 29: DM 5958RSF, 30: BRS 1010, 31: BRS 1003, 32: DM 61i59RSF, 33: M 6210, 34: BRS 399, 35: BMX ICONA (68i70RSF), 36: DM 6563RSF, 37: BMX LANÇA (58i60RSF), 38: BRS 388, 39: BRS 1001, 40: BRS 433, 41: BMX TURBO, 42: TMG 7063, 43: DM 54i52RSF, 44: BRS 1074, 45: BMX GARRA (63i64RSF), 46: 96Y90, 47: 95y52

A análise de componentes principais (ACP) é uma ferramenta que ajuda a reduzir o número de variáveis com objetivo de transformar um grupo de variáveis originais em outro grupo de dimensões equivalentes em que cada componente principal é uma combinação linear de todas variáveis originais (BARBOSA et al., 2013). Assim, determina qual das variáveis originais tem maior peso na combinação linear (NETO; MOITA, 1998) e agrupa aquelas com maior similaridade (VALLADARES et al., 2008).

Devido a inúmeras aplicações, a ACP tem se tornado foco de estudo de divergência genética que permitem a identificação e seleção dos genótipos mais promissores descrita em diversos estudos de seleção em soja (VIANNA et al., 2013 e DALLASTRA et al., 2014) feijão-caupi (BERTINI et al., 2010) e trigo (SILVA et al., 2015).

Neste estudo, os genótipos foram selecionados principalmente pela alta qualidade fisiológica de sementes, determinados na ACP. Portanto, as avaliações pertencentes ao primeiro quadrante foram discutidas de maneira apurada através da comparação de médias pelo teste de Scott-Knott onde os valores de significância do teste de variância para a o delineamento inteiramente casualizado das avaliações selecionadas são demonstrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Significância das análises de variância das avaliações selecionadas a partir da ACP.

Variável	Valor de F
Plântulas normais (%)	20,24**
1ª Contagem	28,37**
Comprimento da raiz	9,03**
Comprimento da Parte aérea	5,68**
Massa de matéria seca de raiz	127,00**
Massa de matéria seca da parte aérea	41,52**

**p<0,01

Não foi observado contraste entre os teores de água entre os genótipos estudados que pudessem influenciar nos resultados de qualidade, sendo a média do teor de 7 % $\pm$ 2. Na tabela 15 observa-se as avaliações de germinação e vigor para os 47 genótipos. Os melhores resultados de germinação não foram relacionados necessariamente com os de melhor vigor, sendo que apenas os genótipos BRS

7380, BRS 1003, DM 61i59RSF, BMX LANÇA, BMX GARRA e 96Y90 responderam com destaque para germinação e vigor pelo teste de primeira contagem de germinação.

O genótipo M 5947, representado na ACP (Figura 10A) pelo número nove, tem números inferiores para germinação e vigor, também evidenciados na ACP por seu distanciamento entre os demais genótipos. Este material teve maior número de sementes inviáveis e alta ocorrência de deterioração por umidade (Tabela 16) o que pode estar associado à sua baixa qualidade fisiológica, considerando que obteve os menores resultados para primeira contagem de germinação, comprimento e massa de matéria seca de raiz e parte aérea. A deterioração por umidade é citada como o principal fator que contribui para a redução da qualidade de sementes de soja (COSTA et al. 2005).

Tabela 15 - Avaliações de qualidade fisiológica de sementes de soja, selecionadas pela ACP, de 47 genótipos produzidos em Londrina-PR.

Genótipos	P. Normais (%)	1ª Contagem	C. Raiz (cm)	C. Parte aérea (cm)	MMS RAIZ (g)	MMS Parte aérea (g)
Delta (59I60RSF)	90 a	66 c	13,77 b	8,29 c	0,0651 e	0,2167 g
DM 66i68RSF	90,5 a	75 b	14,37 b	10,01 b	0,0734 e	0,2352 g
DM 6458RSF	93,5 a	36,5 f	14,73 b	7,03 d	0,0695 e	0,2091 g
TMG 7067	84 b	45,5 e	11,50 c	8,34 c	0,0717 e	0,2668 g
TMG 7061	80 c	36 f	13,44 c	5,75 d	0,0935 e	0,2305 g
NA 5909RG	77,5 c	65 c	11,29 c	7,06 d	0,0470 e	0,2227 g
BMX POTÊNCIA	96,5 a	67,5 c	13,34 c	10,43 b	0,0626 e	0,2626 g
BMX POWER	95 a	44,5 e	15,82 b	13,38 a	0,0789 e	0,2858 g
M 5947	21 e	14 g	6,58 d	3,90 d	0,0337 e	0,1076 g
BMX PONTA	95,5 a	61 d	11,34 c	9,04 c	0,0562 e	0,2524 g
FTR 4160	70,5 d	45,5 e	15,73 b	10,33 b	0,0649 e	0,1896 g
M 5705	75 c	50,5 e	12,63 c	9,83 b	0,0555 e	0,1904 g
NS 5445	63,5 d	55 d	9,97 c	7,10 d	0,0400 e	0,1646 g
M 5917	83 b	48 e	17,44 a	8,68 c	0,0600 e	0,2256 g
M 7110	95,5 a	80,5 b	19,15 a	9,31 c	0,0846 e	0,1571 g
CD 2728	92 a	81,5 b	19,22 a	16,06 a	0,1005 e	0,2935 g
BMX ELITE	94,5 a	80 b	15,47 b	10,83 b	0,0580 e	0,1897 g
BRB11-7482	86 b	69 c	12,16 c	6,22 d	0,0614 e	0,1554 g
FTR 3156	64,5 d	45,5 e	14,08 b	6,17 d	0,0685 e	0,2014 g
SYN 1562	85,5 b	35 f	15,55 b	11,27 b	0,6486 d	0,8297 d
BMX DESAFIO	70 d	38 f	10,87 c	12,42 a	0,6351 d	0,9407 c
BRS 413	88 a	78,5 b	10,30 c	11,18 b	0,6074 d	0,8130 d
BRB14-211566	90,5 a	78,5 b	18,43 a	14,58 a	0,7331 c	0,9667 c
M 6410	78,5 c	68,5 c	10,70 c	13,37 a	0,6458 d	0,8930 c
TMG 7062	80,5 c	79,5 b	16,67 a	10,77 b	0,7421 c	0,9454 c
AS 3730	88,5 a	79 b	16,62 a	9,56 c	0,6572 d	0,8360 d
AS 3590	82 b	79 b	15,21 b	13,14 a	0,7115 c	0,9873 c
BRS 7380	93,5 a	88 a	12,68 c	12,01 b	0,6515 d	0,9287 c
DM 5958RSF	92,5 a	83 b	14,39 b	11,94 b	0,6868 c	0,7899 d
BRS 1010	86 b	82 b	12,18 c	8,03 c	0,6553 d	0,7842 d
BRS 1003	91,5 a	88,5 a	11,25 c	6,07 d	0,7122 c	0,8071 d
DM 61i59RSF	90,5 a	87 a	14,09 b	10,11 b	0,7141 c	0,8909 c
M 6210	93 a	49 e	14,97 b	8,99 c	0,7941 b	0,7394 e
BRS 399	83,5 b	67 c	17,61 a	13,50 a	0,8367 b	1,6750 a
BMX ICONE	84 b	51 e	12,60 c	9,28 c	0,7204 c	1,2958 b
DM 6563RSF	70 d	45,5 e	12,98 c	11,04 b	0,6526 d	0,7813 d
BMX LANÇA	88 a	75 b	15,05 b	11,26 b	0,9052 a	1,4332 b
BRS 388	79,5 c	57 d	7,38 d	8,26 c	0,6199 d	0,8103 d
BRS 1001	62 d	51 e	13,54 c	8,70 c	0,6159 d	0,5131 f
BRS 433	76,5 c	60,5 d	14,03 b	10,91 b	0,9375 a	0,6558 e
BMX TURBO	92,5 a	77 b	15,56 b	10,25 b	0,8135 b	0,6355 e
TMG 7063	94 a	81,5 b	18,89 a	11,95 b	0,9574 a	0,7395 e
DM 54i52RSF	94 a	84 b	15,69 b	13,27 a	0,7812 b	0,7320 e
BRS 1074	86,5 b	62,5 c	13,82 b	10,44 b	0,7835 b	0,6099 e
BMX GARRA	95 a	88 a	12,51 c	10,19 b	0,8427 b	0,6484 e
96Y90	99,5 a	95,5 a	14,68 b	11,48 b	0,8474 b	0,6238 e
95y52	85,5 b	81,5 b	17,46 a	10,82 b	0,9059 a	0,7125 e

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott com 5% de significância.

Os genótipos que apresentaram maior comprimento de raiz e de parte aérea foram CD 2728, BRB14-211566 e BRS 399. O genótipo BRS 399 se destacou ainda por apresentar significativamente superior as demais para a massa de matéria seca da parte aérea, enquanto para massa de matéria seca da raiz os melhores resultados foram observados para os genótipos BMX LANÇA, BRS 433 e TMG 7063.

A maior velocidade na germinação, estimado pelo teste de primeira contagem, e a produção de plântulas com maior tamanho podem proporcionar às plantas oriundas de sementes vigorosas uma vantagem inicial no aproveitamento de água, nutrientes e luz. Nesse contexto, as plântulas que germinam mais rapidamente, iniciam o processo fotossintético mais cedo, favorecendo o crescimento da parte aérea e do sistema radicular (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Tavares et al. (2013), Schuch et al. (2009) e Rodrigues et al., (2018) avaliando distintas combinações de vigor de sementes em populações de soja, constataram que aquelas constituídas por sementes de alto vigor apresentaram maior rendimento de grãos de 20, 25 e 30 %, respectivamente. Logo, genótipos que têm sementes com alto vigor resultam em maior potencial de gerar plântulas de maior comprimento, sendo que estas possuem maior capacidade de mobilização de reservas na germinação, com melhor desempenho inicial (HENNING et al., 2010). Por sua vez, genótipos descritos por baixo vigor estão associados a reduções da produção de biomassa seca e das taxas de crescimento das plantas, podendo afetar o estabelecimento da cultura, seu desempenho ao longo do ciclo e produtividade final (SCHUCH et al., 2009).

Tendo em vista estes conceitos, considera-se que avaliar o vigor por diferentes métodos é importante na seleção de materiais com qualidade superior, visto que sua resposta as condições de campo serão de melhor desempenho.

Tabela 16 - Vigor, viabilidade e tipos de dano pelo teste de tetrazólio para 47 genótipos de soja produzidos em Londrina -PR.

Genótipos	Dano mecânico (%)		Dano umidade (%)		Dano percevejo (%)		Duras (%)	Vigor (%)	Viab. (%)
	(1 - 8)	(6 - 8)	(1 - 8)	(6 - 8)	(1 - 8)	(6 - 8)	(%)	(1 - 3)	(1 - 5)
Delta (59I60RSF)	0	0	67	2,5	3,5	0,5	0	91,5	97
DM 66i68RSF	1,5	0	91	5	14,5	1,5	0	82	93,5
DM 6458RSF	1	0	81	6,5	2,5	0	1,5	83,5	93,5
TMG 7067	5	0	93	2	8	0	0	89	98
TMG 7061	4	0	90,5	10	6	0,5	0	83	89,5
NA 5909RG	5,5	0,5	82,5	4,5	9	1	0	86,5	94
BMX POTÊNCIA	3,5	0	71	1,5	10	0,5	1,5	93	98
BMX POWER	2,5	0	81	1,5	11,5	0,5	2	94	98
M 5947	12,5	0,5	83,5	25	10,5	0	1,5	66,5	74,5
BMX PONTA	4	0	90	3,5	16,5	1	1	85	95,5
FTR 4160	1,5	0,5	67	0	3	0	1,5	97	99,5
M 5705	4	1	79	1,5	1	0	2,5	95,5	97,5
NS 5445	3	0	85,5	1	3,5	0,5	2	96,5	98,5
M 5917	5,5	0	83,5	1,5	2	0,5	14	95,5	98
M 7110	3	0	54,5	0,5	3	0	0	99	99,5
CD 2728	2	0	54,5	0	7,5	0,5	1	97	99,5
BMX ELITE	5	0	64,5	0,5	2	0	1	98	99,5
BRB11-7482	4	0	52	0,5	20,5	1	1,5	94,5	98,5
FTR 3156	4	0	89	0,5	2	0	0	97,5	99,5
SYN 1562	5,5	0	73	3	10,5	1	4,5	93,5	96
BMX DESAFIO	7	0	54	0,5	33	1,5	0	93,5	98
BRS 413	3,5	0	81	0,5	6,5	0	9,5	98	99,5
BRB14-211566	3	0,5	74	1,5	0,5	0	8	97	98
M 6410	5,5	2	53	1,5	13,5	0,5	1	91,5	96
TMG 7062	12,5	0,5	79,5	1,5	6	0	0	92	98
AS 3730	4,5	0,5	79	0	7,5	0	2	96,5	99,5
AS 3590	4,5	0	49,5	2	12	1	1	94	97
BRS 7380	5	0	53	0,5	2	0	0	96	99,5
DM 5958RSF	18	0,5	68	4,5	12	1	2,5	86,5	94
BRS 1010	3,5	0	52,5	2	2,5	0	1	96	98
BRS 1003	1	0	48	0	4	0,5	0	97,5	99,5
DM 61i59RSF	3,5	0	43,5	0,5	9,5	0	0	95	99,5
M 6210	3,5	0,5	55	1	2	0,5	7	95	98
BRS 399	1,5	0	52	0,5	3	0	0	97,5	99,5
BMX ICONE	4,5	0,5	96,5	2,5	7	1	0	88,5	96
DM 6563RSF	1	0	94	23	3,5	0	2,5	67	77
BMX LANÇA	0,5	0,5	56	0,5	2,5	0	6,5	99	99
BRS 388	7	1,5	83,5	2,5	7,5	0,5	3	90,5	95,5
BRS 1001	3	0	85	4	0,5	0	31,5	94	96
BRS 433	2	0	86	4,5	1	0	20	92	95,5
BMX TURBO	2	0	65,5	2	0,5	0	1	97,5	98
TMG 7063	2	0	31	0	5	0	0	100	100
DM 54i52RSF	2	0	57	2	0	0	0,5	96	98
BRS 1074	6,5	0	54,5	2	28	3	2	87,5	95
BMX GARRA	3,5	0	73,5	2,5	14,5	1	0	93,5	96,5
96Y90	1	0	68,5	0	2,5	0	0	99	100
95y52	2	0	86,5	3,5	4,5	0	0	93	96,5

*1-8: níveis de classificação de sementes; 6-8: sementes inviáveis

Em função da alta precipitação pluvial ocorrida durante todo o ciclo da cultura (Figura 2) o dano mais presente, observado pelo teste de tetrazólio (Tabela 16), para todos os genótipos estudados, foi a deterioração por umidade. Krzyzanowski (2004) relata que na região tropical, devido ao clima predominantemente quente e úmido, ocorre o maior desenvolvimento da deterioração por umidade, que é um dos fatores mais importantes que afetam a qualidade de sementes de soja, como pode ser visto para M5947 e DM6563RSF (Tabela 15).

A perda de qualidade a partir da metodologia do teste de tetrazólio, segundo França Neto et al. (1984), é determinada através de informações contidas nas classes de 6 a 8, onde o problema de qualidade é posto em evidência permitindo, desta maneira, uma interpretação apurada. Neste estudo, a maior porcentagem desta classe foi obtida na avaliação de danos por umidade o que evidencia que a maior perda de viabilidade é devido a condição ambiental da cidade de Londrina. Neste local ocorreu, ao final da maturação e maturação tardia, variações de umidade devido a oscilações de precipitação pluvial, que causam esse tipo de dano.

Os danos causados por percevejo apresentaram a segunda maior ocorrência dentre os genótipos, enquanto os danos mecânicos se apresentaram baixo, tendo em vista que a colheita, principal manejo associado a esse tipo de dano, foi realizada manualmente. Costa et al. (2003) afirmam que os danos causados por percevejos não são tão detrimenais à qualidade de sementes quanto aos danos mecânicos e de deterioração por umidade.

A presença de sementes duras no lote foi observada para os genótipos BRS 1001 (31,5 %), BRS 433 (20%), M 5917 (14 %) e BRS 413 (9,5 %). De acordo com as Regras para Análises de Sementes, semente dura são aquelas que permanecem sem absorver água por um período mais longo que o normal e se apresentam, no final do teste de germinação, com aspecto de sementes recém colocadas no substrato (BRASIL, 2009).

Há sugestões que temperaturas elevadas durante a fase de maturação aumentam a presença de sementes duras (GIBSON; MULLEN, 1996; SPEARS et al., 1997) mas que existe uma forte tendência da influência do genótipo a esta característica (SPEARS; TEKRONY; EGLI, 1997; SMITH et al., 2008) evidenciados também nesse trabalho, onde no mesmo ambiente alguns genótipos apresentaram propensão a formação de sementes duras. Kilen e Hartwig (1978) relataram que

sementes duras é um traço hereditário e, portanto, parece provável que as variações observadas entre os genótipos podem ser devido a fatores genéticos.

A apresentação dos resultados da longevidade de sementes foi realizada a partir da seleção da ACP, assim a curva de distribuição da germinação ao longo do armazenamento e o P_{50} para os genótipos encontram-se separados por quadrantes (Figuras 11, 12, 13 e 14). A condução do armazenamento artificial (75 % UR e 35 °C) ocorreu até 90 dias, contudo alguns genótipos não alcançaram até o momento perda de 50% da viabilidade. Desta forma, para estes genótipos o P_{50} foi estimado.

Os genótipos que tiveram P_{50} superiores foram encontrados acima de 54 dias de armazenamento, de modo geral os quadrantes separam os genótipos que apresentaram características semelhantes. No primeiro quadrante foram selecionados acima desse valor cinco genótipos (95y52: 81,2; BMX LANÇA: 72,4; 96y90: 64,9; DM 54I52RSF: 55,7 e BMX TURBO: 54,1 dias), enquanto no segundo e quarto quadrante foram selecionados, respectivamente FTR4160: 60 e M 5705: 55,2 dias; DM 61I59RSF: 61,3 e AS 3590: 54,3 dias. Os genótipos que compõem o terceiro quadrante, apresentaram menor longevidade determinada pelo P_{50} (Figura 13B), visto que as principais avaliações que selecionaram estes genótipos foram a porcentagem de plântulas anormais, sementes mortas e a porcentagem total de patógenos, que parece contribuir para a queda da qualidade fisiológica.

O genótipo M 5947 que apresentou menor germinação e vigor (Tabelas 15 e 16), neste estudo também respondeu com menor longevidade com P_{50} de apenas 17,4 dias de armazenamento.

Figura 11 - Longevidade de sementes de genótipos selecionados no primeiro quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P₅₀.

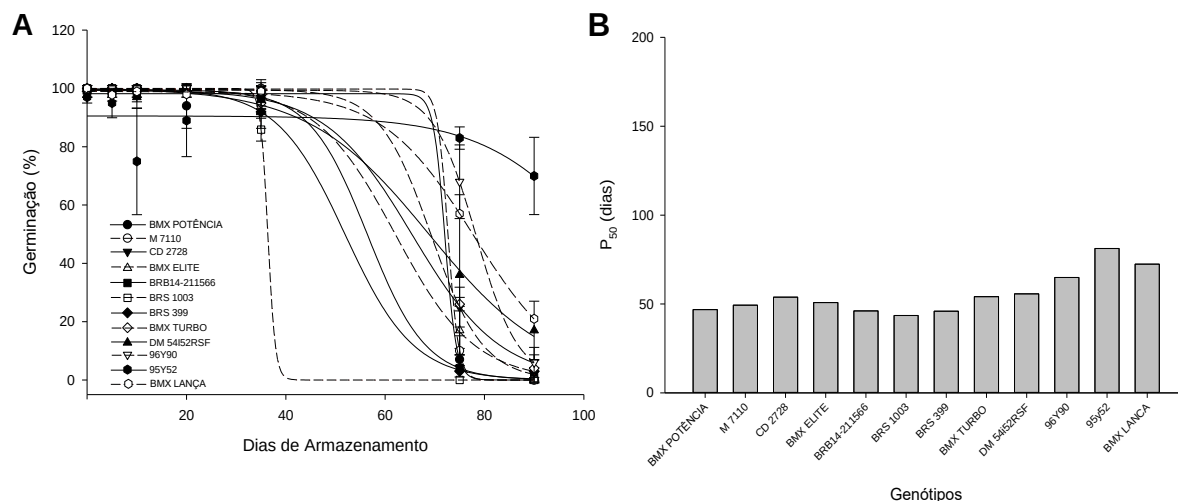


Figura 12 - Longevidade de sementes de genótipos selecionados no segundo quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. **A:** Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; **B:** P₅₀.

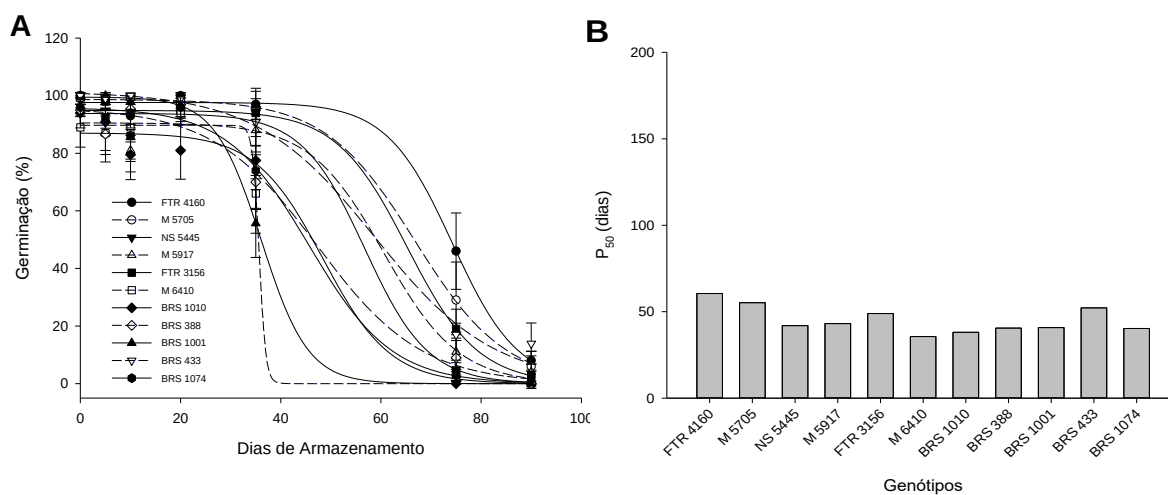


Figura 13 - Longevidade de sementes de genótipos selecionados no terceiro quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P50.

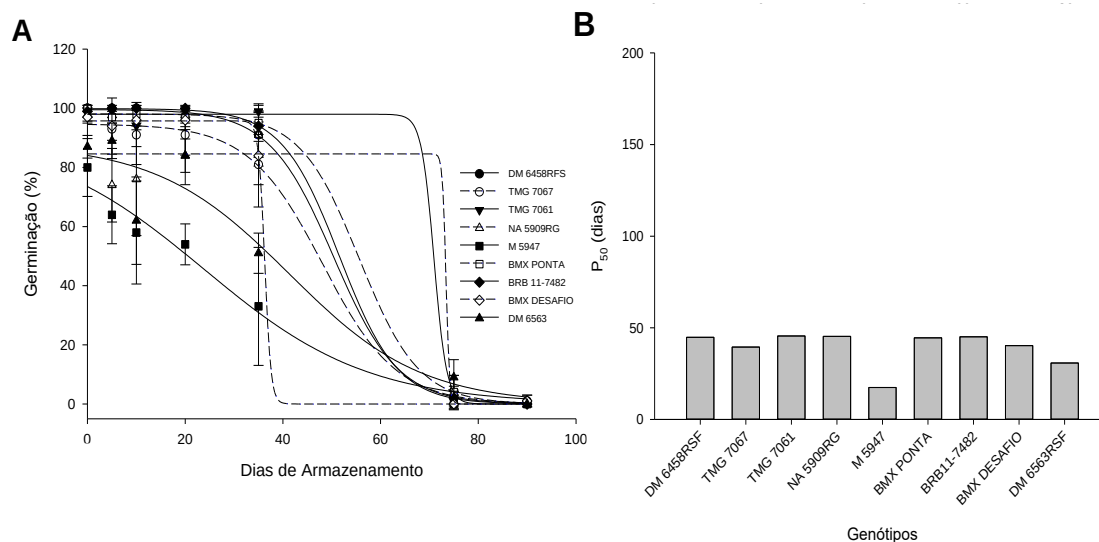
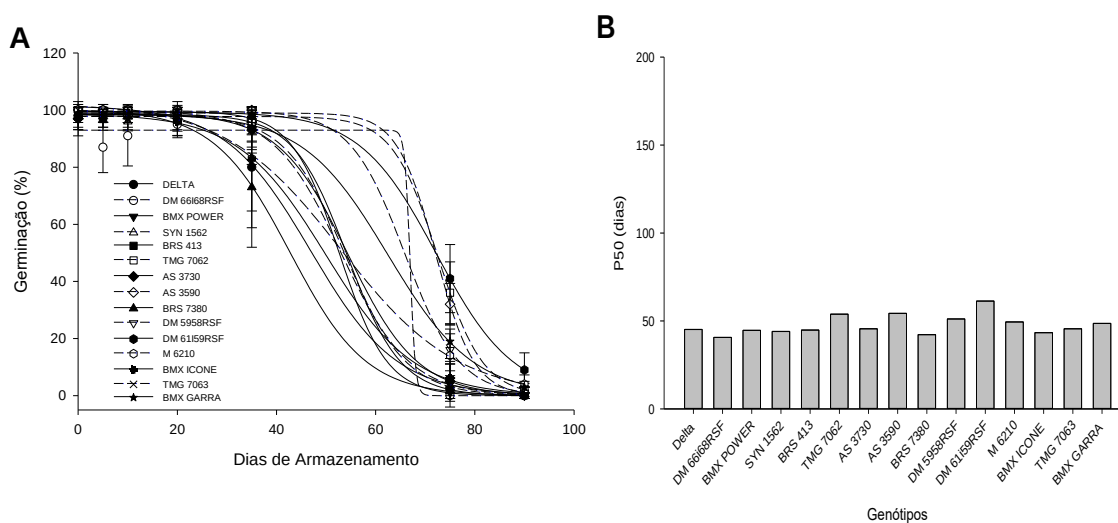


Figura 14 - Longevidade de sementes de genótipos selecionados no quarto quadrante da ACP, produzidos na cidade de Londrina. A: Curva da distribuição da germinação ao longo do armazenamento; B: P50.



As sementes têm maior longevidade se possuem maior habilidade para ativar o sistema de defesa para prevenir o dano oxidativo, utilizar proteínas de armazenamento para germinação e manter energia para o fornecimento de ATP (CHEN et al., 2018). Antioxidantes e tocoferóis (vitamina E) desempenham um papel importante na manutenção da viabilidade das sementes evitando a oxidação (SATTLER et al. 2004, SANO et al., 2016); o papel das proteínas LEA e pequenas proteínas de choque térmico na longevidade também já foi documentado (PRIETO-DAPENA et al., 2006; HUNDERTMARK et al., 2011; CHATELAIN et al., 2012). No entanto, estes mecanismos ainda precisam ser mais investigados.

A capacidade de armazenamento de sementes é uma característica complexa. Vários estudos investigaram a genética e bases moleculares da longevidade de sementes e a identificação de *locus* de caracteres quantitativos (QTLs) responsável pelo controle da capacidade de armazenamento de sementes de trigo (LANDJEVA et al., 2010), arroz (JIANG et al., 2011), medicago e ervilha (ZINSMEISTER et al., 2016) e soja (LIMA et al., 2017).

Os estudos que envolvem a aquisição de longevidade em diversas culturas são importantes não somente para a conservação em bancos de germoplasma, método ideal para conservar os recursos vegetais (FAO, 2010), mas pesquisas referentes ao comportamento da longevidade, particularmente para soja, são importantes a fim de conservar as sementes dos diferentes materiais genéticos de interesse ao melhoramento.

Aqui, foi evidenciado que há variação na longevidade entre genótipos, em que a diferença do tempo em dias para que as sementes percam 50 % da viabilidade entre o maior e menor P_{50} observado foi de 63 dias. Contudo, esta característica parece também ser influenciado pelo ambiente de produção como demonstrado no Experimento 1. A longevidade é cada vez mais reconhecida como estando sob a forte influência do ambiente (LEPRINCE et al., 2017).

A alta qualidade das sementes de soja, que se refere a alta germinação, vigor e longevidade, tem sido atribuída à ocorrência de condições climáticas ótimas durante a maturação das sementes, como temperaturas amenas e alta disponibilidade hídrica durante a fase de deposição de reservas (GIBSON; MULLEN, 1996; EGLI et al., 2005). Estas condições foram observadas no município de Londrina, com bom regime de chuvas nas fases de maturação e temperaturas médias em torno de 25° C (Figura 2). Portanto, as condições ambientais observadas foram satisfatórias para,

de maneira geral, a formação de sementes de alta qualidade. Apesar da região onde o município de Londrina se encontra ser considerada medianamente favorável a produção de sementes de alta qualidade (COSTA et al., 2005), neste estudo foi observado que, dependendo das condições climáticas específicas da safra agrícola e da cultivar utilizada, é possível obter bons resultados de qualidade para as sementes produzidas neste ambiente.

A partir de uma visão geral, é possível observar que os genótipos que se agruparam no primeiro quadrante exibiram uma resposta mais alta para a qualidade de sementes. Portanto, dentre esses, os genótipos 95Y90 e BMX LANÇA, foram o que se mostraram superiores, com alta germinação, viabilidade pelo teste de tetrazólio e que apresentaram ainda melhores resultados em pelo menos dois teste de vigor e na longevidade, ou seja, estes genótipos exibiram um perfil completo de qualidade fisiológica, quando se analisa todos seus componentes.

No Brasil está disponível para uso diversos genótipos de soja, devido ao cultivo sob variadas condições edafoclimáticas. Atualmente são disponíveis no registro nacional de cultivares mais de 1900 cultivares (MAPA, 2019). Além disso, há ainda a busca do setor de melhoramento das empresas para o lançamento de novos cultivares todos os anos com características melhoradas e adaptadas a todas as regiões do país.

É importante ressaltar que a seleção é etapa fundamental para o desenvolvimento de cultivares, visando à obtenção de indivíduos promissores com uma combinação desejável de caracteres. Dessa maneira, há necessidade do emprego de diferentes estratégias, visto que o desenvolvimento de uma nova cultivar de soja demanda investimentos e tempo para que seja lançada no mercado, necessitando de metodologias que auxiliem e facilitem essas escolhas, como as análises de componentes principais.

O conhecimento do potencial de genótipos disponíveis no mercado, não só com a descrição do potencial produtivo, mas também com a avaliação do potencial de qualidade de sementes, como aqui demonstradas, auxiliam os programas de melhoramento genético da cultura a atender à crescente demanda com a ênfase para seleção de materiais que apresentem alta qualidade fisiológica de sementes.

5 CONCLUSÕES

O genótipo TMG7062 apresenta resultados superiores quanto aos componentes de produção e qualidade de sementes, contudo têm suscetibilidade à formação de sementes verdes (19,75 %) do mesmo modo que o genótipo BRS 1003 (13,5 %). Já os genótipos BMX LANÇA e 95Y52 não apresentam sementes verdes independentemente do ambiente de produção (Experimento 1).

Genótipos produzidos na cidade de Ponta Grossa têm resultados superiores quanto aos componentes de produção e maior longevidade, já quando produzidos em Londrina, maior qualidade de sementes (germinação, vigor e sanidade).

Os genótipos 96Y90 e BMX LANÇA se destacam por apresentar o conjunto de atribuídos que determina qualidade fisiológica, com alta germinação, vigor e longevidade mesmo quando produzidos em região suscetível a estresse (Experimento 2).

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P. et al. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, 2008.
- ALI, M.R.; RAHMAN, M.M.; AHAMMAD, K.U. Effect of relative humidity, initial seed moisture content and storage container on soybean (*Glycine max* L. Meril.) seed quality. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, Joydebpur, v.39, n.3, p.461-469, 2014.
- ALLEN, L.H. et al. Elevated temperature intensity, timing, and duration of exposure affect soybean internode elongation, mainstem node number, and pod number per plant. **The Crop Journal**, Beijing, v. 6, n. 2, p. 148-161, 2018.
- AMORIM, F. A. et al. Época de semeadura no potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina v.32, p.1793-1802, 2011.
- ARAÚJO, M.L.S. et al. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990–2015). **Land Use Policy**, Amsterdam, v. 80, p. 57-67, 2019.
- ARRUDA, M.H. Mota et al. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja com diferentes percentuais de sementes esverdeadas. **Magistra**, Bahia, v. 28, n. 2, p. 194-200, 2016.
- BAKER, J.T. et al. Response of soybean to air temperature and carbon dioxide concentration. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 1, p. 98-105, 1989.
- BARBOSA, R.M. et al. Discrimination of soybean seed lots by multivariate exploratory techniques. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 302-310, 2013.
- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.L. Umidade e temperatura. In: Sedyama, T. (Ed.). Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Mecenas, p 17-27. 2009.
- BASSO, D.P. et al. Late seed maturation improves the preservation of seedling emergence during storage in soybean. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 2, 2018.
- BATISTA, T.B. **Longevidade de sementes condicionadas de tomate**: estudos fisiológicos e moleculares. 2018, 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.
- BELLALLOUI, N. et al. Effect of maturity on seed composition in the early soybean production system as measured on near-isogenic soybean lines. **Crop Science**, Madison v. 49, n. 2, p. 608-620, 2009.

BERTINI, C.H.C.M. et al. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, 2010.

BEWLEY J.D. et al. **Seeds**: Physiology of Development, Germination and Dormancy. 3. ed. New York: Springer, 408 p. 2013.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2 ed. New York: Plenum Press, 445 p. 1994.

BHATTARAI, M.D.; SECCHI, S.; SCHOOOF, J. Projecting corn and soybeans yields under climate change in a Corn Belt watershed. **Agricultural Systems**, London, v. 152, p. 90-99, 2017.

BHERING, S.B. et al. Mapa de solos do Estado do Paraná, legenda atualizada. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32., 2008, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios**. Viçosa: SBCS; Fortaleza, 2008. 74 p.

BOARD, J.E.; KANG, M.S.; HARVILLE, B.G. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 1, p. 128-135, 1999.

BOARD, J.E.; SETTIMI, J.R. Photoperiod Effect before and after Flowering on Branch Development in Determinate Soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 995-1002, 1986.

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

BORDINGNON, J. R.; MANDARINO, J. M. G. **Soja: composição química, valor nutricional e sabor**. Embrapa Soja-Documents (infoteca-e), 1994.

BORNHOFEN, E. et al. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, 2015.

BRACCINI, A. de L. et al. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 81-92, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras Para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 395 p. 2009.

BREVEDAN, R.E.; EGLI, D.B. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. **Crop Science**, Madison v. 43, n. 6, p. 2083-2088, 2003.

BRUNO, J.L. et al. Acúmulo de óleo em sementes de soja cultivadas in vitro e in vivo. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina v. 36 n. 5, p. 3085-309, 2015.

CANDOGAN, B.N. et al. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in sub-humid climatic conditions. **Agricultural water management**, v. 118, p. 113-121, 2013.

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

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p. 2000.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, CD-ROM. 2000.

CÉSAR, A.S. et al. Competitiveness analysis of “social soybeans” in biodiesel production in Brazil. **Renewable Energy**. 2018.

CHEBROLU, Kranthi K. et al. Impact of heat stress during seed development on soybean seed metabolome. **Metabolomics**, v. 12, n. 2, p. 28, 2016.

CHATELAIN, E. et al. Temporal profiling of the heat-stable proteome during late maturation of *Medicago truncatula* seeds identifies a restricted subset of late embryogenesis abundant proteins associated with longevity. **Plant, cell & environment**, Oxford, v. 35, n. 8, p. 1440-1455, 2012.

CHEN, D. et al. Specific roles of tocopherols and tocotrienols in seed longevity and germination tolerance to abiotic stress in transgenic rice. **Plant Science**, v. 244, p. 31-39, 2016.

CHEN, X. et al. Comparative physiology and proteomics of two wheat genotypes differing in seed storage tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 130, p. 455-463, 2018.

CHEN, G; WIATRAK, P. Soybean development and yield are influenced by planting date and environmental conditions in the southeastern coastal plain, United States. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 6, p. 1731-1737, 2010.

CHOWDHURY, J.A. et al. Genotypic variations in growth, yield and yield components of soybean genotypes under drought stress conditions. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, Joydebpur, v. 40, n. 4, p. 537-550, 2015.

CHUNG, D.W. et al. The role of pheophorbide a oxygenase expression and activity in the canola green seed problem. **Plant Physiology**, Rockville, v. 142, n. 1, p. 88-97, 2006.

COLNAGO, L. A. et al. Rapid analyses of oil and fat content in agri-food products using continuous wave free precession time domain NMR. **Magnetic Resonance in Chemistry**, Malden, v. 49, p. 113-120, 2011.

Companhia nacional de abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** – 4ª levantamento. Monitoramento Agrícola, v. 6, n. 1, p. 1-129, 2018.

COSTA, A.C.P. et al. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p.128-132, 2003.

COSTA, N.P et al. Validação do zoneamento ecológico do Estado do Paraná para produção de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2005

COSTA, N.P. et al. Efeito de sementes verdes na qualidade fisiológica de sementes de soja 1. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 102-107, 2001.

CRAMER, J.S. The origins and development of the logit model. **Logit models from economics and other fields**, p. 149-158, 2003.

CRUZ, T.V. et al. Soybean yield components in different sowing periods in the western of state of bahia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 709-716, 2010.

DALLASTRA, A. et al. Multivariate approach in the selection of superior soybean progeny which carry the RR gene. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 45, n. 3, p. 588-597, 2014.

PBMC - Contribuição do Grupo. ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil**, p. 28, 2013.

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

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 775–780, 1980.

DESCLAUX, D.; HUYNH, T.T.; ROUMET, P. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 3, p. 716-722, 2000.

DESCLAUX, D.; ROUMET, P. Impact of drought stress on the phenology of two soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 46, n. 1-3, p. 61-70, 1996.

DESTRO, D. et al. Photoperiodism and genetic control of the long juvenile period in soybeans: a review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2001.

DEUTSCH, C.A. et al. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. **Science**, Washington, v. 361, n. 6405, p. 916-919, 2018.

DHINGRA, O. D.; ACUÑA, R. S. **Patologia de sementes de soja**. Viçosa: UFV, 119 p. 1997.

DINIZ, R.P. et al. Physiological quality and protein patterns of corn seeds produced under water and salt stresses. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 10, n. 42, p. 3962-3967, 2015.

DONALDSON, E. Crop traits for water stress tolerance. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.11, n.2, p.89-94, 1996.

DORNBOS, D.L.; MULLEN, R.E. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, n. 2, p. 373-383, 1991.

EGLI, D.B. et al. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 4, p. 1329-1335, 2005.

EGLI, D.B. **Seed biology and the yield of grain crops**. 3 ed. New York: CAB international, 178 p. 1998.

EGLI, D.B.; BRUENING, W.P. Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 3, p. 532-537, 2000.

EGLI, D.B.; WARDLAW, I.F. Temperature Response of Seed Growth Characteristics of Soybeans 1. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 3, p. 560-564, 1980.

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

EMBRAPA SOJA. Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil-safra 2015/16. **Documentos (INFOTECA-E)** Londrina, 234 p. 2017.

EMBRAPA SOJA. Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil-safra 2016/17. **Documentos (INFOTECA-E)** Londrina, 234 p. 2018.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja—região central do Brasil 2012 e 2013. Embrapa Soja, Londrina, 2011.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Londrina, v.48, p. 1-9, 2007.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, Thomas D. Photosynthesis and carbon assimilation. **Physiology and determination of crop yield**, n. physiologyandde, p. 187-210, 1994.

FERREIRA P. V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. Maceió: EDUFAL, 422 p. 2000.

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

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

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). In: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2010. Second report on the state of the world's plants genetic resources for food and agriculture, Rome, 47, 2010.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.3, p.123-133, 2010.

FRANÇA NETO, J.B. et al. Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico - Série Sementes. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Londrina, v.91, p. 1-15, 2012.

FRANÇA NETO, J.B. et al. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Embrapa Soja, 82 p. (Documentos, 380). Londrina, 2016.

FRANÇA NETO, J.B. et al. Tecnologia de produção de sementes de soja de alta qualidade - Série Sementes. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Londrina, v. 40, p. 1-8, 2007.

FRANÇA NETO, J.B. KRZYZANOWSKI, F.C. Metodologia do teste de tetrazólio em semente de soja. 1 ed. Londrina: **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 2018, 108 p.

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Qualidade fisiológica da semente. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Londrina, v. 9, p. 5-24, 1984.

FREDERICK, J.R. et al. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. **Crop science**, Madison, v. 41, n. 3, p. 759-763, 2001.

FUKUSHIMA, P.S.; LANFER-MARQUEZ, U.M. Chlorophyll derivatives of soybean during maturation and drying conditions. In: international soybean processing and 84 utilization conference, 3., 2000, Tsukuba. **Proceedings...** p. 87-88. Foz do Iguaçu, 2000.

GALLI, J.A. et al. Efeito de *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Cercospora kikuchii* na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrinha, v. 27, n.1, p. 182-187, 2005.

GANGOLA, M.P. et al. Genotype and growing environment interaction shows a positive correlation between substrates of raffinose family oligosaccharides (RFO) biosynthesis and their accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 20, p. 4943-4952, 2013.

GARCIA, A. et al. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Londrina, v. 51, p. 1-12, 2007.

GIBSON, L.R.; MULLEN, R.E. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 6, p. 1615-1619, 1996.

GOLDBERG, R.B.; BARKER, S.J.; PEREZ-GRAU, L. Regulation of gene expression during plant embryogenesis. **Cell**, Cambridge v. 56, n. 2, p. 149-160, 1989.

GOULART, A. C. P.; FIALHO, W. F. B.; FUJINO, M. T. **Viabilidade técnica do tratamento de sementes de soja com fungicidas antes do armazenamento**. EMBRAPA-CPAO, 41p. Dourados, 1999.

GOULART, A.C.P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle**. Embrapa, 1ª ed, 72 p. Dourados, 2004.

GUARIENTI, E.M. et al. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 412-418, 2005.

GUIAMÉT, J.J.; NAKAYAMA, Fermín. The effects of long days upon reproductive growth in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Williams. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 53, n. 1, p. 35-40, 1984.

HAJDUCH, M. et al. A systematic proteomic study of seed filling in soybean. Establishment of high-resolution two-dimensional reference maps, expression profiles, and an interactive proteome database. **Plant physiology**, Rockville, v. 137, n. 4, p. 1397-1419, 2005.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**, v. 3, London and New York: Academic Press, cap. 3. p. 145-245. 1972.

HARTWIG, E.E.; POTTS, H.C. Development and Evaluation of Impermeable Seed Coats for Preserving Soybean Seed Quality 1. **Crop science**, Madison, v. 27, n. 3, p. 506-508, 1987.

HENNING, A.A. et al. **Manual de identificação de doenças de soja** 5 ed, Embrapa, 76 p. Londrina, 2014.

HENNING, A.A. et al. Recomendação do tratamento químico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, **Embrapa Soja-Comunicado Técnico**, Londrina, v. 12, p. 1-9, 1981.

HENNING, A.A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Embrapa Soja, 2 ed. 52 p. (Documento, 264), Londrina, 2005.

HENNING, F.A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, 2010.

HERBERT, S.J.; LITCHFIELD, G.V. Partitioning Soybean Seed Yield Components 1. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 5, p. 1074-1079, 1982.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in plant science**, Oxford, v. 6, n. 9, p. 431-438, 2001.

HONG, T.D.; ELLIS, Roger H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Bioversity International, 1996. **International Plant Genetic Resources Institute** (IPGRI), Roma, 62 p. 1996.

HOOD-NIEFER, S.D. et al. Effect of genotype and environment on the concentrations of starch and protein and the physicochemical properties of starch from, field pea and fababean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 141-150, 2012.

HSU, S.H.; HADLEY, H.; HYMOWITZ, T. Changes in Carbohydrate Contents of Germinating Soybean Seeds. **Crop Science**, Madison v13, p. 407-410, 1973.

HUME, D.J.; JACKSON, A.K.H. Pod Formation in Soybeans at Low Temperatures 1. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p. 933-937, 1981.

HUNDERTMARK, M. et al. The reduction of seed-specific dehydrins reduces seed longevity in *Arabidopsis thaliana*. **Seed Science Research**, Cambrigde, v. 21, n. 3, p. 165-173, 2011.

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.

JENSEN, E.S. et al. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 32, n. 2, p. 329-364, 2012.

JIANG, H.; EGLI, D.B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 2, p. 264-267, 1995.

JIANG, W. et al. Identification of QTLs for seed germination capability after various storage periods using two RIL populations in rice. **Molecules and cells**, Seoul, v. 31, n. 4, p. 385-392, 2011.

JOOSEN, R.V.L et al. GERMINATOR: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of *Arabidopsis* seed germination. **The Plant Journal**, v. 62, n. 1, p. 148-159, 2010.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 109-118, 2001.

KEITH, B.C.; J.C.; DELOUCH, J.C. Seed quality, production, and treatment. In: HEATHERLY L.G.; HODGES, H.F. **Soybean production in the midsouth**, 1ed. New York: CRC Press, cap. 13, p. 197-230. 1999.

KHAN, M.S.A. et al. Influence of salt and water stress on growth and yield of soybean genotypes. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 39, n. 2, 2016.

KILEN, T. C.; HARTWIG, E.E. An inheritance study of impermeable seed in soybeans. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 1, p. 65-70, 1978.

KOCHANNEK, J. et al. Pre-zygotic parental environment modulates seed longevity. **Austral Ecology**, v. 35, n. 7, p. 837-848, 2010.

KOMORI, E. et al. Influencia da época de semeadura e população de plantas sobre as características agronômicas da cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 13-p14, 2004.

KRANNER, I. et al. Glutathione half-cell reduction potential: a universal stress marker and modulator of programmed cell death?. **Free Radical Biology and Medicine**, Oxford, v. 40, n. 12, p. 2155-2165, 2006.

KRZYŻANOWSKI, F.C. Desafios tecnológicos para a produção de semente de soja na região tropical brasileira. In: world research conference, Foz do Iguaçu. **Palestras...** p. 1324-1335, 2004.

KUROSAKI, H.; YUMOTO, S. Effects of low temperature 2004and shading during flowering on the yield components in soybeans. **Plant production science**, v. 6, n. 1, p. 17-23, 2003.

LANDJEVA, S.; LOHWASSER, U.; BÖRNER, A., 2010. Genetic mapping within the wheat D genome reveals QTL for germination, seed vigour and longevity, and early seedling growth. **Euphytica** v. 171, n. 1, p. 129-143, 2010.

LE, B.H.; et al. Using genomics to study legume seed development. **Plant physiology**, Rockville, v. 144, n. 2, p. 562-574, 2007.

LEPRINCE, O. et al. Late seed maturation: drying without dying. **Journal of experimental botany**, v. 68, n. 4, p. 827-841, 2017.

LILLEY, J.L. et al. An endogenous carbon-sensing pathway triggers increased auxin flux and hypocotyl elongation. **Plant Physiology**, Rockville, v.160, p.2261-2270, 2012.

LIMA et al. Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. **Plos One**, San Francisco, p. 1-25, 2017.

LOGRIECO, A. et al. Incidence of *Alternaria* species in grains from Mediterranean countries and their ability to produce mycotoxins. **Mycologia**, v. 82, n. 4, p. 501-505, 1990.

LUCCAS, D.A. **Caracterização fisiológica, bioquímica e molecular em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) com retenção de clorofila**. 2018, 181 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

MAIA, L. G. S. et al. Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 361-367, 2011.

MAILER, R. J. et al. The influence of cultivar and environment on the chlorophyll concentration of Australian canola seed. **Australian journal of experimental agriculture**, Melbourne, v. 43, n. 2, p. 169-176, 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2ª ed. 660 p. 2015.

MARTINS, C. C.; SILVA, N.; MACHADO, C. G. Testes para a seleção de populações de cenoura visando ao vigor e à longevidade das sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 768- 775, 2014.

MARTINS, C.C. et al. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016.

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

MERTZ-HENNING, L.M. et al. Effect of Water Deficit-Induced at Vegetative and Reproductive Stages on Protein and Oil Content in Soybean Grains. **Agronomy**, v. 8, n. 1, p. 3, 2018.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Registro Nacional de Cultivares. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

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

NAKAMURA, H. **Desirable qualities of soybeans**: Japanese view point. In: World Soybean Research Conference. v. 11. p. 1-7, 1980.

NATARAJAN, S. et al. Transgenic soybeans and soybean protein analysis: an overview. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 61, n. 48, p. 11736-11743, 2013.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Cold and Warm Episodes by Season. National Weather Service. **Climate Prediction Center**. 2016. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 05 jan 2019.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The Macmillan, v. 1, 839 p. 1979.

NETO, JM; MOITA, G. C.. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química nova**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 467-469, 1998.

OBENDORF, R.L. et al. Soluble oligosaccharides and galactosyl cyclitols in maturing soybean seeds in planta and in vitro. **Crop Science**, Madison v. 38, n. 1, p. 78-84, 1998.

OECD/FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, OECD-FAO Agricultural **Outlook**, OECD Publishing, Paris, 2015.

OLIVEIRA, S. S. C. et al. Seleção de progênies de naboforrageiro para germinação sob altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 217-222, 2014.

PÁDUA, G.P. de et al. Response of soybean genotypes to the expression of green seed under temperature and water stresses. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 140-149, 2009.

PÁDUA, G.P. et al. Tolerance level of green seed in soybean seed lots after storage. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 128-138, 2007.

PALACIOS, C. J. et al. Isolated and combined effects of elevated CO₂ and high temperature on the whole-plant biomass and the chemical composition of soybean seeds. **Food Chemistry**, Washington, v. 275, p. 610-617, 2019.

PARDO, F.F. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja esverdeadas em diferentes tamanhos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 3, p. 39-43, 2015.

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

POTTS, H.C. et al. Some Influences of Hardseededness on Soybean Seed Quality 1. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 2, p. 221-224, 1978.

PRASAD, P.V.V.; BHEEMANAHALLI, R.; JAGADISH, S.V.K. Field crops and the fear of heat stress—opportunities, challenges and future directions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 200, p. 114-121, 2017.

PRASAD, P.V.V.; JAGADISH, S.V.K. Field crops and the fear of heat stress—opportunities, challenges and future directions. **Procedia Environmental Sciences**, v. 29, p. 36-37, 2015.

PRIETO-DAPENA, P. et al. Improved resistance to controlled deterioration in transgenic seeds. **Plant physiology**, Rockville, v. 142, n. 3, p. 1102-1112, 2006.

PROBERT, R. et al. Seed quality for conservation is critically affected by pre-storage factors. **Australian Journal of Botany**, Darwin, v. 55, n. 3, p. 326-335, 2007.

PUTEH, A.B. et al. Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seed yield response to high temperature stress during reproductive growth stages. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 7, n. 10, p. 1472, 2013.

QUEIROZ, E.F. et al. Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, p.701-10. 1981.

QUEIROZ, E.F.; et al. **Recomendações técnicas para a colheita da soja**. Londrina: EMBRAPA, 32 p. 1978.

RANGEL, M.A.S. et al. Presença e qualidade de sementes esverdeadas de soja na região sul do estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 127-132, 2011.

RAO, A.C.S. et al. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison v.85, p.123-128, 1993.

RASHID, M. et al. Forage rape (*Brassica napus* L.) seed quality: Impact of heat stress in the field during seed development. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 217, p. 172-179, 2018.

REIS, H.F.; GOULART, A.C.P. Associação de *Cercospora kikuchii* com sementes de soja com “mancha púrpura”. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, p. 274, 1998.

REZENDE, P.M.; CARVALHO, E.A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1616-1623, 2007.

RIBEIRO, A.B.M. et al. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 7, 2017.

RIGHETTI, K. et al. Inference of longevity-related genes from a robust co-expression network of seed maturation identifies regulators linking seed storability to biotic defense-related pathways. **The Plant Cell**, Rockville, v. 27, p. 2692-708, 2015.

RIMMER, Samuel Roger et al. **Compendium of brassica diseases**. Saint Paul: American Phytopathological Society (APS Press), 136 p. 2007.

RODRIGUES, D.S. et al. Desempenho de Plantas de Soja Em Função do Vigor das Sementes e do Estresse Hídrico. **Revista Científica Rural**, Bajé, v. 20, n. 2, p. 144-158, 2018.

RUBEL, A.; RINNE, R. W.; CANVIN, D.T. Protein, Oil, and Fatty Acid in Developing Soybean Seeds 1. **Crop Science**, Lexington, v. 12, n. 6, p. 739-741, 1972.

SANO, N. et al. Staying Alive: Molecular aspects of seed longevity. **Plant Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660-674, 2016.

SATTLER, S.E. et al. Vitamin E is essential for seed longevity and for preventing lipid peroxidation during germination. **The plant cell**, Rockville, v. 16, n. 6, p. 1419-1432, 2004.

SAVARY, S. et al. Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. **Food Security**, v. 4, p. 519-537, 2012.

SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A.; Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.3, p. 350-41, 2009.

SCHWEIZER, T.F.; HORMAN, I. Purification and structure determination of three α -D-galactopyranosylcyclitols from soya bean. **Carbohydrate Research**, v. 95, n. 1, p. 61-71, 1981.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.31, n.4, p.507-512, 1974.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p.487-533, 1999.

SHERMAN-BROYLES, S. et al. The wild side of a major crop: Soybean's perennial cousins from Down Under. **American journal of botany**, v. 101, n. 10, p. 1651-1665, 2014.

SILVA, C.L. et al. Seleção de genótipos de trigo para rendimento de grãos e qualidade de panificação em ensaios multiambientais1. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 4, p. 360-371, 2015.

SILVA, J.B.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Comportamento de sementes de cultivares de soja, submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 755-762, 2010.

SILVEIRA NETO, A.N. et al. Desempenho de linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35 n. 2, p. 103-108, 2005.

SILVEIRA, J.M.; CONTE, O.; MESQUITA, C.M. Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa. **Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2 ed , Londrina: Embrapa soja, 2013.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. Compendium of soybean Disease. 3 ed. Ed. St Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 106 p. 1989.

SINCLAIR, T.R. et al. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 53-59, 2005.

SMITH, J.R. et al. Identification of soybean accessions with high germinability in high-temperature environments. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 6, p. 2279-2288, 2008.

SONG, W. et al. Spatial differences in soybean bioactive components across China and their influence by weather factors. **The Crop Journal**, Beijing, v. 6, n.6, p. 659-668, 2018.

SPEARS, J.F.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigour. **Seed Science and Technology**, v. 25, p. 233-244, 1997.

SPEHAR, C.R.; FRANCISCO, E.R.; PEREIRA, E.A. Yield stability of soybean cultivars in response to sowing date in the lower latitude Brazilian Savannah Highlands. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 6, p. 1059-1068, 2015.

SUGLIANI, M. et al. Natural modifiers of seed longevity in the *Arabidopsis mutants abscisic acid insensitive3-5 (abi3-5)* and *leafy cotyledon1-3 (lec1-3)*. **New Phytologist**, London, v. 184, n. 4, p. 898-908, 2009.

SUNDSTRÖM, J.F. et al. Future threats to agricultural food production posed by environmental degradation, climate change, and animal and plant diseases—a risk analysis in three economic and climate settings. **Food Security**, v. 6, n. 2, p. 201-215, 2014.

TAVARES, L.C. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.8, p.1357-1363, 2013.

TEIXEIRA, R.N. et al. Gene expression profiling of the green seed problem in soybean. **BMC plant biology**, London, v. 16, n. 1, p. 37, 2016.

TEJEDOR-CANO, J. et al. Loss of function of the HSFA9 seed longevity program. **Plant, cell & environment**, Oxford, v. 33, n. 8, p. 1408-1417, 2010.

TEKRONY, D. M. et al. Effect of Date of Harvest Maturity on Soybean Seed Quality and Phomopsis sp. Seed Information 1. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 1, p. 189-193, 1984.

THELEN, J.J.; OHLROGGE, J.B. Metabolic engineering of fatty acid biosynthesis in plants. **Metabolic engineering**, v. 4, n. 1, p. 12-21, 2002.

THOMAS, J.F.; RAPER, C.D. Photoperiodic Control of Seed Filling for Soybeans 1. **Crop Science**, Madison, v. 16, n. 5, p. 667-672, 1976.

THOMAS, J.M.G. et al. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 4, p. 1548-1557, 2003.

VALÁRIO, B.P. **Estudo da tolerância à dessecação e longevidade em sementes de soja (*Glycine max* (L.) MERR.)**. 2016, 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

VALLADARES, G.S. et al. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, 2008.

VAN DIE, M.D. et al. Soy and soy isoflavones in prostate cancer: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **BJU international**, v. 113, n. 5b, p. 119-130, 2014.

VIANNA, V.F. et al. The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 30, p. 4162-4169, 2013.

WALLEN, V.R.; SEAMAN, W.L. Seed infection of soybean by *Diaporthe phaseolorum* and its influence on host development. **Canadian Journal of Botany**, Birmingham, v. 41, n. 1, p. 13-21, 1963.

WASSMANN, R. et al. Regional vulnerability of climate change impacts on Asian rice production and scope for adaptation. **Advances in Agronomy**, v. 102, p. 91-133, 2009.

WIJEWARDANA, C.; REDDY, K.R.; BELLALLOUI, N. Soybean Seed Physiology, Quality, and Chemical Composition under Soil Moisture Stress. **Food Chemistry**, Washington, 2018.

WILCOX, J.R.; CAVINES, J.F. Normal and low linolenic acid soybean strains. Response to planting date. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1248-1251, 1992.

XIN, X. 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.

XU, G., SINGH, S., BARNABY, J., BUYER, J., REDDY, V., & SICHER, R. Effects of growth temperature and carbon dioxide enrichment on soybean seed components at different stages of development. **Plant Physiology and Biochemistry**, 108, 313-322. 2016.

ZANAKIS, G.N.; ELLIST, R.H.; SUMMERFIELD, R.J. A comparison of changes in vigour among three genotypes of soyabean (*Glycine max*) during seed development and maturation in three temperature regimes. **Experimental agriculture**, Melbourne, v. 30, n. 2, p. 157-170, 1994.

ZANON, A.J. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e baixas. **Bragantia**, Campinas, v.74, p.400-411, 2015a.

ZANON, A.J. et al. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas, v.74, p.279-290, 2015b.

ZHAO, C. et al. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 114, n. 35, p. 9326-9331, 2017.

ZHONG, S. et al. Ethylene-orchestrated circuitry coordinates a seedling's response to soil cover and etiolated growth. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, Washington, v.111, p.3913-3920, 2014.

ZINSMEISTER et al. ABI5 is a regulator of seed maturation and longevity in legumes. **The Plant Cell**, Rockville, v. 28, p. 2735-2754, 2016.

ZORATO, M.D.E.F. et al. Presença de sementes esverdeadas em soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 11–19, 2007.