

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES**



Tese

**FATORES ASSOCIADOS AO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE
SEMENTES DE SOJA**

Rafael de Oliveira Vergara

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

V494f Vergara, Rafael de Oliveira

Fatores associados ao potencial de armazenamento de sementes de soja / Rafael de Oliveira Vergara ; Gizele Ingrid Gadotti, orientadora. — Pelotas, 2020.

98 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. *Glycine max*. 2. Vigor de sementes. 3. Sementes esverdeadas. 4. Potencial de armazenamento. 5. Deterioração. I. Gadotti, Gizele Ingrid, orient. II. Título.

CDD : 631.521

RAFAEL DE OLIVEIRA VERGARA

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes

**FATORES ASSOCIADOS AO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE
SEMENTES DE SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Profa. Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde

Pelotas, 2020
Rio Grande do Sul, Brasil

Rafael de Oliveira Vergara

**Fatores associados ao potencial de armazenamento de sementes de
soja**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências,
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 20/01/2020

Banca examinadora:

Prof^a.Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti (orientadora)

Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Eng^o.Agro^o.Dr. Ademir dos Santos Amaral

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Eng^o Agro^o. Dr. Geri Eduardo Meneghello

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Gazolla Neto

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Ádamo de Sousa Araújo

Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

À minha família, pelo apoio incondicional ao longo desta trajetória.

À grande professora e amiga Gizele Ingrid Gadotti, pelo apoio, orientação e incontáveis colaborações.

Aos grande amigos e professores Francisco Amaral Villela e Tiago Aumonde, pelo conhecimento compartilhado, amizade e orientação destes anos.

Aos professores e amigos do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela colaboração no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Pelotas e Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Semente, pela oportunidade de realização do curso.

RESUMO

VERGARA, Rafael de Oliveira. Fatores associados ao potencial de armazenamento de sementes de soja. 2020. 98 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

A soja atualmente é uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, tornando-se nas últimas décadas uma importante fonte de renda e desenvolvimento nas regiões produtoras da cultura. Neste contexto a obtenção de lavouras de elevado potencial produtivo ganham destaque, assim diversos estudos indicam que a utilização de sementes de alta qualidade proporcionam o estabelecimento de campos de produção com maior potencial produtivo quando comparado a campos oriundos de sementes de menor qualidade. Entretanto o período de armazenamento de sementes é uma etapa crítica para a pós colheita de sementes de soja de alta qualidade, devido a interação entre os fatores que condicionam o potencial de armazenamento de soja, e entre eles merecem destaque a qualidade inicial das sementes, a temperatura e umidade de armazenamento. Pelo exposto, o presente estudo objetivou avaliar a influência do ponto de colheita, incidência de dano por umidade e presença de sementes esverdeadas no potencial de armazenamento de sementes de soja. Para tal, foram desenvolvidos experimentos relacionados a época de colheita, atraso de colheita e comportamento de sementes esverdeadas. Nos referidos ensaios foram estudados a influência desses fatores no potencial de armazenamento. Notou-se que a época de colheita, ou seja, a qualidade inicial das sementes de soja condicionam o potencial de armazenamento de sementes. Vale enfatizar que a antecipação ou o retardamento de colheita tendem a comprometer a qualidade fisiológica de sementes ao longo do armazenamento.

Palavras-chave: *Glycine max*; vigor de sementes; sementes esverdeadas; potencial de armazenamento; deterioração

ABSTRACT

VERGARA, Rafael de Oliveira. Components associated with soybean seed storage potential. 2020. 98 p. Dissertation (Doctorate) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Soybean is currently one of the main commodities in Brazilian agribusiness, becoming in the last decades an important source of income and development in the regions that produce the crop. In this context, obtaining crops with high productive potential is highlighted, thus several studies indicate that the use of high quality seeds provides the establishment of production fields with greater productive potential when compared to fields from lower quality seeds. However, the seed storage period is a critical stage for the post-harvest of high quality soybean seeds, due to the interaction between the factors that condition the soybean storage potential, among which the initial seed quality, the storage temperature and humidity. From the above, the present study aimed to evaluate the influence of the harvest point, incidence of moisture damage and the presence of greenish seeds in the storage potential of soybean seeds. For this, it was developed studies related to the harvest time, harvest delay and greenish seed behavior, in the referred tests the influence of these factors on the storage potential. It was noted that the harvesting period, that is, the initial quality of soybean seeds conditions the seed storage potential. It is worth emphasizing that the anticipation or delay of harvest tends to compromise the physiological quality of seeds during storage.

Keywords: *Glycine max*; seed vigor; storage potential; deterioration

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1: Maturação, ponto de colheita e armazenamento de sementes de soja

Figura 1. Dados de precipitação.....	40
Figura 2. Qualidade inicial de sementes de soja pela primeira contagem de germinação, germinação, envelhecimento acelerado e teste de tetrazólio em relação a colheita após R6.....	41
Figura 3. Comportamento de 5 épocas de colheita ao longo do armazenamento.....	41

Artigo 2: Harvest delay, storage and physiological quality of soybean seeds

Figura 1. Dados de precipitação do período de armazenamento a campo.....	44
Figura 2. Qualidade inicial de sementes de soja submetidas a cinco épocas de colheita.....	45
Figura 3. Qualidade inicial de sementes de soja submetidas a cinco épocas de colheita pelo teste de tetrazólio.....	47
Figura 4. Qualidade final de sementes de soja submetidas a cinco épocas de colheita.....	49

Artigo 3: Ambiente de armazenamento e desempenho fisiológico de sementes de soja esverdeadas

Figura 1. Teste de Condutividade elétrica para os três níveis de mistura.....	58
Figura 2. Teste de envelhecimento acelerado para os três níveis de mistura.....	60
Figura 3. Emergência a campo de sementes para os três níveis de mistura.....	63
Figura 4. Teste de germinação para os três níveis de mistura.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 A cultura.....	11
2.2 A qualidade da semente.....	13
2.3 O potencial de armazenamento.....	14
2.4 Fatores que influenciam o potencial de armazenamento.....	15
2.4.1 Ponto de colheita.....	15
2.4.2 Dano por umidade.....	16
2.4.3 Sementes esverdeadas.....	17
2.4.4 Ambiente de armazenamento.....	20
3 ARTIGOS.....	22
3.1 Artigo 1: Maturação, ponto de colheita e armazenamento de sementes de soja.....	22
3.2 Artigo 2: Atraso na colheita, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja.....	42
3.3 Artigo 3: Ambiente de armazenamento e desempenho fisiológico de sementes de soja esverdeadas.....	53
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
5 REFERÊNCIAS.....	73
6 Anexo I: Projeto de doutorado.....	82

1.0 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) atualmente é uma das principais *commodities* do agronegócio brasileiro, que vem se tornando fonte de renda e prosperidade para as diversas regiões produtoras do país, responsável pela colonização e desenvolvimento de diversas fronteiras agrícolas no território nacional e internacional. A cultura apresentou área semeada de 36.714,7 mil hectares, com produção total de 113,9 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3.292 kg.ha⁻¹ na safra 2019/2020, variáveis estas que apresentam valores crescentes nos últimos anos (CONAB, 2019).

Neste sentido, a semente é o insumo fundamental para o estabelecimento das lavouras brasileiras, se apresentando como vetor de novas tecnologias. No ano de 2015, a taxa de utilização de sementes legais no Brasil foi de 71% (ABRASEM, 2017). Os avanços oriundos do melhoramento genético em conjunto com a qualidade da semente produzida e ofertada aos agricultores apresenta papel fundamental para o desenvolvimento da cultura e na melhoria das condições de vida das regiões produtoras.

Trabalhos de pesquisa evidenciam a relação existente entre a qualidade da semente utilizada para a semeadura e o potencial produtivo de uma mesma cultivar, em especial sementes de maior vigor tendem a apresentar maior produção em comparação às sementes de baixo vigor (KOLCHINSKI et al., 2005; SCHEEREN et al., 2010). Entretanto nas diversas regiões produtoras de sementes do Brasil, são muitos os fatores que influenciam na qualidade da semente produzida, em especial é possível evidenciar as condições climáticas da região. Assim, as sementes estão suscetíveis à ocorrência de dano por umidade, por conta de chuvas na pré-colheita, má formação devido à ocorrência de veranicos e também à presença de sementes esverdeadas.

O aparecimento de sementes esverdeadas na cultura da soja pode ocorrer por diversos fatores, como veranicos, doenças, inadequada escolha do ponto de dessecação em pré-colheita e ocorrência de altas temperaturas na fase de maturação. A presença de coloração verde na semente indica que esta não concluiu a maturação de maneira eficiente, e assim não degradou por completo a clorofila existente. É possível constatar ao comparar lotes com presença de sementes esverdeadas, que estas apresentam qualidade inferior

em relação às sementes que apresentam coloração amarela (totalmente maduras), ou seja, ao avaliar três lotes de sementes, um lote com cem por cento de sementes esverdeadas, outro com mistura de sementes amarelas e esverdeadas, e outro com somente sementes amarelas, fica evidente que o lote que apresenta maior nível de sementes esverdeadas apresenta qualidade inferior aos demais (ZORATO et al., 2007).

Em contraponto, diversos autores (PELÚZIO et al., 2008; DINIZ et al., 2013; VERGARA et al., 2019) observaram que o atraso de colheita associado a condições climáticas inadequadas tendem a ocasionar decréscimo na qualidade fisiológica das sementes, tal fato estando diretamente relacionado com a elevação da incidência de dano por umidade.

O objetivo da presente tese é avaliar e quantificar a influência de fatores relacionados ao ponto de colheita sobre o potencial de armazenamento de sementes de soja. Para tal, a tese consiste em três artigos, o primeiro retratando a influência do ponto de colheita na qualidade inicial e final de sementes de soja, o segundo indicando o efeito do atraso de colheita na qualidade de sementes de soja e por último, o terceiro indicando o potencial de armazenamento de sementes de soja produzidas em campo com o problema “sementes esverdeadas”.

Hipótese

Existência de fatores associados, como imaturidade e deterioração, que impacte no potencial de armazenamento de sementes de soja.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma cultura amplamente difundida pelo mundo, considerada uma espécie que apresenta grande importância devido à composição química do grão. Sendo fonte de proteínas tanto para alimentação humana quanto para animal, outro fator de grande importância é o teor de óleo presente neste grão, que é utilizado para os mais diversos fins. Tais fatores fazem da soja uma matéria prima de grande importância para economia mundial.

A soja que hoje é cultivada é muito diferente dos seus ancestrais, que eram cultivados na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse, na China. Na segunda década do século XX, o teor de óleo e proteína do grão começa a despertar o interesse das indústrias mundiais. No entanto, as tentativas de introdução comercial do cultivo do grão na Rússia, Inglaterra e Alemanha fracassaram, provavelmente, devido às condições climáticas desfavoráveis. No final da década de 1960, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Na época, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. O Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País. A explosão do preço da soja no mercado mundial, em meados de 1970, desperta ainda mais os agricultores e o próprio governo brasileiro. Atualmente, os líderes mundiais na produção mundial de soja são os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai (EMBRAPA, 2017).

O ingresso no Brasil se deu oficialmente no estado do Rio Grande do Sul no ano de 1914, neste foram introduzidas cultivares originadas dos Estados Unidos da América, regiões que apresentavam clima semelhante. Entretanto sua disseminação no território brasileiro se deu na década de 70, quando a indústria de óleo foi ampliada (APROSOJA, 2017). Atualmente a soja é a cultura que ocupa maior área no território brasileiro, com cerca de 57% da área cultivada. Deste total, 45% da área semeada está localizada na região central do Brasil, e 30% na região sul. Sendo o estado do Mato Grosso, o principal produtor, com 27% da área semeada no país (CONAB, 2019).

A cultura da soja apresenta como estrutura de propagação a semente, e esta têm papel fundamental no estabelecimento e posterior produção de grãos. Neste sentido, diversos autores (KOLCHINSKI et al., 2005; SCHUCH et al., 2009; SCHEREEN et al., 2010), estudando a qualidade de sementes de soja, observaram que plantas originadas de sementes de alto vigor apresentavam maior produção, comparativamente às plantas originadas de sementes de baixo vigor.

Entretanto a qualidade da semente produzida na principal região produtora, a região centro oeste brasileira, é fortemente influenciada pelas condições ambientais, como altas temperaturas, déficit hídrico, chuvas em pré-colheita, determinando a produção de sementes de menor qualidade.

2.2 A qualidade de sementes

A qualidade das sementes é composta pela interação de quatro atributos: físicos, genéticos, sanitários e fisiológicos. De tal forma que o conjunto destes fatores condicionam o desempenho de plântulas a campo. O estabelecimento e desempenho de uma cultura depende da qualidade das suas sementes, fator que está diretamente relacionado com altas taxas de germinação, de vigor e de sanidade, bem como a garantia da pureza física e genética (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A qualidade física está relacionada ao teor de água na massa de sementes, pureza e no caso da soja, a padronização de acordo com tamanho. A classificação da semente de soja é realizada há vários anos no Brasil; essa é uma técnica importante uma vez que a padronização por tamanho das sementes resulta num incremento da precisão de semeadura, o que facilita a obtenção da população de plantas desejada (Krzyzanowski et al., 1991).

A contaminação genética, está relacionada a mistura genética ou varietal, sendo que tais eventos podem ocorrer desde o campo de produção até as etapas de pós colheita. No campo se observa a ocorrência de mistura varietal pela ocorrência de mistura de cultivares distintas podendo ser ocasionada pela falta de limpeza dos equipamentos ou pela ausência de isolamento de campo adequado. A mistura genética geralmente é ocasionada pela utilização inadequada dos campos de produção, tal fato ocasiona o cruzamento indevido entre diferentes materiais genéticos (Peske et al., 2013). A falta de qualidade genética ocasiona a perda de identidade de um material genético, culminando em dificuldade de manejo e perda de potencial produtivo.

A qualidade sanitária poderá orientar para a necessidade ou não de tratamento de sementes. A importância da qualidade sanitária das sementes está no fato de que, aproximadamente, 90% das culturas utilizadas na alimentação humana e animal, são propagadas por sementes e o inóculo

presente nelas poderá resultar em aumento das doenças no campo e sua introdução em áreas livres de patógenos (Henning, 2005; Brandt et al., 2009). Outro fator que merece destaque é a limitação na emergência e estabelecimento de plântulas ocasionada por fungos fitopatogênicos.

A germinação e vigor expressam a qualidade fisiológica, este atributo geralmente é associado a argumentação na venda e na tomada de decisão na aquisição de sementes. É notável a influência da qualidade fisiológica no estabelecimento do potencial produtivo da cultura, Bagatelli et al. (2016) estudando o efeito da qualidade fisiológica no desempenho produtivo da soja concluíram que sementes de alto vigor tendem a estabelecer lavouras de maior potencial produtivo.

Entretanto para ofertar sementes de alta qualidade ao mercado, é primordial que está seja acondicionada em condições ambientais adequadas, objetivando a manutenção da qualidade obtida no campo de produção.

2.3 Potencial de armazenamento

A deterioração das sementes resulta em uma série de alterações deletérias que ocorrem ao longo do tempo (envelhecimento), que podem ser aceleradas ou atenuadas de acordo com o ambiente, principalmente em relação à temperatura e umidade relativa, bem como em relação à presença de insetos e microorganismos que consumir reservas de sementes (Marcos-Filho, 2015).

A capacidade de conservação das sementes de uma espécie ou cultivar depende dos fatores que definem a qualidade inicial das sementes e das condições ambientais de armazenagem (Carvalho e Nakagawa, 2000). Os principais fatores abióticos que afetam a qualidade da semente no armazenamento são: o teor de água das sementes, relacionado à umidade relativa do ambiente, e as condições de temperatura de armazenamento (Harrington, 1972).

Para a cultura da soja, as sementes são normalmente armazenadas em sacos de sementes colocados em armazéns convencionais, ou seja, sem controle ambiental, expondo as sementes a oscilações na umidade relativa e na temperatura. Essas oscilações não apenas aceleram o processo de

envelhecimento, mas também podem favorecer a infecção por fungos e pragas, que em conjunto provocam perda de vigor e germinação (Fessel et al., 2003).

Forti et al. (2010) observaram, através de testes de germinação e vigor, que o ambiente de armazenamento não controlado ocasionou maior redução do potencial fisiológico nas sementes de soja, em comparação com a câmara seca (50% UR e 20 °C) e câmara fria (90% UR e 10 °C).

Nesse sentido, Marcos-Filho et al. (2009) indicaram que lotes de sementes de alta qualidade apresentaram menor flutuação na porcentagem de plântulas emergidas.

2.4 Fatores que influenciam o potencial de armazenamento

2.4.1 Ponto de colheita

Durante o processo de formação e maturação das sementes, são verificadas alterações na massa da matéria seca, grau de umidade, tamanho, germinação e vigor, sendo a maior qualidade fisiológica observada no ponto de maturidade fisiológica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). De acordo com Marcos Filho (2015), a maturidade fisiológica identifica o momento em que cessa a transferência de matéria seca da planta para as sementes, que nessa ocasião apresentam potencial fisiológico elevado senão máximo, porém apresentando elevados teores de água.

Existe uma tendência por parte dos agricultores pela utilização de materiais genéticos de hábito de crescimento indeterminado. Cultivares com hábito de crescimento indeterminado apresentam um maior período de sobreposição das fases vegetativa e reprodutiva do que as cultivares determinadas, assim apresentando maior desuniformidade na maturação (BARNI; MATZNAUER, 2000; ZANON, et al., 2015).

Neste contexto, pela desuniformidade de maturação observada em plantas de soja, pode ocorrer a colheita antecipada ou o retardamento de colheita, estes eventos tendem a acometer a qualidade final dos lotes de sementes. O retardamento da colheita torna as sementes susceptíveis à deterioração e ataque de microorganismos no campo, devido à interferência de fatores do meio ambiente, como temperatura, umidade relativa do ar e

precipitações (MARCANDALLI et al., 2011). A ocorrência de dano por umidade é geralmente ocasionada pelo atraso de colheita, Vergara et al. (2019) estudando a variabilidade espacial do potencial de armazenamento de sementes de soja, concluíram que sementes com maior incidência de dano por umidade apresentam menor potencial de armazenamento, ou seja, produzem lotes de pior qualidade ao final do armazenamento.

Em contraponto, a colheita antecipada de sementes imaturas ou esverdeadas tende a ocasionar menor qualidade do lote de sementes. Neste contexto estudando o comportamento de lotes com a presença de sementes esverdeadas, Zorato et al. (2007) observaram que a presença destas ocasiona em lotes de menor potencial fisiológico. Rangel et al. (2011) concluíram que à medida que ocorrem acréscimos dos percentuais de sementes verdes, observa-se redução acentuada da germinação e do comprimento da raiz primária.

É primordial que se obtenha maior acurácia na decisão do momento de colheita, devido a influência ocasionada na qualidade final dos lotes comercializados, uma vez que a colheita antecipada de sementes imaturas e a colheita de sementes deterioradas comprometem o potencial de armazenamento. A desuniformidade na maturação deve ser considerada, uma vez que na planta de soja, observa-se sementes em diferentes graus de formação. Assim, a escolha do ponto de colheita torna-se uma decisão complexa.

2.4.2 Dano por umidade

Condições climáticas desfavoráveis após a maturidade fisiológica em sementes de soja têm ocasionado problemas no seu potencial fisiológico, incluindo a ocorrência de danos por "umidade" (Forti et al., 2010).

As sementes de soja, devido as suas características morfológicas e químicas, destacam-se por serem bastante sensíveis à ação de fatores do ambiente (Marcos filho, 1979). Na maturidade fisiológica, os elevados teores de água das sementes, das vagens e da planta impedem a realização da colheita mecânica; assim, as sementes devem permanecer no campo até que atinjam o teor de água adequado para a colheita. A fase compreendida entre a

maturidade fisiológica e ponto adequado para a colheita, pode ser considerada como um período de "armazenamento" e raramente as condições climáticas são favoráveis para tal (França Neto e Henning, 1984). Nesse período, podem ocorrer danos por "umidade" nas sementes, que é resultado da exposição dessas em ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase de pós-maturidade. Tais danos apresentam uma maior magnitude, caso ocorram em ambientes quentes, típicos de regiões tropicais e subtropicais.

Esse problema é verificado com frequência em sementes de soja, devido à ausência da camada tegumentar composta por células em forma de "ampulheta" da hipoderme, na região oposta ao hilo, de modo que as expansões e contrações não são atenuadas (Marcos Filho, 2015), provocando nessa região, rugas características nos cotilédones, na região oposta ao hilo, ou sobre o eixo embrionário (França Neto et al., 1998). Muito embora, seja notável que pode ocorrer a incidência de dano por umidade sem a presença de enrugamento do tegumento.

O atraso da colheita, a partir da maturidade fisiológica, influência negativamente a qualidade das sementes produzidas (PELÚZIO et al., 2008; DINIZ et al., 2013), entretanto, para a cultura da soja, a colheita na maturidade fisiológica é inviável devido ao elevado teor de água na semente, impossibilitando a colheita mecanizada, dessa forma é necessário esperar a redução da umidade natural das sementes. Mesmo em regiões com clima apropriado para a produção de sementes de soja, a incidência de chuvas, variações da umidade relativa do ar e temperatura, no período entre a maturidade fisiológica e a operação de colheita, ocasionam o aumento do percentual de rachaduras, enrugamento do tegumento e dano por umidade, assim intensificando o processo de deterioração das sementes, além de facilitar a penetração de patógenos devido a maior exposição do tecido ao ambiente (MARCANDALLI et al., 2011).

2.4.3 Sementes esverdeadas

Na região do Cerrado brasileiro tem surgido um agente complicador ao potencial de armazenamento de sementes de soja. Ele se caracteriza pelo não declínio de clorofila e seus derivados nos cotilédones, devido à interferência

das condições ambientais durante a fase de maturação, o que podem surgir sementes esverdeadas que apresentam menor longevidade durante o armazenamento (NOODÉN, 1984, ZORATO et al., 2007).

Os cotilédones são considerados folhas modificadas representando as primeiras folhas da planta (Raven et al., 2001). Portanto, as mudanças na pigmentação durante a maturação das sementes podem estar ligadas ao processo de amarelecimento na senescência foliar, que compreende um número de alterações fisiológicas e bioquímicas (Thomas e Smart, 1993). Entretanto o processo bioquímico não é bem conhecido e, devido ao desenvolvimento de vagens e a senescência foliar estarem relacionados, muitas vezes, torna-se difícil separá-los (Noodén, 1984).

A degradação de clorofila está ligada ao uso forçado de todos os componentes do processo de senescência, tais como, degradação de proteína, mudanças na atividade de enzimas e nos padrões de izoenzimas (Thomas e Stoddart, 1975).

A medida que os cotilédones iniciam sua expansão, inicia-se também a deposição de reservas e, sendo parte do embrião, é considerado um tecido vivo que dispõe de todo aparato enzimático necessário para promover a degradação e o transporte de suas próprias substâncias de reserva, visando a nutrir o crescimento do eixo embrionário na germinação (Carvalho e Nakagawa, 2000). Ao mesmo tempo em que as reservas estão sendo depositadas no embrião em desenvolvimento, o conteúdo de DNA e RNA aumenta durante essa fase de expansão e também ocorre a deposição das moléculas de RNA mensageiro (mRNA), codificando as enzimas que degradarão as reservas armazenadas, durante o processo de germinação. Quando o embrião alcança seu tamanho máximo e a deposição de reservas é completada tem-se, então, o início da maturação e da desidratação das sementes (Bewley e Black, 1982; Bryant, 1989).

Entretanto em condições adversas durante a fase prematuridade fisiológica, esta série de eventos fisiológicos pode ser comprometida, ocasionando a presença de sementes esverdeadas. Deste modo para França Neto et al. (2012), a incidência de sementes esverdeadas em lotes de sementes de soja é variável, sendo condicionada pelo tipo e intensidade do estresse, do momento de ocorrência e também da sensibilidade da cultivar.

Na fase R6, a ocorrência de altas temperaturas (28 a 36°C) em conjunto com estresse hídrico, ocasiona em maior incidência de sementes esverdeadas e também ocorre decréscimo na massa de sementes. Entretanto a ocorrência de estresse hídrico em R7.2 combinado com baixas temperaturas não ocasiona aumento dos níveis de semente esverdeada (PÁDUA et al., 2007). Nessa fase, ocorrem a translocação muito rápida das reservas e as menores taxas de fotossíntese, impedindo a degradação completa da clorofila, que resulta na produção de sementes esverdeadas e de baixa qualidade (MARCOS FILHO, 2005).

A clorofila que é um dos pigmentos que compõe o sistema antena de captação de energia luminosa e possui importância do ponto de vista de produção de energia voltada ao crescimento e ao desenvolvimento. Contudo, a degradação não adequada deste pigmento fotossintético durante o processo de formação da semente, tem efeito negativo na germinação e principalmente no vigor de sementes de soja em período de pós-colheita (ZORATO et al., 2007). Sementes com coloração intensa de verde ou mesmo esverdeadas, geralmente apresentam elevados índices de deterioração, que podem levar a redução da germinação, do vigor e da viabilidade de lotes de sementes de soja (FRANÇA NETO et al., 2005).

No processo de maturação, a quantidade de clorofila é reduzida como resultado da ação das enzimas clorofilases. Estas degradam a clorofila e como consequência a cor verde tende a desaparecer, dando lugar à coloração amarela que é a cor normal da semente madura.

A degradação da clorofila durante a senescência ocorre pela influência de fatores externos, tais como estresse hídrico, redução da luminosidade, alterações na temperatura, aumento dos níveis de etileno ou algum outro fator. No interior das células ocorrem mudanças na expressão gênica que dará início a síntese e degradação de proteínas, e são através dessas mudanças que ocorre a degradação da clorofila (HEATON e MARANGONI, 1996).

A degradação da clorofila ocorre em diversas etapas, o íon Mg^{2+} , presente nas clorofilas é removido por meio de ácidos, apresentando como produto desta reação a feofitina que apresenta coloração verde oliva. Enzimas como a clorofilase hidrolisam o grupo fitila de cor verde, que é solúvel em água. Como resultado da remoção do Mg^{2+} e do grupo fitila, ocorre a formação dos

feoforbídeos, de coloração verde castanho, e podem ocorrer reações oxidativas que resultam em produtos incolores (BOBBIO e BOBBIO, 2001). Assim, para Sinnecker et al. (2002), as alterações que ocorrem na coloração das sementes de soja durante a maturação, indicam a degradação da clorofila.

Autores como Zorato et al. (2007) e Costa et al. (2001) descrevem que a ocorrência de níveis de sementes esverdeadas em soja ocasiona produção de lotes de sementes de menor germinação e vigor, em especial se a coloração esverdeada ocorre próximo ao eixo embrionário.

Ensaio de Jalink et al. (1999) denotaram a maturidade das sementes sendo importante para reduzir a possibilidade da clorofila produzir elétrons livres os quais podem causar injúria oxidativa. No relato dos autores, a deterioração das sementes durante o armazenamento tem, de forma frequente, se relacionado a radicais livres, mediando prejuízos oxidativos às proteínas, aos ácidos nucléicos e às membranas.

Outro fator que pode condicionar a ocorrência de sementes esverdeadas é a dessecação em pré-colheita em momento inadequado, assim quando é efetuada a aplicação de herbicida para este fim, antes que as sementes atinjam a maturidade (R7.3), é possível notar a ocorrência do evento sementes esverdeadas. Tal fato relacionado pela morte prematura das plantas, ocasionando a maturação forçada.

2.4.4 Ambiente de armazenamento

A soja possui sementes consideradas como de vida curta e condições desfavoráveis de armazenamento aceleram sua deterioração (POPINIGIS, 1985). Deste modo, o período de armazenamento é um período crítico para a manutenção da qualidade das sementes. O potencial de armazenamento é influenciado, entre outros fatores, pela espécie, qualidade inicial e ambiente de armazenamento (HARRINGTON, 1972; NAKAGAWA, 1979).

A velocidade da deterioração é diretamente relacionada a fatores genéticos, manejo e condições de armazenamento (DELOUCHE E BASKIN, 1973). Relacionado ao ambiente de armazenamento, Harrington (1972) destaca a influência do teor de água das sementes e da temperatura do ambiente no potencial de armazenamento das sementes.

Muito embora nos últimos anos tenham ocorrido avanços em novas tecnologias, ainda são notáveis as perdas qualitativas e quantitativas no processo de pós-colheita, em especial durante o armazenamento, tal fato justificado por as sementes estarem constantemente sujeitas a fatores externos como variações de temperatura e umidade relativa do ar (REGINATO, 2014).

O teor de água é fator preponderante na prevenção da deterioração das sementes (BERBERT et al., 2008; FORTI et al., 2010). SCHONS et al., 2018 observaram que condições de armazenamento com umidade relativa de 80% prejudicaram a qualidade fisiológica de sementes de soja. Tal fato está relacionado a semente se tratar de um material higroscópico, ou seja, o teor de água da semente acompanha as variações da umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento.

Neste contexto, o teor de água recomendável para o armazenamento de sementes de soja é de 12%, visando a manutenção do vigor e germinação de sementes (SMANIOTT et al., 2014).

Relacionado a temperatura de armazenamento das sementes, nota-se que sementes de soja resfriadas acondicionadas em menores temperaturas apresentam potencial fisiológico superior às sementes não resfriadas durante o armazenamento (ZUCHI et al., 2013).

A interação entre o teor de água das sementes, temperatura e potencial de armazenamento, está relacionado a atividade metabólica desta. Visto que a água e temperatura são fundamentais para as atividades metabólicas da semente, de tal forma que em condições de baixa umidade e temperatura tais reações apresentam atividade mínima. Consequentemente, a utilização de menores teores de água na semente associado a baixa temperatura do ambiente de armazenagem tendem a proporcionar melhor potencial de armazenamento.

3.0 Artigos

3.1 Artigo 1: Journal of Seed Science

MATURAÇÃO, PONTO DE COLHEITA E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE SOJA

Submetido em 20/12/2019

RESUMO - A cultura da soja trata-se de uma das principais commodities do agronegócio, deste modo a produtividade do cultivo apresenta grande importância e a semente exerce papel fundamental no estabelecimento do potencial produtivo. O período de armazenamento, compreendido constitui uma etapa crítica para a produção de sementes de alta qualidade. Pelo exposto o objetivo do presente trabalho foi estudar a influência do ponto de colheita no potencial de armazenamento de sementes de soja. O trabalho foi realizado em um campo de produção de sementes da cultivar NA5909RG, constituído de cinco épocas de colheita tendo como início o estágio R6, sendo que a cada 7 dias foi efetuada nova colheita. A qualidade foi avaliada aos 0, 60, 90 e 120 dias de armazenamento. Para avaliação da qualidade fisiológica avaliou-se a germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e tetrazólio. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, quando significativos os dados foram submetidos a regressão linear. Observou-se influência significativa da época de colheita na redução da qualidade inicial e no potencial de armazenamento de sementes. Conclui-se que a colheita de sementes aos 21 dias após R6 resulta na produção de sementes de maior qualidade fisiológica.

Termos para indexação: *Glycine max*. Maturidade fisiológica. Deterioração. Vigor.

HARVESTING POINT AND STORAGE POTENTIAL OF SOYBEAN SEEDS

ABSTRACT – Soybean crop is one of the main agribusiness commodities, so crop productivity is of great importance and seed plays a fundamental role in establishing productive potential. The storage period, understood is a critical step for the production of high quality seeds. Therefore, the objective of the present study was to study the influence of the harvesting point on soybean seed storage potential. The work was carried out in a field of seed production of the cultivar NA5909RG, consisting of five harvesting seasons beginning with stage R6, and every 7 days a new harvest was performed. Quality was evaluated at 0, 60, 90 and 120 days of storage. To evaluate the physiological quality, germination, first germination count, accelerated aging and tetrazolium were evaluated. The statistical design adopted was randomized blocks, when significant data were submitted to linear regression. Significant influence of harvest time on initial quality reduction and seed storage potential was observed. It is concluded that harvesting seeds at 21 days after R6 results in the production of seeds of higher physiological quality.

Index terms: *Glycine max*. Physiological Maturity. Deterioration. Vigor.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) apresenta elevada importância para o agronegócio mundial. No Brasil atualmente trata-se de uma das principais culturas produtoras de grãos, tornando-se fonte de renda e desenvolvimento econômico nas diversas regiões produtoras da cultura (Artuzo, 2018; Borlachenco e Gonçalves, 2017).

Embora a produtividade da cultura da soja seja influenciada por fatores climáticos, o potencial produtivo da cultura, entre outros fatores, é estabelecido pelo manejo de adubação e pela qualidade de sementes. A qualidade das sementes exerce efeito na produtividade, conforme demonstrado por Scheeren et al. (2010) e Bagatelli et al. (2019), que ao estudarem a influência da qualidade de sementes na produtividade, constataram que lotes de alta qualidade resultam em incremento de produtividade.

Durante o processo de formação e maturação das sementes, são verificadas alterações na massa da matéria seca, grau de umidade, tamanho, germinação e vigor, sendo a maior qualidade fisiológica observada no ponto de maturidade fisiológica (Carvalho e Nakagawa, 2000). De acordo com Marcos Filho (2015), a maturidade fisiológica identifica o momento em que cessa a transferência de matéria seca da planta para as sementes, que nessa ocasião apresentam potencial fisiológico elevado senão máximo, porém apresentando elevados teores de água.

Atualmente materiais genéticos de hábito de crescimento indeterminado são amplamente utilizados pelos agricultores, essas cultivares apresentam um maior período de sobreposição das fases vegetativa e reprodutiva do que as cultivares determinadas, assim apresentando maior desuniformidade na maturação (Barni e Matznauer, 2000; Zanon, et al., 2015).

Neste contexto, pela desuniformidade de maturação observada em plantas de soja, pode ocorrer a colheita antecipada ou o retardamento de colheita, estes eventos tendem a acometer a qualidade final dos lotes de sementes. O retardamento da colheita torna as sementes susceptíveis à deterioração e ataque de micro-organismos no campo, devido à interferência de fatores do meio ambiente, como temperatura, umidade relativa do ar e precipitações (Marcandalli et al., 2011). A ocorrência de dano por umidade é geralmente ocasionada pelo atraso de colheita, Vergara et al. (2019) estudando a variabilidade espacial do potencial de armazenamento de sementes de soja, concluíram que sementes com maior incidência de dano por umidade apresentam menor potencial de armazenamento, ou seja, produzem lotes de pior qualidade ao final do armazenamento.

Em contraponto, a colheita antecipada de sementes imaturas ou esverdeadas tende a ocasionar menor qualidade do lote de sementes. Neste contexto, conforme são observados acréscimos no percentual de sementes esverdeadas, nota-se decréscimo na germinação e no comprimento de raiz (Rangel et al., 2011)

É primordial que se obtenha maior acurácia na decisão do momento de colheita, devido a influência ocasionada na qualidade final dos lotes comercializados, uma vez que a colheita antecipada de sementes imaturas e a colheita de sementes deterioradas comprometem o potencial de armazenamento. A desuniformidade na maturação deve ser considerada, uma vez que na planta de soja, observa-se sementes em diferentes graus de formação. Assim, a escolha do ponto de colheita torna-se uma decisão complexa.

Pelo exposto, objetivou-se estudar a influência do ponto de colheita de sementes de soja e a resposta ao armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante a safra 2017/2018, em um campo de produção de sementes da cultivar NA5909RG no estado do Rio Grande do Sul. A cultivar NA5909RG apresenta habito de crescimento indeterminado e grupo de maturação de 6.2, sendo uma das cultivares mais semeadas na região sul do Brasil.

Foram obtidos os dados climatológicos da região onde estava localizado o campo de produção, segundo Köppen a região é classificada como Cfa, os dados relacionados as precipitações durante o período de pré-colheita, estes estão dispostos na figura 1 (INMET, 2019). O referido ensaio constituiu-se de cinco períodos de colheita, sendo a) a colheita 1: vagens 100% granadas e a planta com 100% de folhas verdes - estágio R6 (Ritchie, 1977); b) colheita 2: colheita aos 7 dias após a primeira colheita (R6+7); c) colheita 3: 14 dias após a primeira coleta (R6+14); d) colheita 4: aos 21 dias após a primeira coleta (R6+21); e) colheita 5: 28 dias após a primeira colheita (R6+28).

Para obtenção das amostras, foram coletados dois metros lineares de cada parcela a cada 7 dias. As plantas coletadas foram debulhadas manualmente e as sementes submetidas a secagem em estufa até umidade de 12%. Após, as sementes foram armazenadas em sacos de

papel e armazenadas em ambiente com temperatura aproximada de 15°C umidade relativa de cerca de 70%.

A qualidade das sementes foi avaliada em quatro períodos, no período inicial, ou seja, no tempo 0 (logo após a última coleta) e aos 60, 90 e 120 dias de armazenamento. As sementes foram submetidas as seguintes avaliações:

Primeira contagem de germinação (PCG): realizada em conjunto com ao teste de germinação, sendo a avaliação de plântulas normais realizada 5 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em percentual de plântulas normais.

Germinação: realizada de acordo com a metodologia recomendada pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009). Foram semeadas 4 repetições de 50 sementes em papel Germitest® pré-umedecido com água destilada, utilizando 3 vezes o peso do papel em volume de água, utilizando 3 folhas de papel. Após a semeadura, os rolos de papel Germitest® foram conduzidos ao germinador com temperatura constante de 25 °C durante o período de 8 dias, sendo os resultados expressos em percentual de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado: foram utilizadas caixas plásticas do tipo gerbox como compartimento individual, em cujo interior ocorreu a adição de 40 mL de água. As sementes foram colocadas em camada única sobre uma tela acondicionada dentro da caixa gerbox e mantidas a 41 °C durante 48 horas. Posteriormente, foram submetidas ao teste de germinação, realizando contagem única, no quinto dia após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem (Marcos Filho, 2015).

Teste de tetrazólio: realizado de acordo com a metodologia proposta por França Neto et al. (2018), apresentando como resultado a viabilidade (percentual de plântulas normais), vigor e dano por umidade (percentual de sementes danificadas por variação de umidade).

O delineamento estatístico adotado foi o delineamento em blocos ao acaso, utilizando 8 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e se significativos a nível de 5%, submetidos a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu interação significativa entre as épocas de colheita e o período de armazenamento de sementes de soja, onde se obteve efeito significativo nas variáveis primeira contagem de germinação, germinação e vigor por envelhecimento acelerado. De tal forma indicando a influência da época de colheita no potencial de armazenamento de sementes de soja. Para a variável primeira contagem de germinação, notou-se que na primeira época de colheita foi obtido valores de cerca de 90%, tendo seu ponto de máxima 21 dias após a primeira coleta e apresentando neste período valores próximos a 95%. Na coleta posterior, a R6+21 se observou severo decréscimo na variável, apresentando valores próximos a 85%, ou seja, decréscimo de 10 p.p. na referida variável (figura 2).

A germinação inicial apresentou influência da época de colheita no seu desempenho (Figura 2). Assim, verificou-se na coleta em R6 valores de germinação de cerca de 90%, em R6+7 valor próximo a 94%. Observou-se que semelhante ao observado na primeira contagem de germinação (Figura 2), a germinação apresentou ponto de máxima em R6+21, com 99% de plântulas normais. Na última colheita, ou seja, em R6+28, se obteve valores de cerca de 93%.

Para envelhecimento acelerado na qualidade inicial notou-se comportamento semelhante ao observado nas demais variáveis relatadas até o presente momento (Figura 2). Posteriormente a variável apresentou comportamento crescente até R6+21, apresentando neste momento seu ponto de máxima, com cerca de 95%. Em R6+28 notou-se decréscimo na variável, apresentando valores de cerca de 85%, semelhantes a PCG.

Diferentemente da germinação, o vigor de sementes tende a ser incrementado de forma marcante ao longo do desenvolvimento desta estrutura de perpetuação da espécie. Ao longo da

maturação, o processo de formação do embrião é metódico e complexo, envolvendo ainda a estruturação anatômica, elevação dos níveis de reservas e modificações bioquímicas importantes para o incremento do potencial de resposta destas sementes (Aumonde et al., 2017).

Os resultados corroboram com os obtidos por Zuffo et al. (2017), que estudando a influência do retardamento de colheita após o estágio R8, obtiveram decréscimo na variável vigor por envelhecimento acelerado, apresentando sensibilidade comparativamente a germinação para avaliação da deterioração.

A viabilidade foi também influenciada pela época de colheita (Figura 2), observou-se comportamento quadrático, apresentando ponto de máximo na curva no período que coincide a quarta coleta. Entre R6 e R6+21 notou-se comportamento crescente na referida variável, contudo, no período R6+21 e R6+28 o comportamento foi decrescente. Para a variável vigor, também presente na figura 1, notou-se comportamento semelhante ao obtido na viabilidade, assim apresentando comportamento crescente até o período da quarta coleta e a partir deste momento apresentando severo decréscimo.

Ao avaliar o dano por umidade (Figura 2), observou-se comportamento cúbico, apresentando leve crescimento entre R6 e R6+7. Notou-se a tendência de estabilização entre R6+7 e R6+21. Apresentando valores próximos a 85%, ou seja, decréscimo de 10p.p. na referida variável. Tal fato pode estar relacionado a incidência de precipitações na região (Figura 1), notando-se que uma precipitação de cerca de 30mm ao final do referido período, de tal forma, contribuindo para o acréscimo de cerca de 30p.p. na variável em questão obtido em R6+28. No período entre maturidade fisiológica e a colheita, as sementes de soja podem ser danificadas devido à alternância de condições ambientais úmidas e secas, que são ainda mais expressivas em regiões tropicais, onde é predominantemente quente e úmido (Castro et al. 2016).

Observou-se comportamento semelhante nas variáveis expostas na figura 2. Notou-se comportamento crescente nestas variáveis até R6+21, em R6+28 observa-se severo decréscimo quando comparado à época anterior. Entretanto notou-se comportamento inverso na variável dano por umidade, onde se obteve marcante acréscimo após a quarta época de colheita. É notável e esperado que o dano por umidade torne-se mais drástico após a maturidade fisiológica.

O ponto de maturidade fisiológica pode ser entendido como o período em que a semente apresenta o máximo em matéria seca, germinação e vigor. Este ponto, coincide geralmente, àquele em que as sementes e vagens tornam-se amarelas ou tenham perdido a cor verde (Veiga et al., 2007). Na cultura da soja a maturação é desuniforme, e durante este processo, verifica-se alterações na massa de matéria seca, teor de água, tamanho, germinação e vigor (Marcos Filho, 2015). Deste modo ocasionando em grande desuniformidade no “ponto de maturidade fisiológica”, assim é possível observar sementes em desenvolvimento e sementes deterioradas dentro de uma mesma planta, especialmente em cultivares que apresentam habito de crescimento indeterminado.

A partir das variáveis expostas na figura 2, demonstram que em R6+21, foram obtidos o maior percentual de sementes maduras e não deterioradas (baixa incidência de dano por umidade. Neste, é possível que estas sementes tenham apresentado adequada deposição de compostos relacionados a tolerância a dessecação, tais como oligossacarídeos da série rafinose e proteínas LEA, assim como, menor dano ao tegumento e ao vigor das sementes.

O período de armazenamento é um período crítico para a manutenção da qualidade das sementes. O potencial de armazenamento é influenciado, entre outros fatores, pela espécie, qualidade inicial e ambiente de armazenamento (Harrington, 1972). Neste sentido, como esperado, o potencial de armazenamento foi influenciado pela época de colheita (Figura 4). Este resultado pode ser atribuído a qualidade inicial, assim como, a quantidade de sementes maduras ou deterioradas. Evidenciou-se ainda, danos latentes durante o armazenamento,

justificando a crescente amplitude entre as épocas de colheita estudadas, de tal forma, que na qualidade inicial notou-se cerca de 5 p.p. de diferença entre o maior e menor valor de germinação, entretanto, na qualidade final se obteve diferença de 18 p.p.

As variáveis analisadas durante o armazenamento foram influenciadas pela época de colheita e pelo período de armazenamento. Na figura 3, observa-se similaridade ao exposto na figura 2, ou seja, a qualidade inicial influenciou pontualmente no potencial de armazenamento. De tal forma que a coleta em R6+21 apresentou o melhor desempenho para a variável durante todo período de armazenamento.

Na primeira contagem de germinação, a primeira época de coleta apresentou curva quadrática com severo decréscimo de cerca de 15 p.p. na variável após os 60 dias de armazenamento. A colheita em R6+7 apresentou comportamento semelhante ao observado na primeira colheita, tendo a partir dos 60 dias de armazenamento demonstrado decréscimo cerca de 5 p.p. na primeira contagem de germinação. Vale enfatizar que muito embora as duas referidas épocas de colheita tenham apresentado comportamento semelhante, notou-se decréscimo mais intenso na colheita em R6, apresentando valor inferior cerca de 10p.p. quando comparado a colheita em R6+7.

A germinação foi influenciada pelo tempo de armazenamento (Figura 3). Observou-se para todas as épocas de colheita comportamento semelhante ao observado na variável primeira contagem de germinação. A primeira época de colheita apresentou o menor valor de germinação ao final do período de armazenamento, apresentando curva com comportamento quadrático, com acréscimo na variável até 60 dias de armazenamento e posterior decréscimo, culminando em cerca de 10p.p. de decréscimo quando comparado a qualidade inicial.

O mesmo foi observado na segunda época de colheita (Figura 3), quando notou-se a curva quadrática, com tendência de estabilização até os 90 dias de armazenamento e com severo

decréscimo após o período, culminando em sementes com cerca de 85% de germinação ao final do armazenamento.

No vigor por envelhecimento acelerado presente na figura 3, notou-se para a primeira época de colheita, curva com comportamento quadrático, apresentando como ponto de máxima a qualidade inicial com valor de cerca de 85%. Semelhante ao observado na primeira contagem de germinação e germinação, notou-se tendência de estabilização até os 60 dias de armazenamento e posterior decréscimo no desempenho da variável em questão, culminando ao final do armazenamento em sementes com 75% de vigor por envelhecimento acelerado.

O vigor obtido através do teste de envelhecimento acelerado para a segunda época de colheita, apresentou curva com comportamento quadrático, ponto de máxima na qualidade inicial com cerca de 85% de vigor, apresentando como ponto de mínima a qualidade final com vigor de cerca de 55% (Figura 3). Notou-se diferença no comportamento da referida época de colheita quando comparado as demais variáveis analisadas, podendo tal comportamento, estar relacionado as condições estressantes oferecidas a semente durante o teste, tendo em vista que comparado a primeira época de colheita, a segunda época apresentava dois fatores limitantes ao potencial de armazenamento: sementes imaturas e dano por umidade. Por outro lado, de modo geral, é importante destacar que sementes não maduras fisiologicamente e estruturalmente tendem a apresentar reduções mais drásticas no vigor, inclusive devido a não terem passado por um processo de ajuste detalhado de membranas celulares (Aumonde et al., 2017).

Esses resultados concordam com os de Marcandalli et al. (2011) e Lamego et al. (2013), os quais verificaram que as sementes obtidas com aplicação de desseccantes no estágio R6 são de qualidade fisiológica inferior à das obtidas com aplicação nos estádios R7 e R8, vale enfatizar que nos referidos ensaios os resultados obtidos podem ter sido influenciados pela molécula herbicida utilizada. Dessa forma, pôde-se inferir que sementes imaturas quando secas,

a porcentagem de plântulas normais decresce acentuadamente, pois os mecanismos responsáveis pela tolerância à dessecação não estão presentes ou ativos, levando a semente a perder drasticamente sua viabilidade após a secagem e armazenamento (Evangelista et al., 2015).

A morte prematura da planta resulta na interrupção do acúmulo de foto-assimilados nas sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000). A composição química da semente pode influenciar qualitativamente e quantitativamente a disponibilidade de compostos passíveis de pronta utilização pelo embrião e afetar o processo de germinação da semente de soja (Delarmelino-Ferrares et al. 2014). Vergara et al. (2019) ao estudarem a variabilidade espacial do potencial de armazenamento de sementes de soja em campo de produção, observaram a existência de correlação entre teor de proteína e qualidade final de sementes, assim sementes com maior teor de proteína, apresentam qualidade superior ao final do armazenamento.

No presente trabalho, observou-se no momento da colheita em R6 e R6+7, um elevado percentual de sementes ainda não haviam atingido a maturidade fisiológica, ou seja, a semente ainda encontra-se na fase de acúmulo de matéria seca e conseqüentemente apresentava menor tolerância a secagem e armazenamento.

Para as colheitas em R6+14 e R6+28, os valores de primeira contagem de germinação ao final dos 120 dias de armazenamento foi semelhante, entretanto, o comportamento destas ao longo do armazenamento foi distinto (Figura 3). Na coleta em R6+14 se obteve comportamento linear, com decréscimo na variável de cerca de 5 p.p. Contudo ao observar comportamento das sementes obtidas em R6+28, observa-se curva com comportamento quadrático com decréscimo após os 60 dias de armazenamento, muito embora a referida época de colheita tenha apresentado valor superior na qualidade inicial comparativamente a terceira época de colheita, ao final do armazenamento notou-se valor semelhante com cerca de 85%. Tal fato está relacionado a elevada ocorrência de dano por umidade observada na colheita em R6+28, estudando a

ocorrência de dano por umidade em sementes de soja, Forti et al. (2010) observaram durante o armazenamento a evolução do referido dano, e consequentemente diminuição no seu potencial fisiológico.

A colheita em R6+14 e R6+28 apresentaram comportamento semelhante também para a germinação (Figura 3), tendo o mesmo sido observado na primeira contagem de germinação. Ambos os períodos de colheita apresentaram curva com comportamento linear decrescente, com qualidade inicial de cerca de 95%, apresentando germinação final de cerca de 90%, demonstrando um decréscimo de cerca de 5p.p. na variável durante o armazenamento para as duas épocas de colheita.

O vigor obtido pelo teste de envelhecimento acelerado indicou comportamento distinto do observado nos demais testes utilizados para o monitoramento da qualidade fisiológica, visto que nestes, a colheita em R6+14 e R6+28 apresentaram valores e comportamento semelhante (Figura 3). Entretanto de acordo com a figura 3, notou-se no envelhecimento acelerado que a colheita em R6+14 apresentou comportamento quadrático, com ponto de máxima na qualidade inicial com 90% de sementes vigorosas e aos 120 dias de armazenamento apresentando 85% de vigor. Deste modo indica decréscimo de cerca de 5 p.p. no nível de vigor após 120 dias de armazenamento.

Para a colheita em R6+28 observou-se comportamento quadrático na variável envelhecimento acelerado (Figura 3), com ponto de máxima aos 60 dias de armazenamento com valor de cerca de 85% e decréscimo de 15 p.p. ao final do período de armazenamento. A ocorrência do ponto de máxima ao 60 dias de armazenamento para esta colheita é justificado, em parte, pelo provável maior período de exposição a fatores abióticos e bióticos no campo de produção.

É notável que aos 60 dias de armazenamento, a colheita em R6+14 e R6+28 apresentaram similares valores de vigor pelo envelhecimento acelerado (Figura 3). Entretanto aos 90 e 120

dias de armazenamento notou-se amplitude crescente entre os valores obtidos entre as épocas de colheita, de tal forma que o vigor final da terceira e quinta época de colheita, apresentaram valores de respectivamente 85% e 70%. Tal fato pode ser justificado pelo retardamento de colheita, onde na figura 2, observou-se a elevada incidência de dano por umidade na última época de colheita, chegando a valores de até 35%. Vale enfatizar que a deterioração das sementes manifesta-se no decorrer do tempo, ocasionando reflexos negativos especialmente na expressão de vigor (Finoto et al., 2017).

Estudando a qualidade fisiológica de sementes submetidas a três épocas de colheita, Diniz et al. (2013) verificaram que a germinação e o vigor foram influenciadas negativamente pelo atraso de colheita, ocorrendo similaridade entre os resultados dos testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes com a emergência das plântulas em campo, considerando esse atrasado a partir de R8. Neste sentido Zuffo et al. (2017) estudando atraso de colheita após o estágio R8, concluíram que o referido ocasiona em decréscimo na germinação e vigor, além de ocasionar significativo aumento na ocorrência de patógenos.

O atraso de colheita, associado à variação da umidade relativa do ar, acarreta vários prejuízos às sementes expostas a esta condição, como o aumento das porcentagens de rachadura e enrugamento do tegumento, aumentando o processo de deterioração, em virtude de maior facilidade de penetração de patógenos e maior exposição do tecido embrionário ao ambiente (Marcandalli et al., 2011). Vale enfatizar, o expressivo aumento na ocorrência de dano por umidade observado na quinta época de colheita. Tal dano tende a intensificar a deterioração dos tecidos ocasionando em decréscimo de vigor, especialmente ao longo do armazenamento.

A colheita em R6+21 apresentou durante todo período de armazenamento os maiores valores para primeira contagem de germinação (Figura 3), apresentando curva com comportamento quadrático, com discreto acréscimo na variável entre os 60 e 90 dias de

armazenamento. A primeira contagem de germinação ao final do período de armazenamento apresentou similaridade com a qualidade inicial, ou seja, valores de cerca de 95%.

Semelhante ao observado na primeira contagem de germinação, a colheita em R6+21 apresentou os maiores valores para germinação durante o armazenamento (Figura 3), observou-se curva de comportamento linear, com ponto de máxima na qualidade inicial, com valor de 99% e ponto de mínimo aos 120 dias de armazenamento, com valor de 96%, ou seja um decréscimo de 3 p.p..

O vigor avaliado pelo envelhecimento acelerado indicou que a colheita em R6+21 resultou as sementes de maior nível de vigor (Figura 3). Houve ajuste a curva quadrática com ponto de máxima entre os 60 e 90 dias de armazenamento, com vigor de 96% e ponto de mínima aos 120 dias de armazenamento. Pelo exposto, é percebe-se a superioridade das sementes colhidas em R6+21, observando-se o maior vigor ao longo do armazenamento e a menor amplitude entre o ponto de máxima e mínima, indicando a época que confere maior potencial de armazenamento entre as épocas de colheita estudadas.

Pelo observado na qualidade inicial e potencial de armazenamento (Figura 2 e 3), é notável que a colheita em R6+21 é mais adequada para a colheita de sementes de soja da cultivar em questão. Na referida época de colheita, a intensidade de dano por umidade apresentou valores baixos, assim indicando curto período de armazenamento a campo. É possível inferir que aos 21 dias após o estágio de desenvolvimento R6 se encontra maior percentual de sementes maduras e não deterioradas.

Neste contexto, estudando a antecipação de colheita com dessecante na pré-colheita da soja, Lamego et al. (2013) observaram que nos estádios R6 e R7.1, provoca queda acentuada na produtividade da cultura, podendo estar relacionado ao menor acúmulo de matéria seca observado nestes estádios, sendo recomendável a dessecação em R7.3 sem a perda de produtividade. Todavia visando a qualidade de sementes, os autores observaram que os maiores

níveis de germinação são obtidos com dessecação nos estádios R6 e R7.1, muito embora se observe redução de vigor em sementes colhidas em R6. De acordo com Vergara et al. (2019), existe correlação entre os teores de proteína e o potencial de armazenamento de sementes, deste modo sementes com elevados teores de proteína apresenta qualidade superior ao final do armazenamento, entretanto, os autores observaram correlação entre incidência de dano por umidade e o potencial de armazenamento, assim conforme aumenta a incidência do referido dano ocorre a diminuição do potencial de armazenamento. Os resultados desse trabalho demonstram que 21 dias após R6 (aproximadamente R7.3) é a melhor época para obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica demonstrados pelos dados deste trabalho e ao longo do período de armazenamento.

Vale enfatizar, que a intensidade na ocorrência de dano por umidade é diretamente influenciada por fatores ambientais, especialmente por variações na umidade relativa do ar e incidência de precipitações. Deste modo a importância do conhecimento das condições climáticas da região, em especial na época de colheita é um importante fator na produção de sementes de alta qualidade. Tendo em vista, pelo exposto no presente trabalho a incidência de uma precipitação após a maturidade fisiológica comprometeu a qualidade da semente produzida, gerando um decréscimo de cerca de 20 p.p. no nível de vigor do lote, em um sistema que visa a produção de sementes de alto vigor, tal evento acarretara em sérios prejuízos.

Assim, a colheita em momento mais adequado proporciona a produção de sementes de alta qualidade, tendo em vista que as sementes devem apresentar a máxima matéria seca e tolerância a secagem e ao armazenamento. É notável que muito embora, exista diferença na qualidade inicial das épocas de colheita, ao longo do armazenamento esta diferença torna-se mais intensa, podendo ao final do armazenamento ocasionar o descarte do lote ou a errônea comercialização de lotes de baixa qualidade. Outro fator que merece ser destacado é influência do clima, em especial a ocorrência de precipitação no período após a maturidade das sementes,

assim as condições ambientais influenciaram de forma significativa o resultado obtido, tal evento é constantemente observado em condições de campo.

CONCLUSÕES

Para a cultivar NS5909RG a colheita 21 dias após o estágio R6 observa-se a melhor qualidade inicial de sementes.

A colheita efetuada 21 dias após o estágio R6 proporciona a produção de sementes com maior potencial de armazenamento.

A antecipação antes de 21 dias após R6 ou retardamento de colheita 28 dias após R6 ocasiona na produção de sementes de menor qualidade fisiológica após o armazenamento, para o ambiente de produção utilizado.

REFERÊNCIAS

- ARTUZO, F. D.; FOGUESATO, C.R.; SOUZA, A.R.L.; SILVA, L.X. Gestão de custos na produção de milho e soja. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.
- AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E.G; VILLELA, F.A. Estresses ambientais e a produção de sementes: Ciência e aplicação. Pelotas: UFPel, 2017. 313p.
- BAGATELLI, J.R.; DORR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Desempenho produtivo de plantas de soja originadas de lotes de sementes com níveis crescentes de vigor. *Journal of Seed Science*, v.41, n.2, pp.151-159, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>.
- BARNI, N. A.; MATZNAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 6, 189-203, 2000.

BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: Elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. *Interações*, v. 18, n. 1, p. 119-128, 2017.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: Funep. 2000. 588 pp.

CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, J.A.; LIMA, A.E.; SANTOS, H.O.; BARBOSA, J.I. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvesting period. *Journal of Seed Science*, v. 38, n. 1, p. 14-21, 2016.

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

DELOUCHE, J. C. Seed maturation. In: HANDBOOK of seed technology. Mississippi: Mississippi State University, 1971. p. 17-21.

DINIZ, F. O.; REIS, M.S.; DIAS, L.A.; ARAUJO, E.; SEDYAMA, T.; SEDYAMA, C.T. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. *Journal of Seed Science*, v.35, n.2, p.147-152, 2013.

EVANGELISTA, J. R. E.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M.; BOTELHO, F.J.E.; RESENDE, P.M.; MONDO, V.H.V. Potencial fisiológico de sementes de soja durante a maturação. *Informativo ABRATES*, v.25, n.1, p.39-42, 2015.

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*, vol. 32, nº 3, p. 123-133, 2010.

FINOTO, L.E.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SOARES, M.B.B.; GALLI, J.A.; CORDEIRO JUNIOR, P.S.; MENEZES, P.H.S. Antecipação e retardamento de colheita nos teores de óleo e proteína das sementes de soja, cultivar Valiosa RR. *Scientia Agropecuaria*, v. 8, n. 2, p. 99 – 107, 2017.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 406).

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

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia e Estatística). Rede de Estações Climatológicas. 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso em: 5 dez. 2019.

LAMEGO, F.P.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; KULCZYNSKI, S.M.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T.E.; SANTI, A.L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja, *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 929- 938, 2013.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.G. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: Qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileiro Sementes*, v. 33, n. 2, p. 241-250, 2011.

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

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

- RANGEL, M. A. S.; MINUZZI, A.; PIEREZAN, L.; TEODOSIO, T.K.C.; ONO, F.B.; CARDOSO, P.C. Presença e qualidade de sementes esverdeadas de soja na região sul do Estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 127-132, 2011.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G. O. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20 p. (Special Report, 53)
- SCHEEREN, B. R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.
- VEIGA, A.D.; ROSA, S.D.; SILVA, P.A.; OLIVEIRA, J.A.; ALVIM, P.O.; DINIZ, K.A. Tolerância de sementes de soja à dessecação. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n. 3, 2007.
- VERGARA, R. O.; GAZOLLA NETO, A.; GADOTTI, G.I. Space distribution of soybean seed storage potential. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 2, p. 399 –410, 2019.
- ZANON, A. J.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M.; CERA, J.C.; RICHTER, G.L.; LAGO, I.; SANTOS, P.M.; MACIEL, L.R.; GUEDES, J.V.C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. *Bragantia*, v, 74, n. 4, p. 400-411, 2015.
- ZUFFO, J. M. J.; ZUFFO JUNIOR, J.M.; ZAMBIAZZI, E.V.; STEINER, F.. Physiological and sanitary quality of soybean seeds harvested at different periods and submitted to storage. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 3, p. 312-320, 2017.

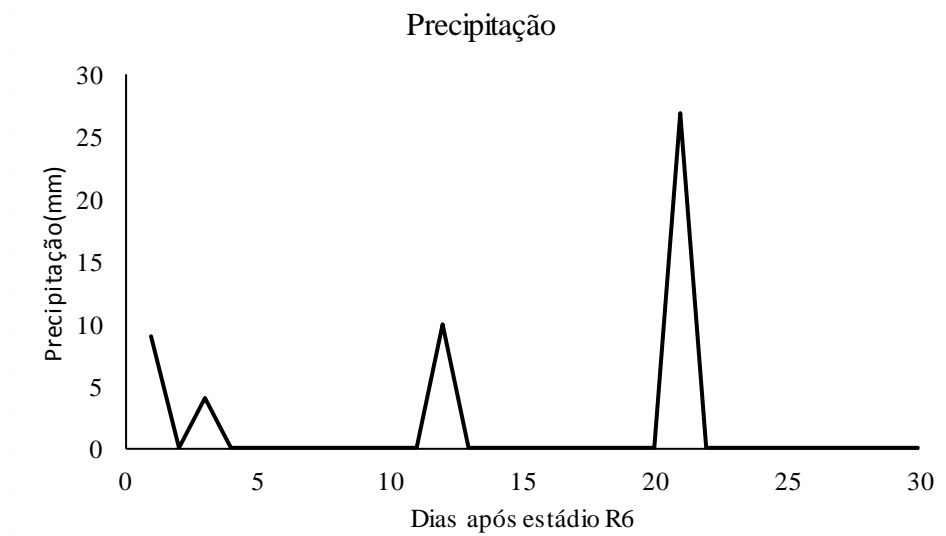


Figura 1 - dados de precipitação do período de armazenamento a campo (adaptado de INMET, 2019)

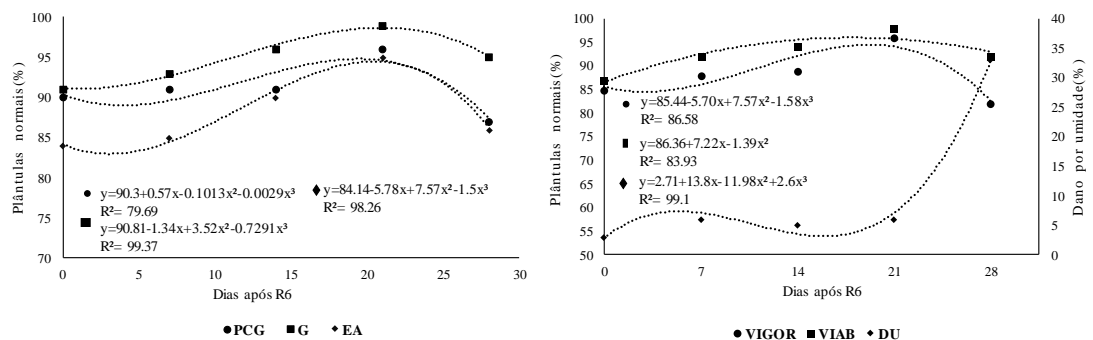


Figura 2 - Qualidade inicial de sementes pela primeira contagem de germinação(PCG), germinação(G) e envelhecimento acelerado(EA), vigor, viabilidade e dano por umidade(DU), em relação a colheita após o estágio R6

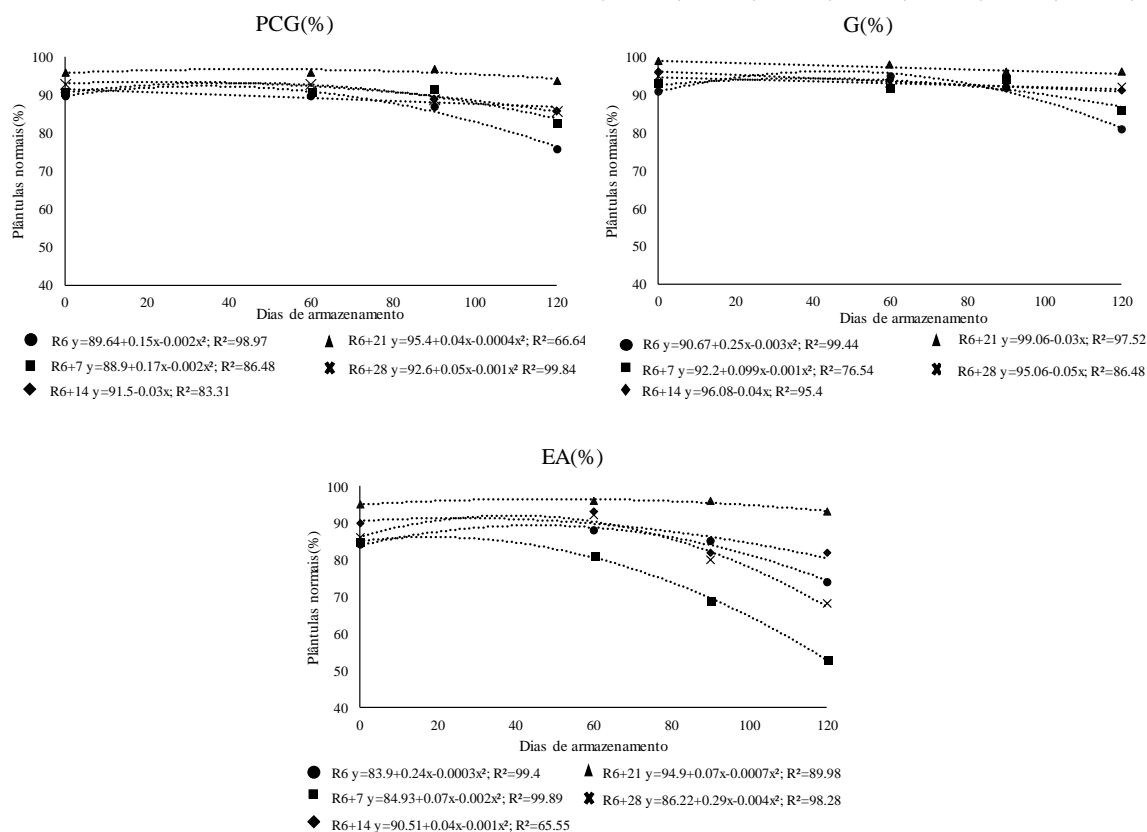


Figura 3 - Comportamento das cinco épocas de colheita durante o armazenamento, avaliados por primeira contagem de germinação(PCG), germinação(G) e envelhecimento acelerado(EA) em % pelos dias de armazenamento

3.2 Artigo 2: Journal of seed science

HARVEST DELAY, STORAGE AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

Submetido em: 19/06/2019 Aceito em: 16/09/2019

Abstract - Soybean cultivation is widespread in the different grain producing regions of the country, being one of the main commodities of Brazilian agribusiness, becoming a source of income and development in different regions. In this context, the soybean seed is one of the main inputs of the crop, presenting a strong relation between its quality and the success of the crop, however the period after the physiological maturity is a critical period for the maintenance of the physiological quality of the seeds. The present work aimed to evaluate the effect of harvest delay on the initial and final quality of soybean seeds. The experiment consisted of four harvest periods, where the initial quality was evaluated by first count tests of germination, germination, accelerated aging, viability, vigor and moisture damage by tetrazolium test. After

120 days of storage, tests of germination and accelerated aging were conducted. A randomized block design with 8 replications was used and rainfall was monitored during the pre-harvest period. It was observed a negative influence in all variables studied due to the delay in harvesting, an intense increase was observed in the occurrence of damage caused by the delay in harvesting. The same behavior was observed in the variables germination and vigor after storage period.

Keywords: deterioration; storage; damage by moisture; *Glycine max*

ATRASSO NA COLHEITA, ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Resumo – A cultura da soja está difundida nas diferentes regiões produtoras de grãos do país, sendo uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, tornando-se fonte de renda e desenvolvimento em diferentes regiões. Neste contexto, a semente de soja é um dos principais insumos da lavoura, apresentando forte relação entre sua qualidade e o sucesso do cultivo, entretanto, o período após a maturidade fisiológica é um período crítico para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito do atraso de colheita na qualidade inicial e final de sementes de soja. O experimento consistiu em quatro períodos de colheita, onde foi avaliado a qualidade inicial por testes de primeira contagem de germinação, germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade, vigor e dano por umidade por teste de tetrazólio. Após 120 dias de armazenamento foram conduzidos testes de germinação e envelhecimento acelerado. Foi utilizado delineamento em blocos ao acaso com 8 repetições e foi monitorado as chuvas na região durante o período pré-colheita. Observou-se influência negativa em todas as variáveis estudadas ocasionadas pelo atraso de colheita, notou-se intenso incremento na ocorrência de dano por umidade ocasionado pelo atraso de colheita. Notou-se o mesmo comportamento nas variáveis germinação e vigor após período de armazenamento.

Palavras-chave: deterioração; armazenamento; dano por umidade; *Glycine max*

Introduction

Soybean is one of the central commodities in contemporaneous agribusiness. In Brazil, it stands out among other cultures, with a producing area of about 35 million hectares in the 2018/ 2019 crop – approximately 60% of the total area used for summer cultures (Conab, 2019). On that account, the utilization of high quality seeds is important for the success of the crops. The high vigor of soybean seeds has a direct impact on yield components (number of pods per plant), which can lead to a productivity up to 15% higher than that obtained from low-vigor seeds (Tavares et al., 2013; Silva et al., 2016; Bagateli et al., 2019).

In order to have their high quality attested, seeds ought to present certain physiological and sanitary conditions, including superior levels of vigor and germination, physical and varietal purities, and they must also be free from any pathogens. These factors respond for the performance of seeds in the field, favoring the establishment of the plant populations required by the cultivar, a fundamental aspect for accomplishing the desired high productivity (França-Neto et al., 2010).

The seed production process has to be adjusted, so that to result in high-quality seeds that meet the necessities of farmers. It is worth remarking that pre-harvest procedures are highly critical because of the quantitative, qualitative, and sanitary susceptibility of the seeds to adverse climate conditions, such as rainfall and variations in temperature and relative air humidity (Daltro et al., 2010).

Delaying the harvest (once the physiological maturity has been achieved) negatively affects the quality of seeds (Pelúzio et al., 2008; Diniz et al., 2013). Conversely, collecting soybeans at their physiological maturation may not be the best alternative, as the high moisture content of the seeds could cause them to suffer latent injuries during the mechanical harvest. Thus, it is necessary to wait for the natural moisture decrease.

Even in regions with ideal climate conditions for soybean cultivation, rainfall and variations in relative humidity and temperature within the span between the achievement of physiological maturity and the harvest might increase the percentage of damages due to moisture, characterized by integument wrinkling. This condition intensifies seed deterioration and facilitates the penetration of pathogens, as the inner tissues become more exposed. Therefore, it potentially reduces overall productivity (Marcandalli et al., 2011; Pádua et al., 2014; Tsukahara et al., 2016).

Then, the present work aimed at evaluating the deleterious influence of delaying harvest on the physiological quality of soybean seeds, assessed initially and after storage.

Material and Methods

The study was carried out during the 2017/ 2018 crop, in a seed-producing field of the cultivar NS5959IPRO. This variety has an indeterminate growth habit and a 5.9 soybean maturity group, in the Brazilian state of Rio Grande do Sul.

The experiments covered five harvest times. The first one corresponded to the moment the plants reached the R7.8 stage – a period suitable for obtaining high-quality seeds (Fehr and Caviness, 1977). The others took place 7, 14, 21 and 28 after the stage R7.8 had been reached. In each case, the oven method at 105 ± 3 °C was used (Brasil, 2009), and moisture contents of 19.4%, 16.8%, 15.2%, 21.7% and 13.1% were verified from matching the first to fifth harvest time, respectively.

Data gathered from the National Institute of Meteorology website allowed to classify the local climate as Cfa, according to Köppen's classification. The precipitation levels during the pre-harvest period are showed in Figure 1.

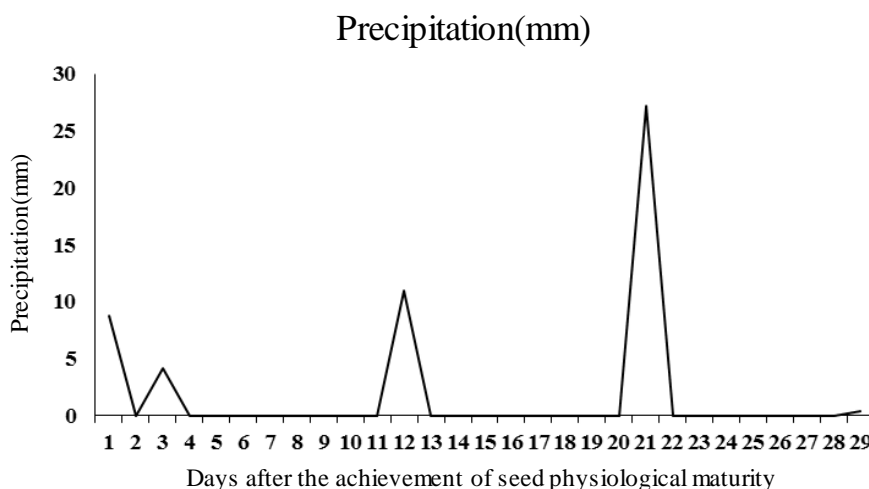


Figure 1. Precipitation (mm) during the field storage (adapted from INMET, 2019)

The plants were harvested within two linear meters of each parcel every seven days to obtain the five harvest times. After each harvest, the plants were manually thrashed, and the seeds were dried to 12% moisture. Then, they were packed in paper bags and stored in a controlled environment at 15 °C and 70% relative humidity from April to August 2018.

The physiological quality of the seeds was evaluated at two distinct times: at the beginning of storage (after the last harvest time), and 120 days later. In each case, the following tests were performed:

Germination: it followed the methodology recommended by Rules for Seed Testing (Brasil, 2009). Four replications of 50 seeds were sown in towel papers, which were moistened at the ratio of 2.5 times the dry paper weight. Next, the paper rolls were placed inside a germinator set at a constant temperature of 25 °C. The percentage of normal seedlings emerged was accounted on the eighth day after sowing.

First germination count: it was carried out together with the germination test. The assessment was done after five days of sowing, considering the percentage of normal seedlings emerged.

Accelerated aging: plastic gerboxes were used as individual compartments, each one filled with 40 mL of distilled water. The seeds were placed inside them, in a single layer, and then kept at 41 °C for 48 hours (MarcosFilho, 2015). After that, they were subjected to germination test, and the percentage of normal seedlings obtained on the fifth day was calculated (Brasil, 2009).

Tetrazolium test: it was performed according to the methodology proposed by França-Neto et al. (1999). The percentages of viability, vigor, and moisture-related damages in the seeds were calculated.

The precipitation data occurred during the experiment were obtained from an automated station of the National Institute of Meteorology (INMET, 2019).

The experiments complied with a randomized block design with eight replications. The resulting data underwent variance analysis and, once significance was noticed, they were subjected to regression analysis. The software WinStat version 1.0 (Machado and Conceição, 2003) handled all the statistical procedures.

Results and Discussion

The variables showed significant differences among the harvest times. In general, harvest delay had an impact on seed quality, both in the beginning, as well as after 120 days of storage.

According to Figure 2, a downward linear trend for first germination count (FGC) was verified, with a determination coefficient of 88.89. Right after the physiological maturity had been reached, the first germination count was equal to 85%. This value decreased by five percentage points (pp), fourteen days later, and by 20 pp, after 21 days. Similar behavior was observed in the variable germination (Figure 2), which also showed a linear decrease with a high determination coefficient. At the first harvest time, seed germination scored 85%, even achieving 90% after seven days in the R7.8 stage. Nevertheless, fourteen days afterward, there was a 10-pp drop. It is worth noticing that delaying the harvest for 21 or 28 days produced seeds with germination rates below 70%.

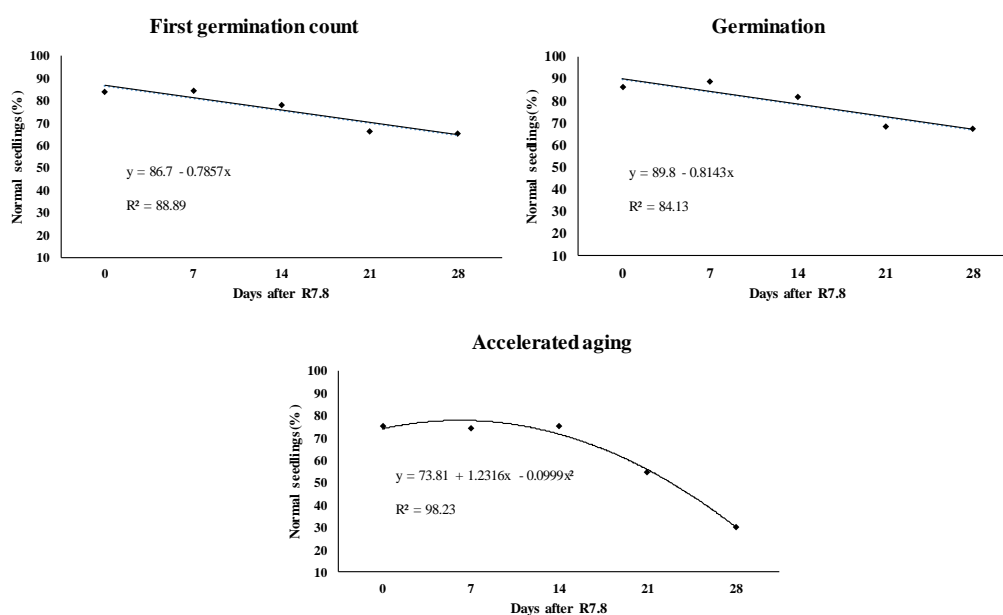


Figure 2. Initial quality of soybean seeds (assessed by first germination count, germination and accelerated aging, in %) at five harvest times (0, 7, 14, 21 and 28 days after reaching physiological maturity).

In the period between the physiological maturity and harvest, soybean seeds are openly exposed to adverse weather conditions. Thus, they are likely to suffer moisture-related damages, especially in regions where the climate gets too hot and dry during maturation. Variations and unevenness within the plant population throughout this phase are the main causes for harvest delay – and the longer the seeds remain in the field, the more severe their impairments (França-Neto et al., 2005).

For that reason, it is possible to affirm that the storage conditions (even the pre-harvest ones) influenced the decline of seed physiological quality. This can be justified by the fact that

seeds are constituted by hygroscopic material and have intense metabolic activity. Thus, the joint effect of high moisture content in the seeds and hot temperatures intensifies the respiration processes, thus consuming seed reserves and, consequently, reducing their quality (Marcos-Filho, 2015). It is important to remark that variations in the water content of seeds might be related to the permeability and amount of lignin in the integument. So, genotypes with less lignin and higher permeability tend to be more sensitive to damages due to moisture (Huth et al., 2016).

The initial quality of the seeds is of great importance for their storage. To obtain superior quality seeds, it is advisable to perform an early harvest, followed by the drying operation of the seeds, so as to attenuate the influence of abiotic environmental factors over their quality. However, the high moisture content observed during the physiological maturity of soybean makes the mechanization of harvest unfeasible, as it could cause significant seed damage. Therefore, the best alternative is to harvest the seeds at around 18% moisture level (Peske et al., 2012).

In this sense, the vigor of seeds is closely related to the maturation environment, as humidity and temperature fluctuations might have deleterious effects upon this attribute. Such conditions accelerate respiration and consume energy that otherwise would be vital for seedling development. Besides, unfavorable ambient factors could trigger the formation of toxic compounds, which tend to buildup and cause degradation of plasmatic membranes of the seeds, therefore reducing their vigor (Aumonde et al., 2017).

Figure 2 contains information on the initial vigor, as assessed by the accelerated aging test. In this case, the curve displayed a quadratic behavior with a high coefficient of determination. Prior to fourteen days in the R7.8 stage, there was a tendency to stabilization, with vigor values higher than 70%. However, as the harvest delay progressed to 21 days, seed vigor diminished by some 15% and, eventually, it scored less than 40%, after field storage for 28 days.

According to the results of the tetrazolium test (Figure 3), the field storage duration influenced the performance of the variables analyzed. Seed vigor showed a cubic behavior, with values above 90% for harvest times inferior to fourteen days in the R7.8 stage. After this period, nevertheless, this variable decreased significantly, reaching approximately 75% and 30%, after 21 and 28 days of harvest delay, respectively.

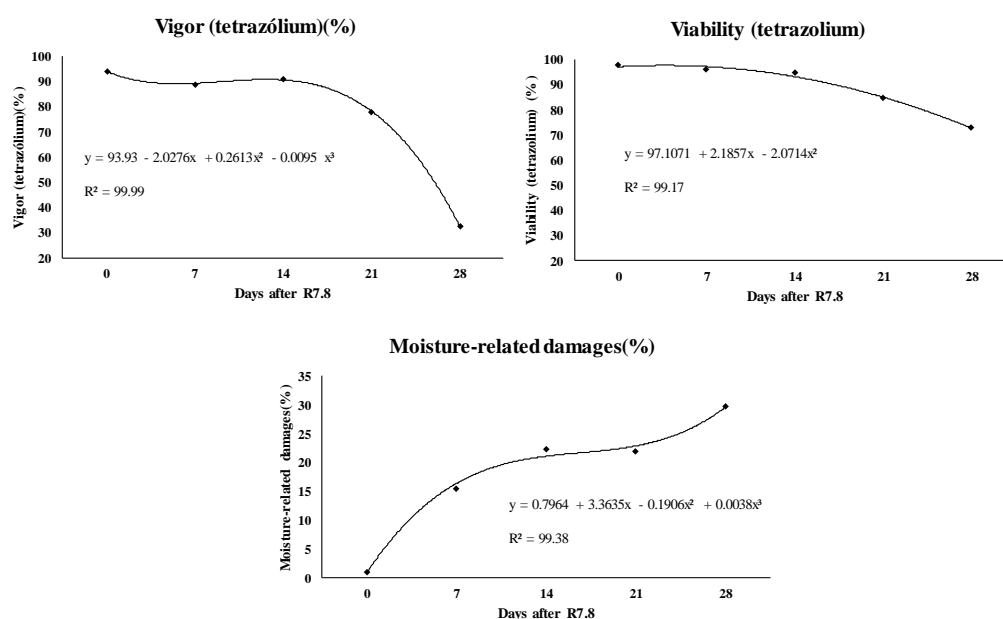


Figura 3. Evaluation of the initial quality of soybean seeds (assessed via the tetrazolium test, in %) at five harvest times (0, 7, 14, 21 and 28 days after reaching physiological maturity).

In this context, Diniz et al. (2013) studied the effect of three harvest-delay times on eight soybean cultivars. They concluded that the field emergence of seedlings from seeds harvested after 30 days was inferior to that of seeds picked at 0 or 15 days after they had reached maturity. Such an outcome supports the findings of the present work, as the harvest delay negatively affected the physiological quality of the seeds. In general, field conditions are not ideal for seed storage, especially those rich in both oils and proteins, such as soybeans. When stored under high humidity conditions, they are prone to lipid peroxidation, which is likely to reduce membrane selectivity, thus leading to the excessive leakage of electrolytes.

The viability evaluated by the tetrazolium test (Figure 3) showed a quadratic behavior. This variable scored above 90% when the field storage lasted up to fourteen days. By the 21st day (fourth harvest time), a sharp decrease in seed viability was noticed, with values inferior to 85%. The lowest performance, however, was observed after 28 days (fifth harvest time), when this variable level stayed under 75%. The deterioration tends to intensify as the storage progresses, generally due to psychrometric conditions related to field storage, either in bulk or in packages.

The curve of moisture damages evaluated by the tetrazolium test (Figure 3) evidenced a cubic behavior. This factor (measured at the R7.8 stage) manifested the lowest values at the first harvest time, but it progressively increased as the delay extended. Ultimately, by the 28th day, about 30% of the seeds exhibited some damage caused by moisture.

Figure 1 presents the local rain incidence during the days the seeds remained stored in the field. Higher indices were observed 1, 12 and 21 days after the stage R7.8 had been reached. However, the effect of precipitation over the physiological quality of soybean seeds is probably associated with the volume and timing, as the rainfall around the beginning of the R7.8 stage did not impair seed quality considerably – although it did increase the damage due to moisture. This fact can be explained by the high water content of the seeds when near the maturity point,

which could have acted by softening the water variation within the seed. This likely reduced the intensity of the damages and, consequently, the loss of quality.

The precipitation on the 12th and 21st days after the R7.8 stage had been established had a strong influence on seed quality. In Figures 1, 2 and 3, it became evident that, specifically after these rainfalls, there was a severe decline in the variables linked to physiological quality, remarkably in vigor (measured via tetrazolium) and accelerated aging. Conversely, when using artificial rainfall, Castro et al. (2016) did not find any influence of this procedure on the quality of seeds. They point out, however, that such an outcome could be justified by the fact that the artificial rain might not have been applied at volume or duration intense enough to damage the seeds.

In a study on the behavior of fully mature soybean seeds under field conditions, Tsukahara et al. (2016) verified that the seed moisture is directly impacted by the number of days with precipitation levels equal to or above 3 mm, within the span between the beginning of the R8.2 stage and the harvest. They also concluded that the most substantial productivity losses happen in environments with high rainfall frequency, hot temperatures, and intense sunlight incidence.

Moisture damages are common in soybean seeds due to variations in the water content caused by rainfalls or oscillations in the relative air humidity. This phenomenon is explained by the lack of an integument layer composed by hourglass-shaped hypodermic cells, in the region opposite to the hilum. These cells could attenuate the expansions and contractions induced by moisture changes (Marcos-Filho, 2015).

Genotype and environmental factors operating throughout the development of the crop, and during formation, harvest, processing, and storage of the seeds have a decisive role in their storage potential. Soybean seeds subjected to adverse circumstances in any of these phases are prone to experience cytological, physiological and biochemical alterations, which might curb the quality of the final lots. The degree of each of these deficiencies is unfixed, depending on genetic features intrinsic to each cultivar (Gris et al., 2010).

Delaying harvest had a significant negative consequence for the storage potential of soybean seeds (Figure 4). The longer they stayed in the field, the lower their physiological quality after 120 days of storage. According to Peske et al. (2012), among many other aspects acting upon the storage potential, the initial quality has prominence, and it is highly compromised when the harvest is delayed. Efficient storage is only possible by associating the use of high-vigor seeds with the maintenance of an adequate environment. These conditions favor seed longevity and the preservation of their physiological quality.

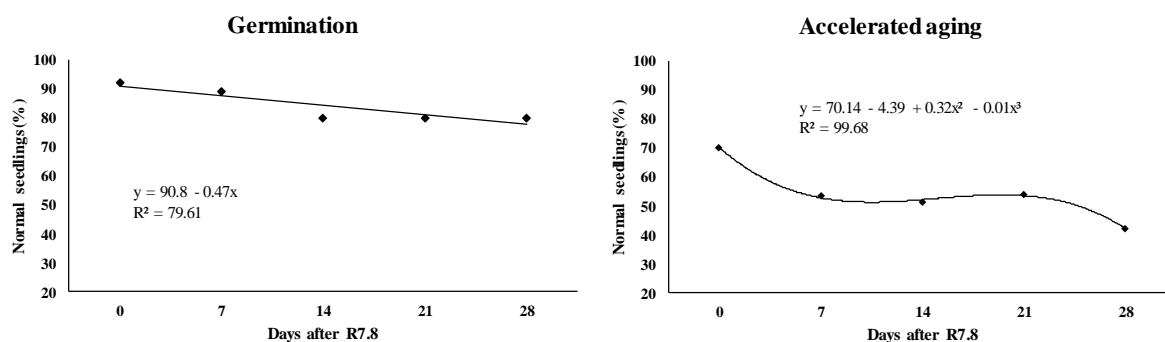


Figura 3. Physiological quality of soybean seeds stored by 120 days (assessed via germination and accelerated aging tests, in %), considering five harvest times (0, 7, 14, 21 and 28 days after reaching physiological maturity).

The seed germination had a linear decrease (Figure 4). Soybean seeds harvested at the beginning of the R7.8 stage (day zero) exhibited germination above 90%. Nevertheless, 21 days afterward, those values dropped to about 80%, evidencing an increase by some 15 pp in the abnormal seedlings and dead seeds due to harvest delay.

As for the vigor assessed by accelerated aging (Figure 4), there was a maximum point, in which the most vigorous seeds were identified, corresponding to the first harvest time (at physiological maturity). After that, the number of emerged seedlings plateaued from the 7th to the 21st day, implying that no significant difference was noticed by delaying harvest for these periods – although the variable scored around 50%, 20 pp below the results found when seeds were collected the closest to the R7.8 stage. Eventually, the minimum point verified at the harvest on the 28th day, with the vigor reaching around 40%, which is 30 pp less than what was obtained when the harvest was carried out at the best timing.

By contrasting the Figures 2 and 4, it became possible to verify some increment of both germination and accelerated aging after storage, which coincided with the longest harvest delays. The presence of damaging field fungi partly explains this result. The storage environment, thus not negatively affecting the testing, however, attenuated their pathogenicity. A similar result was found by Galli et al. (2007), who stored fungi-contaminated lots of two soybean cultivars in a cold chamber for six months. On that occasion, they also showed a lower incidence of the most common field fungi.

As verified in the present work, delaying the harvest has an unfavorable impact on the physiological quality of soybean seeds at the earliest stages, and it only tends to intensify as the storage progresses. This fact could be due to the higher metabolic activity of the tissues made vulnerable by moisture-related injuries. As a consequence, there is a reduction in both vigor and germination of seeds that had undergone long periods of field storage. Since it is clear that the water content of the seeds and the temperature throughout storage influence seed metabolism, an unwanted development might be averted by keeping the seeds in a place with cold temperature and low relative humidity (Peske et al., 2012; Marcos-Filho, 2015).

Figures 3 and 4 elucidate the close relation between the moisture damages and the accelerated aging after storage. In both cases, there was a trend to stabilization between the 7th and 21st days after the physiological maturity had been reached, indicating that the intensity of injuries had an isolated deleterious influence upon accelerated aging. Nonetheless, these injuries still represent a critical limiting aspect for the production of high vigor seeds.

It is worth remarking that environmental circumstances are directly linked to the incidence of damages due to moisture. That means that factors such as relative air humidity, temperature above 25 °C, and rainfall during the pre-harvest phase may affect either the gain or loss of moisture by the seeds. These conditions cause damage to their integument and, consequently, decrease the quality and overall productivity (Marcandalli et al., 2011; Pádua et al., 2014). So, the deterioration triggered by harvest delays is a continuous and irreversible process, which bears a straight relation to field climatic conditions during the span between the beginning of maturity and the harvest.

Despite the clear correlation between environmental field conditions and soybean seed deterioration, the genetic component (that is, the intrinsic characteristics of each cultivar) must be considered. Lima et al. (2007) studied the delay of harvest in different cultivars, and they concluded that the genotypes that did not have the enzyme lipoxygenase (LOX+Linn) performed better in almost all quality tests. This fact should be better understood when comparing LOX + Linn, which holds one of the main substrates for lipoxygenase enzyme activity and, consequently, progress in the seed deterioration process.

Castro et al. (2016) evaluated soybean cultivars with different lignin contents, which were subjected to harvest delay under artificial rainfall. They verified a strict relation between the levels of this compound in seeds and the damages due to moisture. In this case, the variety with the most lignin in its composition displayed the lowest indices of moisture-related impairment and also the best physiological quality throughout storage. Likewise, Huth et al. (2016) proved that cultivars rich in lignin usually suffer less moisture-related damage. They additionally noticed that the varieties experienced different oxidative stress levels once they were damaged by moisture.

Thereby, the environmental conditions played a decisive role during the period between the achievement of maturity and crop harvest. Such fact is evidenced by the sharp decrease in variables linked to physiological quality because of harvest postponement – that is, due to field deterioration, caused by rainfall after seed maturation. It is worth emphasizing that the intensity of this depreciation must be related to genetic characteristics. So, each cultivar is likely to respond in a particular way to harvest delay, even when under similar climatic conditions.

Even so, it is advisable to perform the harvest the closest to the maturation point as possible. In that condition, pods have enough moisture to undergo threshing, with minimum damage to the seeds. That way, it is possible to reduce deterioration in the field and produce seeds of superior quality.

Conclusions

Delaying harvest reduces the initial physiological quality of soybean seeds.

Moisture-related damages have a significant effect on the physiological quality of soybean seeds that have undergone harvest delay.

Delaying harvest (once the stage R7.8 has been achieved) results in physiological quality loss in soybean seeds after storage.

References

- AUMONDE, T.Z.; PEDO, T.; MARTINAZZO, E.G.; VILLELA, F.A. Estresses ambientais e a produção de sementes: ciência e aplicação. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2017. 313p.
- BAGATELI, R.; DORR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. *Journal of Seed Science*, v.41, n.2, p.151-159, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>
- CASTRO, E.M.; OLIVEIRA, J.A.; LIMA, A.M.; SANTOS, H.O.; BARBOSA, J.I.L. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvesting period. *Journal of Seed Science*, v.38, n.1, p.14-21, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n1154236>
- DALTRO, E.M.F.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; FRANÇA-NETO, J.B.; GUIMARÃES, S.C.; GAZZIERO, D.L.P.; HENNING, A.A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.1, p.111-122, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000100013>
- DINIZ, F.O.; REIS, M.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. *Journal of Seed Science*, v.35, n.2, p.147-152, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000200002>
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. *Informativo ABRATES*, v.20, n.1-2, p.37-38, 2010. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/49831/1/ID-30537.pdf>
- FRANÇA-NETO, J.B.; PÁDUA, G.P.; CARVALHO, M.L.M.; COSTA, O.; BRUMATTI, P.S.R.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A.; SANCHES, D.P. Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 8p.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.8.5.1-8.5.28.
- GALLI, J.A.; PANIZI, R.C.; VIEIRA, R.D. Sobrevivência de patógenos associados a sementes de soja armazenadas durante seis meses. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.2, p.205-213, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200027>
- GRIS, C.F.; VON PINHO, E.V.R.; ANDRADE, T.; BADONI, A.; CARVALHO, M.L.M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.2, p.374-381, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000200015>
- HUTH, C.; MERTZ-HENNING, L.M.; LOPES, S.J.; TABALDI, L.A.; ROSSATO, L.V.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; HENNING, F.A. Susceptibility to weathering damage and oxidative stress on soybean seeds with different lignin contents in the seed coat. *Journal of Seed Science*, v.38, n.4, p.296-304, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n4162115>
- LIMA, W.A.; BORÉM, A.; DIAS, D.C.; MOREIRA, M.A.; DIAS, L.A.; PIOVESAN, N.D. Retardamento de colheita como método de diferenciação de genótipos de soja para qualidade de sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.1, p.186-192, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000100026>
- MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. Sistema de análise estatística para Windows. WinStat. Versão 1.0. Pelotas: UFPel, 2003.
- MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v.33, n.2, p.241-250, 2011. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v33n2/06.pdf>
- MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.
- PÁDUA, G.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; ROSSI, R.F.; CÂNDIDO, H.G. Agroclimatic zoning of the state of Minas Gerais for the

production of high quality soybean seeds. *Journal of Seed Science*, v.36, n.4, p.413- 418, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v36n41023>

PELÚZIO, J.M.; RAMO, L.N.; FIDELIS, R.R.; AFFÉRI, F.S.; CASTRO-NETO, M.D.; CORREIA, M.A.R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. *Bioscience Journal*, v.24, n.2, p.77-82, 2008. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6996>

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A. Secagem de sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA-FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3 ed. Pelotas: UFPel, 2012. 573p.

SILVA, T.A.; SILVA, P.B.; SILVA, E.A.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. *Ciência Rural*, v.46, n.2, p.227-232, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141736>.

TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BRUNES, A.P.; TUNES, L.M.; BARROS, A.C.S.; PESKE, S.T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural*, v.43, n.8, p.1357-1363, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000800003>

TSUKAHARA, R.; FONSECA, I.C.; SILVA, M.A.; KOCHINSKI, E.G.; PRESTES-NETO, J.; SUYAMA, J.T. Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.8, p.905-915, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000800002>.

3.3 Artigo 3: Revista Caatinga

AMBIENTE DE ARMAZENAMENTO E DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SEMENTES ESVERDEADAS DE SOJA

Submetido em 22/12/2019

Resumo – A cultura da soja atualmente é uma das principais commodities do agronegócio brasileiro. Tendo a qualidade da semente importância na produtividade, merece destaque, todo fator que influencia nos atributos no seu desempenho. Diversas regiões produtoras são acometidas pela ocorrência de sementes esverdeadas, um importante entrave na produção de sementes de alta qualidade. No presente estudo objetivou-se avaliar o comportamento fisiológico de sementes esverdeadas ao longo armazenamento. Utilizou-se um lote de sementes produzidas no estado do Tocantins, sendo estas separadas em três níveis de sementes esverdeadas (mista; amarela e esverdeada). As sementes estas foram armazenadas durante 135 dias em três temperaturas (17°C; 25°C e 35°C) e para avaliação da qualidade amostras foram coletadas a cada 45 dias, sendo conduzidos os testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, emergência a campo e germinação. Notou-se influência dos níveis de mista e da temperatura de armazenamento na qualidade das sementes, observando-se elevada lixiviação de solutos através de condutividade elétrica, em especial em sementes esverdeadas armazenadas em ambiente com temperatura de 25°C e 35°C, o que comprometeu a qualidade da final e o comportamento. Houve severo decréscimo nas variáveis que expressam a qualidade após 45 dias de armazenamento, tendo a temperatura de 17°C demonstrado ser a mais indicada para o armazenamento de sementes com este tipo de dano, contudo, a baixa qualidade é notável.

Palavras-chave: *Glycine max*; vigor; maturação; qualidade de sementes.

STORAGE ENVIRONMENT AND PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF GREEN SOY SEEDS

Abstract- Soybean crop is currently one of the main commodities of Brazilian agribusiness, so factors that influence seed quality deserve to be highlighted. In this context, the quality of the seed has a severe influence on the productive potential of the crop, however several producing regions are affected by the greenish seed phenomenon, which is an important obstacle in the production of high quality seeds. Therefore, the present study aimed to evaluate the behavior of green seeds during storage. A lot of seeds produced in the state of Tocantins were used, visually separated into three levels of mixture (mixture, yellow, greenish), stored for 135 days at three temperatures (17 ° C, 25 ° C and 35 ° C). For quality evaluation, samples were collected every 45 days, conductivity tests, accelerated aging, field emergence and germination were conducted. By the variables studied, it was noted the influence of mixing levels and storage temperature on seed quality, high leaching of solutes through electrical conductivity, which compromised final quality and behavior. Severe decrease in quality was observed after 45 days of storage, the temperature of 17 ° C proved to be the most suitable for seed storage with this type of problem. The low quality of lots conducted under this type of condition is remarkable.

Key words: *Glycine max*; vigor; maturation; seed quality.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merr.) é reconhecida como uma das culturas graníferas de maior importância econômica, fornecendo uma quantidade significativa de proteína para alimentação humana e animal, além de ser uma importante fonte de óleo vegetal (YANG et al., 2019). No Brasil, trata-se atualmente de importante fonte de renda e desenvolvimento econômico (ARTUZO, 2018; BORLACHENCO; GONÇALVES, 2017), devendo atingir na safra 2019/2020 cerca de 36 milhões de hectares semeados e produtividade média de 3.3 t ha⁻¹ (CONAB, 2019).

A qualidade da semente é um fator fundamental no estabelecimento do potencial produtivo da cultura. Estudando a influência do vigor na produtividade da cultura da soja, Bagatelli et al.(2019) concluíram que a utilização de sementes de alto vigor proporciona incrementos na produtividade da cultura. Entretanto a produção de sementes de alta qualidade trata-se de um processo complexo que envolve o campo e também práticas de pós-colheita precisas e eficazes, assim, o armazenamento torna-se etapa crucial.

O potencial de armazenamento é dependente do genótipo, da qualidade inicial da semente e é condicionado pelas condições impostas as sementes no campo de produção, no beneficiamento e no armazenamento (Marcandalli *et al.*, 2011). A qualidade inicial obtida a campo influencia diretamente nas etapas subsequentes, assim a ocorrência de sementes esverdeadas tem apresentado como um entrave na produção de sementes de alta qualidade em diversas regiões (Zorato et al., 2007; Peske et al., 2012).

A ocorrência de sementes esverdeadas pode ser ocasionada por estresse ambiental, geralmente altas temperaturas e déficit hídrico, ocasionando a maturação forçada das sementes, impedindo a completa degradação da clorofila e ocasionando a produção de sementes de baixa qualidade (RANGEL et al., 2011; FRANÇA-NETO et al., 2012; Zorato et al., 2007).

O potencial de armazenamento é condicionado pela qualidade inicial do lote e pelas condições oferecidas a este durante o armazenamento, em especial umidade e temperatura (Harrington, 1972; Carvalho e Nakagawa, 2000). A utilização de menores temperaturas no ambiente de armazenamento, podem auxiliar na melhoria do potencial de armazenamento de lotes com a presença de sementes esverdeadas.

Pelo exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento fisiológico de sementes de soja esverdeadas durante o armazenamento, visando indicar o período e a temperatura mais apropriados para a sua armazenagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de agosto de 2018 e janeiro de 2019, foram utilizadas sementes de soja produzidas na região do Formoso do Araguaia, especificamente no município de Dueré, com altitude de 225 metros acima do nível do mar, no estado do Tocantins, Brasil. A colheita ocorreu no mês de agosto de 2018.

Após colhidas com umidade de 16%, as sementes foram limpas e secas até o teor de água de 12%, posteriormente ao referido processo, foram separadas em três categorias: amarelas, esverdeadas e a mista. A amostra “mista” contou com 30% de sementes esverdeadas na composição; a amostra “amarelas” deteve 100% de sementes sem a pigmentação verde, enquanto, a amostra “esverdeadas” foi composta por 100% de sementes com a pigmentação verde.

Cada uma das três categorias de sementes, foram armazenadas sob três temperaturas (17°C, 25°C e 30°C). As sementes foram armazenadas durante 135 dias, sendo amostradas a cada 45 dias para monitoramento da sua qualidade fisiológica. A primeira coleta ocorreu no período zero, ou seja, logo assim que foram efetuadas a secagem e o beneficiamento das sementes.

Para avaliação da qualidade fisiológica as sementes foram submetidas aos seguintes testes:

Condutividade elétrica: realizado segundo metodologia descrita por Vieira & Krzyzanowski (1999) sendo contadas e pesadas quatro subamostras de 50 sementes, de cada tratamento. As amostras foram colocadas em copos de plástico com 75 mL de água deionizada e mantidas em uma câmara com temperatura controlada a 25 °C, durante 24 h; depois deste período a leitura da condutividade elétrica foi realizada por meio de condutivímetro, os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Envelhecimento acelerado: estabelecido em caixas do tipo gerbox com tela metálica horizontal fixada na posição mediana. Foram adicionados 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa gerbox, e sobre a tela foram distribuídas as sementes de cada tratamento a fim de cobrir a superfície da tela, constituindo uma única camada. Em seguida, as caixas contendo as sementes, foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41 °C, onde permaneceram por 48 horas (MARCOS FILHO, 2001). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste padrão de germinação em papel para a cultura, conforme descrito por Brasil (2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Emergência de plântulas: foram utilizadas 200 sementes, divididas em duas repetições de 100 sementes por unidade experimental, semeadas em linhas espaçadas de 0,15 m, a profundidade de três centímetros, contando as plântulas emergidas após 10 dias da semeadura (SCHREEN et al., 2010).

Germinação: foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes cada, sendo o volume de água equivalente a três vezes a massa do papel seco (Brasil, 2009). Os rolos confeccionados foram colocados em germinador, a temperatura constante de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais foi contabilizada aos oito dias após a semeadura conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

O delineamento estatístico foi de blocos ao acaso, adotando como tratamento os níveis de mistura, temperatura de armazenamento e o período de armazenamento, com oito repetições para cada tratamento (3x3x4). Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos a regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa entre os fatores nível de mistura, temperatura de armazenagem e período de armazenamento.

Na figura 1 estão dispostos os resultados obtidos para a variável condutividade elétrica, na qual observou-se influência da temperatura e da presença de sementes esverdeadas no desempenho da variável em questão. Ao submeter as sementes a 17°C todos os níveis impostos de sementes esverdeadas apresentaram curva com comportamento quadrático (Figura 1), com tendência a estabilização até cerca de 60 dias de armazenamento. Após o referido período, houve acréscimo na variável condutividade elétrica de até 75%, com maiores valores na fração de sementes esverdeadas, culminando aos 135 dias de armazenamento, na diferença superior e aproximada de 50% ao observado nos lotes compostos por “sementes amarelas” e “mista”. Tal ocorrência evidencia maior nível de desorganização do sistema de membranas celulares com a maior perda de eletrólitos para o meio, assim a inferioridade da qualidade das sementes esverdeadas.

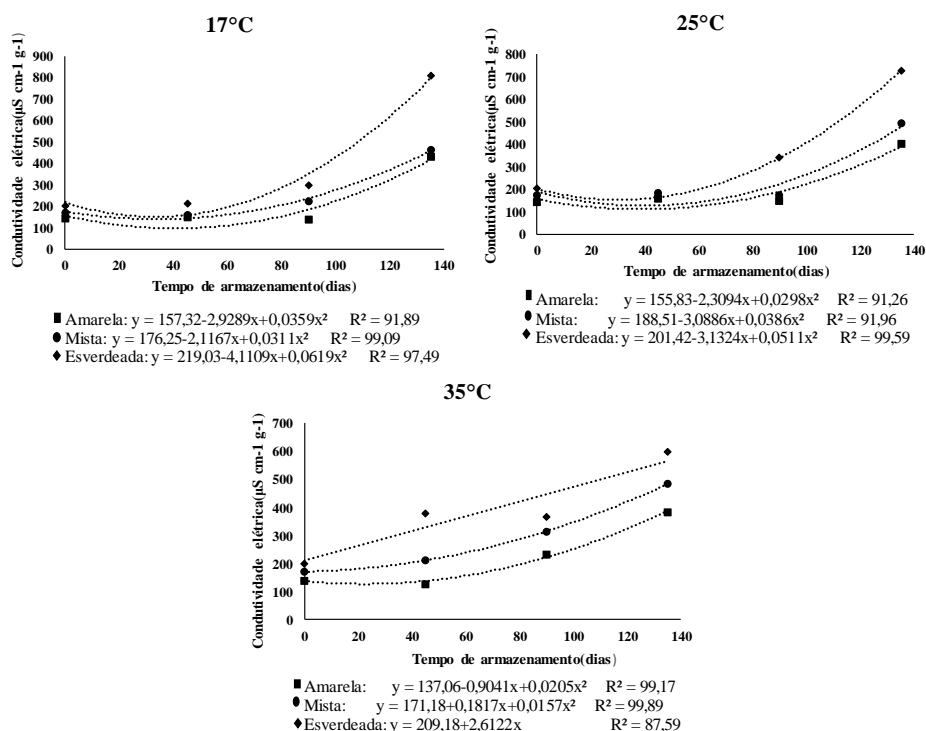


Figura 1: Valores de condutividade elétrica para sementes esverdeadas, amarelas e mista, submetidas a três temperaturas de armazenamento (17°C, 25°C e 35°C).

Na figura 1, estão dispostos os valores referentes a condutividade elétrica das sementes armazenadas a temperatura de 25°C. As curvas se ajustaram ao comportamento quadrático para os três níveis de sementes esverdeadas estudados, apresentando tendência a estabilização até os 45 dias de armazenamento. Entretanto após o referido período, notou-se acréscimo na variável em questão, especialmente para sementes do lote composto somente por sementes esverdeadas. Neste, o comportamento foi semelhante ao observado a temperatura de 17°C.

Para a temperatura de 35°C ocorreu comportamento distinto do observado em ambiente com 17°C (Figura 1), tendo os lotes dotados de sementes amarelas e mista se ajustado a curvas de comportamento quadrático com tendência a estabilização até os 45 dias de armazenamento. No lote com sementes esverdeadas se obteve curva com comportamento linear, com valores crescentes a partir da qualidade inicial, culminando em uma diferença de 60% quando comparado as sementes amarelas.

Estudando o potencial de armazenamento de sementes de soja com três níveis de teor de água e sob diferentes temperaturas, Smaniotto et al.(2014) notaram os maiores valores para a condutividade elétrica aos 180 dias de armazenamento para todos os teores de água analisados. A condutividade elétrica é variável conforme a qualidade da semente, deterioração e o nível de estruturação celular, contudo, condições ambientais desfavoráveis podem conduzir a perda de seletividade das membranas plasmáticas e do vigor.

Na figura 2 estão apresentados os resultados obtidos pela variável resposta vigor por envelhecimento acelerado. Notou-se influência da presença de sementes esverdeadas em todas as temperaturas de armazenamento estudadas. No ambiente de armazenamento com 17°C de temperatura, se obteve curvas com comportamento quadrático para as amostras sementes amarela e mista.

Na qualidade inicial, as referidas amostras apresentaram vigor inicial de cerca de 60%, aos 45 dias de armazenamento foi observado decréscimo na variável de cerca de 10p.p. para sementes amarelas e 30p.p. para a mista. Muito embora seja notável o comportamento semelhante das amarelas e mista, ao final do armazenamento nota-se superioridade de cerca de 10p.p. da amarela, entretanto, vale enfatizar que mesmo superior as demais amostras, o vigor do tratamento sementes amarelas se apresenta insatisfatório desde o início do período de armazenamento.

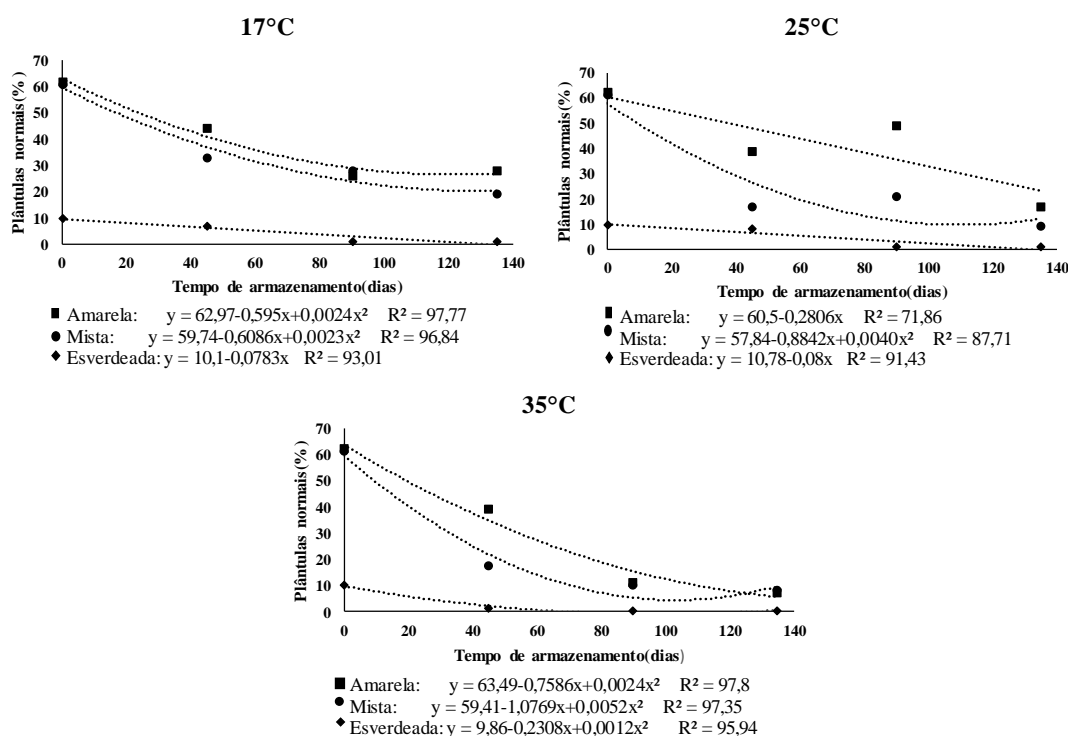


Figura 2: Valores de vigor por envelhecimento acelerado para sementes esverdeadas, amarelas e mista, submetidas a três temperaturas de armazenamento (17°C, 25°C e 35°C).

Na amostra sementes esverdeadas armazenadas em temperatura de 17°C (Figura 2), se obteve curva com comportamento linear tendendo a zero, na qualidade inicial apresentou vigor por envelhecimento acelerado de cerca de 10%, entretanto, apresentando valor inferior cerca de 50p.p. quando comparado as sementes amarelas. Notou-se severo decréscimo na variável aos 90 dias de armazenamento, neste período observou-se vigor por envelhecimento acelerado próximo a zero.

Com a adoção da temperatura de 25°C (Figura 2), observou-se comportamento semelhante ao apresentado a 17°C para a variável envelhecimento acelerado. Na “sementes amarelas” o vigor por envelhecimento acelerado no primeiro período foi de cerca de 60%, porém, culminando em um decréscimo de cerca de 40p.p. no último período de armazenamento.

Muito embora a qualidade inicial das sementes amarelas e mista tenham se apresentado semelhante, ao longo do armazenamento notou-se comportamento distinto. Em relação ao vigor por envelhecimento acelerado da mista a temperatura de 25°C (Figura 2), os dados se ajustaram a curva de comportamento quadrático com severo decréscimo de cerca de 45p.p. nos primeiros

45 dias de armazenamento. Na qualidade final, verificou-se cerca de 10% de sementes vigorosas, ou seja, um decréscimo de cerca de 50p.p. na variável em questão.

As sementes esverdeadas armazenadas em temperatura de 25°C (Figura 2), apresentaram comportamento semelhante ao observado no ambiente a 17°C com comportamento linear com vigor inicial de cerca de 10% e vigor por envelhecimento acelerado ao final do armazenamento de cerca de 0%.

Em ambiente com temperatura de 35°C (Figura 2), notou-se comportamento distinto do observado nas demais temperaturas para envelhecimento acelerado. A amostra “sementes amarelas” obteve curva com comportamento quadrático com maior decréscimo na variável em questão. Aos 45 dias de armazenamento ocorreu o decréscimo de cerca de 20p.p. e aos 90 dias de armazenamento notou-se decréscimo de cerca de 50p.p..

Os resultados de envelhecimento acelerado obtidos para “mista” a 35°C (Figura 2) se ajustaram a curva de comportamento quadrático com vigor inicial de cerca de 60%, apresentando nos primeiros 45 dias de armazenamento decréscimo de cerca de 40p.p., culminando em um vigor por envelhecimento acelerado de cerca de 10p.p..

Na amostra “sementes esverdeadas” armazenadas em ambiente com 35°C (Figura 2), observou-se na variável envelhecimento acelerado uma curva com comportamento quadrático com decréscimo de cerca de 10p.p. nos primeiros dias de armazenamento, ou seja, aos 45 dias de armazenamento a variável envelhecimento acelerado apresentou cerca de 0% de plântulas normais.

O ambiente de armazenamento influenciou no decréscimo da emergência (Figura 2), especialmente no tratamento sementes esverdeadas (Mista e Esverdeadas). Em ambiente a 17 e 25°C os maiores decréscimos na variável ocorreram aos 90 dias de armazenamento, entretanto, quando expostas a ambiente a 35°C ocorreu severo decréscimo aos 45 dias de armazenamento.

É possível verificar que entre as temperaturas testadas, a de 17 e de 25°C tendem a proporcionar melhor condição para o armazenamento. Vale enfatizar que embora seja notável o benefício da baixa temperatura de armazenamento neste ensaio, a qualidade observada nestas amostras são inferiores as exigências mínimas de vigor exigido pelos produtores brasileiros.

Na figura 3, estão dispostos os valores referentes a variável resposta emergência para os três ambientes de armazenamento. Ocorreram a 17°C os maiores valores para a “semente amarela”, apresentando curva com comportamento quadrático e ponto de máxima aos 45 dias de armazenamento com valor de cerca de 75%. Contudo após a referida época de armazenamento apresentou severo decréscimo para a variável, culminando em uma qualidade final expressa por a emergência a campo de cerca de 35%, ou seja um decréscimo de cerca de 40p.p..

Para a emergência a campo do tratamento “mista” armazenada com temperatura de 17°C (Figura 3), notou-se comportamento semelhante ao observado nas sementes amarelas quando armazenadas em mesmo ambiente, muito embora com valores numericamente inferiores. O ponto de máxima foi aos 45 dias de armazenamento, com decréscimo de cerca de 25p.p. aos 90 dias de armazenamento, apresentando no final do armazenamento emergência a campo de 25%.

A emergência de plântulas do tratamento sementes esverdeadas (Figura 3), apresentou comportamento quadrático com tendência de estabilização entre os 45 e 90 dias de armazenamento. Houve 10% de plântulas emergidas, entretanto, ao final do armazenamento, a emergência a campo foi próxima a zero.

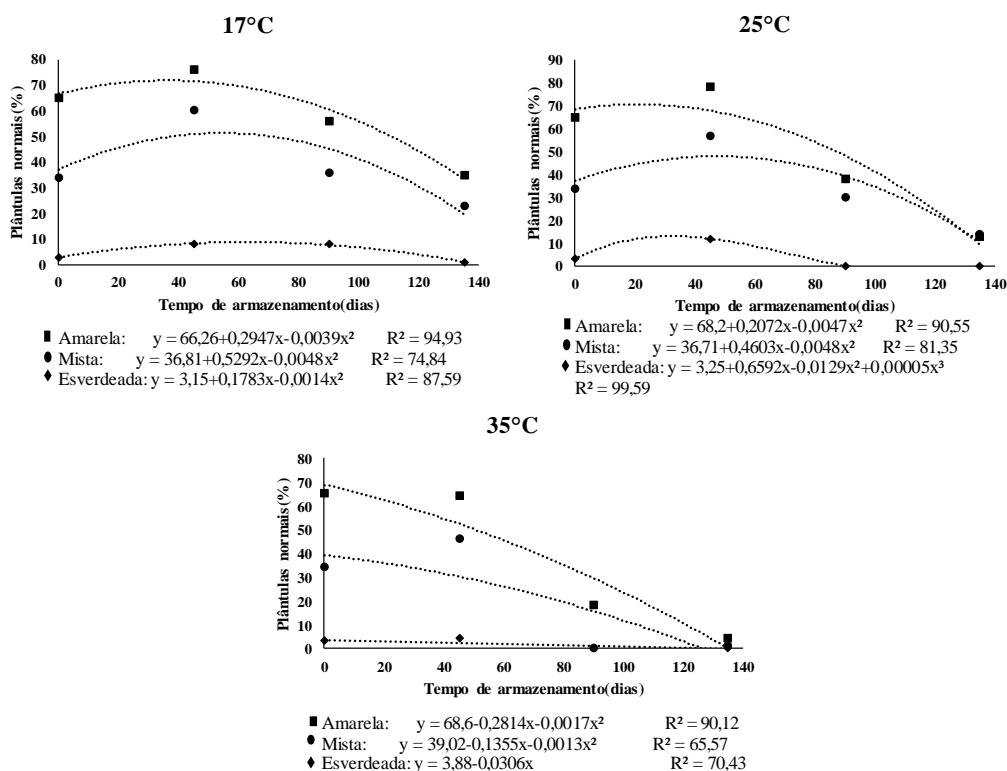


Figura 3: Valores de emergência a campo para sementes esverdeadas, amarelas e mista, submetidas a três temperaturas de armazenamento (17°C, 25°C e 35°C).

No armazenamento a 25°C (Figura 1) ocorreu melhor desempenho das sementes amarelas, apresentando curva com comportamento quadrático e tendência a estabilização entre os 0 e 45 dias de armazenamento com valor de cerca de 65%. Entretanto a partir dos 45 dias de armazenamento foi observado severo decréscimo na variável, culminando em emergência final inferior a 20%.

Para a mista (Figura 3), observou-se na variável resposta emergência curva com comportamento quadrático com tendência de crescimento até os 45 dias de armazenamento. Entre os 45 e 135 dias de armazenamento ocorreu severo decréscimo na variável, culminando em emergência de 15% ao final do armazenamento, ou seja um decréscimo de cerca de 30p.p..

Para as sementes esverdeadas a 25°C, ocorreu comportamento semelhante a 17°C, com tendência de acréscimo na variável até os 45 dias de armazenamento. Contudo, para o ambiente com 25°C notou-se a inexistência de emergência de plântulas já aos 90 dias de armazenamento.

Na emergência em ambiente de armazenamento com 35°C, exposto na figura 3, observou-se nas sementes amarelas curva com comportamento quadrático, com severo decréscimo observado já no início do armazenamento, culminando em um nível de emergência de plântulas próximo à zero ao final do armazenamento. Comportamento semelhante foi observado nas sementes mista no mesmo ambiente de armazenamento (Figura 3), entretanto, notou-se que aos 120 dias de armazenamento a referida amostra não produziu plântulas normais na emergência a campo.

Ainda na figura 3, o ambiente de armazenamento de 35°C demonstrou comportamento linear decrescente, apresentando aos 90 dias de armazenamento valores de emergência a campo próximo à zero. Deste modo indicando o menor potencial de armazenamento deste tipo de semente em ambiente adverso.

O armazenamento é função da qualidade da semente em termos físicos e fisiológicos, contudo a durabilidade do armazenamento, é dependente das condições de ambiente. Condições com maiores temperaturas, em determinadas situações, podem conduzir a perda da eficiência do metabolismo da semente e da reorganização de estruturas celulares, resultando na perda de vigor e em casos mais severos de viabilidade da semente.

Na figura 4, estão dispostos os resultados obtidos através da variável resposta germinação. Observou-se quando as sementes foram armazenadas em temperatura de 17°C, 25°C e 30°C, na primeira período de coleta a semente amarela apresentou qualidade superior as demais classificações, apresentando valor superior cerca de 15 pontos percentuais comparado a mista, e cerca de 60p.p acima da amostra classificada como esverdeada.

Vale enfatizar que a germinação inicial para todos os ambientes estudados apresentaram comportamento semelhante. A germinação inicial similar pode ser ocorrência comum entre lotes de diferentes níveis de qualidade, contudo a viabilidade é o último caracter a ser perdido na deterioração.

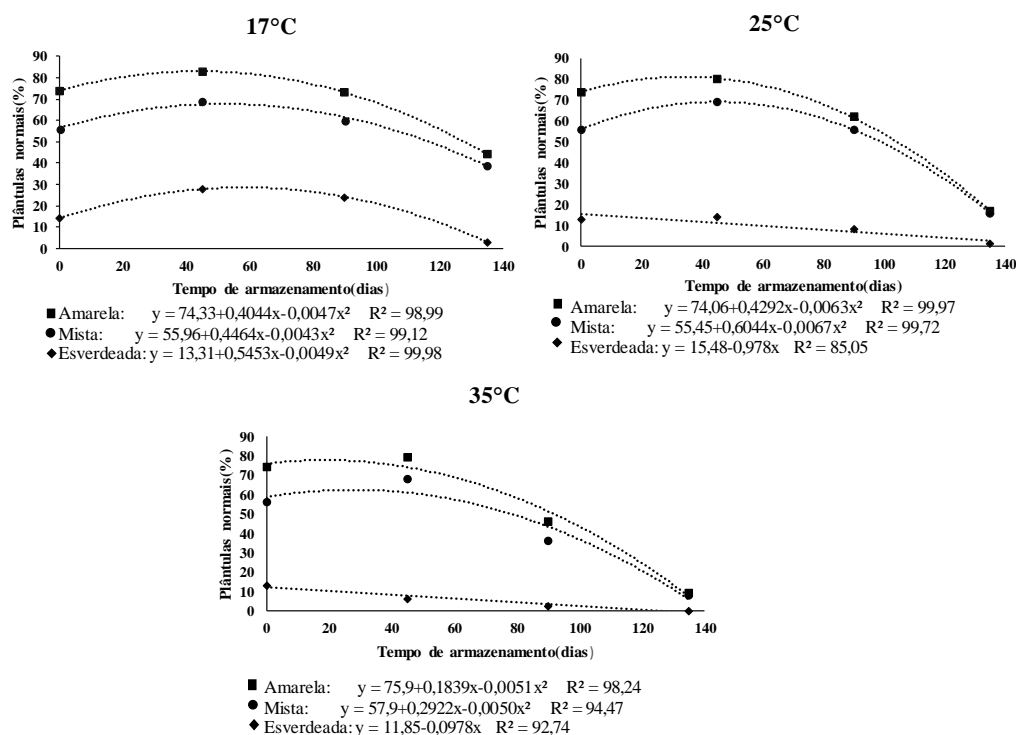


Figura 4: Valores de germinação para sementes esverdeadas, amarelas e mista, submetidas a três temperaturas de armazenamento (17°C, 25°C e 35°C).

A germinação quando as sementes foram armazenadas em ambiente com 17°C de temperatura (Figura 4), notou-se influência significativa da presença de sementes esverdeadas no lote armazenado. A amostra que contém apenas sementes amarela, apresentou curva com comportamento quadrático, tendo seu ponto de máxima na qualidade inicial, apresentando tendência de estabilização entre os 90 e 135 dias de armazenamento.

Na amostra “mista”, observou-se curva com comportamento quadrático com ponto de máxima na qualidade inicial. Na amostra composta por apenas sementes esverdeadas, obteve-se comportamento linear com forte decréscimo 90 dias de armazenamento, tendendo a zero de germinação.

Nas sementes armazenadas com temperatura de 25°C (Figura 4), notou-se para amostra sementes amarelas comportamento linear, com ponto de máxima na qualidade inicial. A amostra denominada mista, apresentou curva com comportamento quadrático, apresentando

como ponto de máxima a qualidade inicial. Na amostra que apresentavam apenas sementes esverdeadas, obteve-se curva de comportamento linear com ponto de máxima na qualidade inicial.

Em ambiente de armazenamento com 35°C (Figura 4), as sementes amarelas apresentaram curva quadrática e ponto de máxima observado aos 45 dias de armazenamento. Na amostra denominada mista, houve ajuste a curva de comportamento quadrático, com ponto de máxima aos 45 dias de armazenamento.

Observou-se nos valores de germinação nos três ambiente de armazenamento, comportamento semelhante dos níveis de mistura (Figura 4). De tal forma, que os maiores valores ocorreram para a sementes amarelas, mista e os menores valores de em sementes esverdeadas. É notável a influência da temperatura no potencial de armazenamento das três amostras estudadas.

Quanto a qualidade final das sementes amarelas expresso pela variável germinação (Figura 4), na temperatura 17°C, apresentou decréscimo de cerca de 20p.p. comparado a qualidade inicial; para a temperatura de 25°C obteve-se decréscimo de cerca de 55p.p. e a 35°C de cerca de 65p.p..

Nas amostras referentes à mistura, em ambientes de 17°C, 25°C e 35°C os decréscimos foram de 15p.p., 25p.p. e 35p.p.. Na amostra com sementes esverdeadas, em ambiente com 17°C, 25°C e 35°C, obteve-se decréscimo de 10p.p., ou seja, 100%.

Pelo exposto anteriormente, notou-se certa concordância entre as variáveis resposta analisadas, de tal forma que evidencia-se relação entre o comportamento das mesmas.

Observou-se que a medida que ocorria o acréscimo na condutividade elétrica (Figura 1) ocorreu decréscimo nos níveis de emergência (Figura 2), envelhecimento acelerado (Figura 3) e germinação (Figura 4). Desta forma indicando a ocorrência de possíveis problemas no sistema de membranas, o que tende a acarretar severos problemas no potencial de armazenamento deste

tipo de semente. É interessante salientar que sementes esverdeadas possuem nível de maturação inferior, o que por sua vez, afeta o potencial de armazenamento e intensifica a perda de vigor com o armazenamento, especialmente em condições desfavoráveis.

Tendo em vista que o potencial de armazenamento de sementes é o resultado entre outros fatores da interação entre a qualidade inicial, umidade e temperatura de armazenamento, torna-se evidente a influência da ocorrência de sementes esverdeadas e da temperatura de armazenamento na qualidade final dos lotes. Observou-se nos resultados apresentados no presente trabalho (Figuras 1, 2, 3 e 4), que as sementes armazenadas em ambiente com temperatura de 17°C apresentaram qualidade fisiológica superior as demais temperaturas ao final do armazenamento.

Vale enfatizar que mesmo no ambiente com temperatura de 17°C, as sementes não apresentaram qualidade suficiente para a comercialização, apresentando para as sementes amarelas valores de germinação, vigor por envelhecimento acelerado e emergência, respectivamente 50%, 30% e 40% (Figura 2, 3 e 4).

Mesmo apresentando valores superiores quando comparado a semente esverdeada, é notável que as sementes que apresentam coloração amarela possuem qualidade insuficiente para a comercialização, deste modo indicando a ineficiência da separação das sementes esverdeadas de um lote que os contenha, visto que mesmo com a separação a qualidade do lote com sementes amarelas apresentou baixa qualidade.

A ocorrência do evento sementes esverdeadas, de modo geral, possui relação a estresses ambientais durante o período de maturação da semente de soja, podendo causar prejuízos à produção e à qualidade das sementes (PÁDUA et al., 2009). Nestas, a degradação completa da clorofila é afetada negativamente e que resulta na produção de sementes esverdeadas e de baixa qualidade (MARCOS FILHO, 2015).

A ocorrência e a intensidade de sementes esverdeadas pode estar relacionada ao genótipo (TEXEIRA et al., 2016). Entretanto a maturação e aquisição de potencial de armazenamento é um processo complexo, relacionado a deposição de compostos, degradação da clorofila e a transcrição de cerca de 27 genes (Lima et al., 2017).

Muito embora as sementes amarelas tenham apresentado qualidade superior as sementes esverdeadas, vale enfatizar que estas apresentaram elevado valor de condutividade elétrica e qualidade fisiológica inferior as recomendações técnicas. Deste modo é possível indicar que o fator estressante que condicionou o esverdeamento das sementes influenciou negativamente na qualidade das sementes amarelas. Tal fato está relacionado a fatores que influenciam no potencial de armazenamento das sementes, visto que as sementes oriundas do campo em estudo apresentaram severo decréscimo na qualidade após 45 dias de armazenamento, o que não é o comportamento normal da espécie.

CONCLUSÃO

Sementes de soja amarelas podem apresentar viabilidade inicial similar as esverdeadas, contudo ao longo do armazenamento, a perda de qualidade é mais pronunciada em sementes esverdeadas e com mistura entre ambas.

A temperatura de 35°C foi a mais prejudicial, independentemente de sementes mista, amarela ou esverdeada.

A temperatura de 17°C apresentou-se como a mais promissora para o armazenamento de sementes oriundas de campos com a presença de sementes esverdeadas, contudo,, a perda de qualidade ocorre de forma marcante.

REFERENCIAS

- ARTUZO, F. D. *et al.* Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.
- AUMONDE, T. Z. *et al.* **Estresses ambientais e a produção de sementes: Ciência e aplicação**. Pelotas: UFPel, 2017. 313p.
- BAGATELI, J.R.; DORR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Desempenho produtivo de plantas de soja originadas de lotes de sementes com níveis crescentes de vigor. J. Seed Sci., vol.41, n.2, pp.151-159, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>
- BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: Elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Interações**, v. 18, n. 1, p. 119-128, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 300 p. 2009.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- FRANÇA NETO, J.B. *et al.* (2012). Semente Esverdeada de Soja: Causas e Efeitos Sobre o Desempenho Fisiológico. Série Sementes (Circular Técnica, n.91). Londrina: Embrapa Soja.
- FRANÇA-NETO, J. B.; PÁDUA, G. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CARVALHO, M. L.; HENNING, A. A.; LORINI, I. Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico – série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 16 p. (Embrapa Soja, Circular técnica, 91).
- HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). Seed biology. v. 3. New York: Academic Press, 1972. p.119-152.

MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.G. 2011. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: Qualidade fisiológica de sementes. R. Bras. Sementes 33(2): 241-250.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 58, n. 2, p.421-426, 2001.

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

PÁDUA, G.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; CARVALHO, M.L.M.; KRZYZANOWSKI, F.C.; GUIMARÃES, R.M. Incidence of green soybean seeds as a function of environmental stresses during seed maturation. Revista Brasileira de Sementes, Lavras, v. 31, n. 3, p. 150-159, 2009.

Pereira Lima JJ, Buitink J, Lalanne D, Rossi RF, Pelletier S, da Silva EAA, et al. (2017)

Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean.

PLoS ONE 12(7): e0180282. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180282>

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: editora universitária. 2012. 531p.

RANGEL, M. A. S.; MINUZZI, A.; PÌEREZAN, L.; TEODÓSIO, T. K. C.; ONO, F. B.;

CARDOSO, P. C. Presença e qualidade de sementes esverdeadas de soja na região sul do estado do Mato Grosso do Sul. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 33, n. 1, p. 127-132, 2011.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, v. 32, n.3, p. 35-41, 2010.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.4, p.446-453, 2014.

- TEIXEIRA, R.N.; LIGTERINK, W.; FRANÇA-NETO, J.B.; HILHORST, H.W.M.; SILVA, E.A.A. Gene expression profiling of the green seed problem in Soybean. *BMC Plant Biology* v.16, n.37, 2016. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0729-0>
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (ed.). *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.4, p.1-26.
- YANG, S.; MIAO, L.; HE, J.; ZHANG, K.; LI, Y.; GAI, J. Dynamic Transcriptome Changes Related to Oil Accumulation in Developing Soybean Seeds. *International Journal of Molecular Sciences*, v.20, n.9, p.1-18, 2019. doi:10.3390/ijms20092202
- Zorato, M.F. et al. (2007). Presença de sementes esverdeadas em soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, 29 (1), 11-19.

4.0 Considerações finais

A produção de sementes de soja com qualidade e volume satisfatório é o objetivo de todas as empresas produtoras de sementes. Tendo em vista a rentabilidade do negócio, a produção de sementes de elevado vigor e germinação proporciona a possibilidade de agregar valor ao produto, consequentemente favorecendo o aumento da lucratividade da empresa produtora. Entretanto a produção de sementes trata-se de uma indústria a céu aberto, onde os fatores climáticos influenciam diretamente no volume e qualidade da produção em todas as etapas do processo.

Neste contexto, observou-se que sementes colhidas próximas a R7.3 apresentam os melhores níveis de qualidade fisiológica durante o

armazenamento, vale enfatizar que sementes colhidas antes ou após o referido período apresentaram qualidade fisiológica inferior.

O atraso de colheita, ocasionou severo decréscimo na qualidade de sementes, em especial durante o período de armazenamento. Tal fato justificado pelo maior período de exposição das sementes as intempéries, em especial a ocorrência de chuvas em pré colheita, o que ocasionou em maior incidência de dano por umidade.

Notou-se elevado decréscimo de qualidade em sementes oriundas de campos com a presença de sementes esverdeadas. Muito embora seja notável a baixa qualidade das sementes com a presença de clorofila, conclui-se que todas as sementes apresentavam qualidade insuficiente para a comercialização, mesmo quando armazenadas com temperatura de 17°C.

Baseado nesses resultados, não é recomendável a separação de sementes esverdeadas, como apresentado as sementes sem a pigmentação apresentaram baixa qualidade durante o armazenamento. Visto que, semente se faz no campo e para este tipo de adversidade nota-se efeito ineficiente da separação de sementes esverdeadas.

O presente trabalho apresentou os fatores que influenciam diretamente no potencial de armazenamento e conseqüentemente na qualidade final dos lotes. Neste contexto, o “ponto de colheita” se destaca como um importante fator na manutenção da qualidade fisiológica durante as etapas subsequentes, tendo em vista que efetuar o processo em momento errôneo ocasiona severos problemas na qualidade das sementes.

5.0 Referencias

- ABRASEM. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/#>
- ALFENAS, A. C. (Ed.). Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.
- APROSOJA. A história da soja. Disponível em: <http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>
- ARRUDA, M.H.M; MENEGHELLO, G.E.; VIEIRA, J.F.; GADOTTI, G.I. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja com diferentes percentuais

de sementes esverdeadas. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, V. 28, N.2, p.691-699, 2016.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATO, C.R.; SOUZA, A.R.L.; SILVA, L.X. Gestão de custos na produção de milho e soja. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. Washington: 1975. 1054 p.

AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E.G; VILLELA, F.A. Estresses ambientais e a produção de sementes: Ciência e aplicação. Pelotas: UFPel, 2017. 313p.

BAGATELI, J.R.; DORR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Desempenho produtivo de plantas de soja originadas de lotes de sementes com níveis crescentes de vigor. *J. Seed Sci.*, vol.41, n.2, pp.151-159, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>

BARNI, N. A.; MATZNAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 6, 189-203, 2000.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Physiology and biochemistry of seed in relation to germination: viability, dormancy and environmental control*. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 375 p.

BICCA, F.M.; BAUDET, L.; ZIMMER, G.J. Separação de sementes manchadas de lotes de sementes de arroz, utilizando a mesa de gravidade e sua influência na qualidade sanitária. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.20, n.1, p.106-111, 1998.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. *Química do processamento de alimentos*. 3 ed. São Paulo: Varela, 143p., 2001.

BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: Elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. *Interações*, v. 18, n. 1, p. 119-128, 2017.

BRANDT, S.C. et al. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja submetidas a tratamento com bioprotetor e fungicida. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, nº 4, p. 87-94, 2009.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 300 p. 2009.
- BRYANT, J.A. Fisiologia da Semente. (1.ed.). São Paulo: Editora
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: Funep. 2000. 588 pp.
- CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, J.A.; LIMA, A.E.; SANTOS, H.O.; BARBOSA, J.I. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvesting period. *Journal of Seed Science*, v. 38, n. 1, p. 14-21, 2016.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, segundo levantamento, v.7, safra 2019/2020, novembro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>
- COSTA, N.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; MESQUITA, C.M.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Efeito de sementes verdes na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 23, n.2, p.102-107, 2001.
- DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.
- DELOUCHE, J. C. Seed maturation. In: *HANDBOOK of seed technology*. Mississippi: Mississippi State University, 1971. p. 17-21.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. 1973. Accelerated aging technique for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science & Technology* 1: 427-452.
- DINIZ, F. O.; REIS, M.S.; DIAS, L.A.; ARAUJO, E.; SEDYAMA, T.; SEDYAMA, C.T. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. *Journal of Seed Science*, v.35, n.2, p.147-152, 2013.
- DINIZ, F. O.; REIS, M.S.; DIAS, L.A.; ARAUJO, E.; SEDYAMA, T.; SEDYAMA, C.T. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. *Journal of Seed Science*, v.35, n.2, p.147-152, 2013.

- DODE, J.S.; MENEGHELLO, G. E.; Timm, Fabiana Carrett, Moraes, Dario Munt de, & Peske, Silmar Teichert. (2013). Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. *Ciência Rural*, 43(2), p.193-198. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200001>
- EMBRAPA. História da soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>
- EVANGELISTA, J. R. E.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M.; BOTELHO, F.J.E.; RESENDE, P.M.; MONDO, V.H.V. Potencial fisiológico de sementes de soja durante a maturação. *Informativo ABRATES*, v.25, n.1, p.39-42, 2015.
- FESSEL, SA; MENDONÇA, EAF; CARVALHO, RV; VIEIRA, RD Efeito do tratamento químico sobre a conservação de sementes de milho durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.25-28, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v25n1/19626.pdf>
- FINOTO, L.E.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SOARES, M.B.B.; GALLI, J.A.; CORDEIRO JUNIOR, P.S.; MENEZES, P.H.S. Antecipação e retardamento de colheita nos teores de óleo e proteína das sementes de soja, cultivar Valiosa RR. *Scientia Agropecuaria*, v. 8, n. 2, p. 99 – 107, 2017.
- 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*, vol. 32, nº 3, p. 123-133, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300014>
- FRANÇA NETO, J.B. Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico. Londrina: Embrapa Soja, 2012, 15p.(Circular técnica 91)
- FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. 39p. (EMBRAPA-CNPSO, Circular técnica, 9).
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 406).
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: EMBRAPACNPSO, 1998, 72p. (Documentos 116).

- FRANÇA-NETO, J. B.; PÁDUA, G. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CARVALHO, M. L.; HENNING, A. A.; LORINI, I. Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico – série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 16 p. (Embrapa Soja, Circular técnica, 91).
- FRANÇA-NETO, J.B.; PÁDUA, G.P.; CARVALHO, M.L.M.; COSTA, O.; BRUMATTI, P.S.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da; HENNING, A.A.; SANCHES, D.P. Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 38).
- GADOTTI, G.I.; CORREA, C.; LUCCA FILHO, O.A.; VILLELA, F. A. Qualidade de sementes de couve brócolis beneficiadas em mesa densimétrica. Rev. bras. sementes [online]. 2006, vol.28, n.2 [cited 2017-06-15], pp.123-127. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200016>.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). Seed biology. v. 3. New York: Academic Press, 1972. p.119-152.
- HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyl degradation in processed foods and senescent plant tissues. Trends in Food Science & Technology, Amsterdam, v.7, n.1, p.8-15, 1996.
- HENNING, A.A. Patologia e tratamento de sementes: noções gerais. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 264).
- in relation to germination. Berlin: Springer-Verlag, 1982. v.2, 374p.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia e Estatística). Rede de Estações Climatológicas. 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso em: 5 dez. 2019.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 1985. v.1, 533p.
- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. Cienc. Rural [online]. 2005, vol.35, n.6 [cited 2017-06-11], pp.1248-1256. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600004>
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P. Efeito da classificação de sementes de soja por tamanho sobre sua qualidade e a precisão de semeadura. Revista Brasileira de Sementes, v.13, p.59-68, 1991.

- LAMEGO, F.P.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; KULCZYNSKI, S.M.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T.E.; SANTI, A.L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja, *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 929- 938, 2013.
- MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I.G. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: Qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileiro Sementes*, v. 33, n. 2, p. 241-250, 2011.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES, 2015. 600 p.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3. p.1-24.
- MARCOS FILHO, J. *Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)*. 1979. 180f. Tese (Livre Docência) -Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.
- MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p.421-426, 2001.
- MARCOS-FILHO, J .; KIKUTI, ALP; LIMA, LB Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo uma análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.1, p.102-112, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012>
- MARTINS, C. A. O., SEDIYAMA, C. S., OLIVEIRA, M. D. A., JOSÉ, I. C., MOREIRA, M. A., REIS, M. S., & ROCHA, V. Atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*. 22(1):42-46, 2000.
- MEDINA, P.F.; LAGO, A.A.; RAZERA, L.F.; MAEDA, J.A. Composição física e qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja com incidência de sementes esverdeadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10. 1997, Foz do Iguaçu. Resumos. Curitiba: Informativo ABRATES, 1997. v.7, n.1/2, p.36.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

- NOODÉN, L.D. Integration of soybean pod development and monocarpic senescence. *Physiology Plant*, Copenhagen, v.62, fasc.2, p.273-284, 1984.
- PADUA, G.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; CARVALHO, M.L.M.; COSTA, O.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Tolerance level of green seed in soybean seed lots after storage. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.3, p.112-120. 2007.
- PÁDUA, G.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; CARVALHO, M.L.M.; KRZYZANOWSKI, F.C.; GUIMARÃES, R.M. Incidence of green soybean seeds as a function of environmental stresses during seed maturation. *Revista Brasileira de Sementes*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 150-159, 2009.
- PELÚZIO, J. M.; RAMO, L. N.; FIDELIS, R. R.; AFFÉRI, F. S.; CASTRO NETO, M. D.; CORREIA, M. A. R. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. *Revista Bioscience Journal*, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.
- PEREIRA LIMA JJ, BUITINK J, LALANNE D, ROSSI RF, PELLETIER S, DA SILVA EAA, Molecular characterization of the acquisition of longevity during seed maturation in soybean. *PLoS ONE* 12(7): e0180282, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180282>
- PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: editora universitária. 2012. 531p.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. 2. ed., Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- RANGEL, M. A. S.; MINUZZI, A.; PIÉREZAN, L.; TEODÓSIO, T. K. C.; ONO, F. B.; CARDOSO, P. C. Presença e qualidade de sementes esverdeadas de soja na região sul do estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 1, p. 127-132, 2011.
- RANGEL, M.A.S.; MINUZZI, A.; PIÉREZAN, L.; TEODÓSIO, T.K.C.; ONO, F.B.; CARDOSO, P.C. Presença e qualidade de sementes de soja na região sul do Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringa, v.33, n.1, p.127-132,2011.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. (6.ed.) Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 2001. 906p.
- Reginato, M.P.; Ensinas, S.C.; Rizzato, M.C.O.; Santos, M.K.K. & Prado, E.A. (2014) - Boas Práticas de armazenamento de grãos. 8º ENEPE UFGD, 5º

EPEX UEMS em ENEPEX – Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão. Anais online. [cit. 2016-06-15].

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G. O. How a soybean plant developments. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20 p. (Special Report, 53)

SABATER, B.; RODRIGUEZ M.T. Control of chlorophyll degradation in detached leaves of barley and oat through effect of kinetin on chlorophyllase levels. *Plant Physiology*, v.43 p.274-276, 1978.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

SCHONS, A.; PAVAN, B.; SILVA, A.; MIELEZRSKI, F. Respostas do genótipo, tratamento de sementes e condições de armazenamento no potencial fisiológico de sementes de soja. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(1), 111-120, 2018. <https://dx.doi.org/10.19084/RCA17183>

SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Seed physiological quality and individual plants performance in soybean. *Journal of Seed Science*, v.31, n.1, p.144-149, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n1/a16v31n1.pdf>

SILVA, R. P.; TEIXEIRA, I.R.; DEVILLA, I.A.; REZENDE, R.C. SILVA, G.C. Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max. L.*) durante o beneficiamento. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 1219-1230, 2011.

SINNECKER, P.; GOMES, M.S.O.; AREAS, J.A.G.; LANFER-MARQUES, U. Relationship between color (instrumental and visual) and Chlorophyll contents in Soybean seeds during ripening. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v.50, p. 3961-3966, 2002.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.4, p.446-453, 2014.

TEIXEIRA, R.N.; LIGTERINK, W.; FRANÇA-NETO, J.B.; HILHORST, H.W.M.; SILVA, E.A.A. Gene expression profiling of the green seed problem in Soybean. *BMC Plant Biology* v.16, n.37, 2016. [https://doi.org/10.1186/s12870-016-0729-](https://doi.org/10.1186/s12870-016-0729-0)

- THOMAS, H.; SMART, C.M. Crops that stay green. *Annals of Applied Biology*, Wellesbourne, v.123, n.1, p.193-219, 1993.
- THOMAS, H.; STODDART, J.L. Separation of chlorophyll degradation from other senescence processes in leaves of a mutant genotype of meadow fescue (*Festuca pratensis* L.). *Plant Physiology*, Maryland, v.56, n.3, p.438-441, 1975.
- VEIGA, A.D.; ROSA, S.D.V.F.; SILVA, P.A.; OLIVEIRA, J.A.; ALVIM, P.A.; DINIZ, K.A. Tolerância de sementes de soja a dessecação. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 773-780, maio/jun., 2007.
- VERGARA, R. O. et al. Space distribution of soybean seed storage potential. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 2, p. 399 –410, 2019.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (ed.). *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.4, p.1-26.
- VITTI, G.C.; CAMARGO, M.A.F.; LARA, C. Síntese de análise químicas em tecido vegetal. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.
- YANG, S.; MIAO, L.; HE, J.; ZHANG, K.; LI, Y.; GAI, J. Dynamic Transcriptome Changes Related to Oil Accumulation in Developing Soybean Seeds. *International Journal of Molecular Sciences*, v.20, n.9, p.1-18, 2019. doi:10.3390/ijms20092202
- ZANON, A. J.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M.; CERA, J.C.; RICHTER, G.L.; LAGO, I.; SANTOS, P.M.; MACIEL, L.R.; GUEDES, J.V.C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. *Bragantia*, v, 74, n. 4, p. 400-411, 2015.
- ZORATO, M.F.; PESKE, S.T.; TAKEDA, C.; FRANÇA NETO, J.B. Presença de sementes esverdeadas de soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.29, n.1, p.11-19, 2007.
- ZORATO, M.F.; PESKE, S.T.; TAKEDA, C.; FRANÇA NETO, J.B. Sementes esverdeadas em soja: Testes alternativos para determinar a sua qualidade. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.29, n.1, p.1-10, 2007.
- ZUCHI, J.; FRANÇA-NETO, J.B.; SEDIYAMA, C.; LACERDA FILHO, A.; REIS, M. Qualidade fisiológica de sementes de soja resfriadas e armazenadas

dinamicamente. Journal of Seed Science , 35 (3), 353-360, 2013.

<https://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000300012>

ZUFFO, J. M. J.; ZUFFO JUNIOR, J.M.; ZAMBIAZZI, E.V.; STEINER, F.. Physiological and sanitary quality of soybean seeds harvested at different periods and submitted to storage. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 47, n. 3, p. 312-320, 2017.

6.0 Anexo I: Projeto de doutorado

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE SEMENTES**

PROJETO DE PESQUISA - DOUTORADO

**CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FISIOLÓGICOS E SEPARAÇÃO
DE SEMENTES ESVERDEADAS DE SOJA**

Rafael de Oliveira Vergara

Pelotas/UFPel - RS

Agosto-2017

RAFAEL DE OLIVEIRA VERGARA

CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS FISIOLÓGICOS E SEPARAÇÃO DE SEMENTES ESVERDEADAS DE SOJA

Aprovado por:

Dra. Gizele Ingrid Gadotti
Universidade Federal de Pelotas - UFPel
Orientadora

Pelotas, 2017

SUMÁRIO

1. Introdução geral.....	4
2. Revisão de literatura	5
2.1 Cultura	5
2.2 Sementes esverdeadas.....	6
2.3 Separação de sementes esverdeadas.....	7
3. Justificativas, objetivos e impactos esperados.....	8
4. Material e métodos	9
4.1 Experimento I.....	9
4.2 Experimento II.....	10
4.3 Experimento III.....	11
5. Cronograma das atividades.....	13
6. Referências bibliográficas.....	17
7. Cronograma de disciplinas.....	18

8. Orçamento.....	19
9. Plano de estudo.....	20

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) atualmente é uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, que vem se tornando fonte de renda e prosperidade para as diversas regiões produtoras do país, responsável pela colonização e desenvolvimento de diversas fronteiras agrícolas no território nacional e internacional. A cultura apresentou área semeada de 33.889,9 mil hectares, com produção total de 113.923,1 mil toneladas, com uma produtividade média de 3.362 kg.ha⁻¹ na safra 2016/2017, variáveis estas que apresentam valores crescentes nos últimos anos (Conab, 2017).

Neste sentido, a semente surge como insumo fundamental para o estabelecimento das lavouras brasileiras, se apresentando como vetor de novas tecnologias. No ano de 2015, a taxa de utilização de sementes legais no Brasil foi de 71% (Abrasem, 2017). Os avanços oriundos do melhoramento genético em conjunto com a qualidade da semente produzida e ofertada aos agricultores apresenta papel fundamental para o desenvolvimento da cultura e na melhoria das condições de vida das regiões produtoras.

Trabalhos de pesquisa evidenciam a relação existente entre a qualidade da semente utilizada para a semeadura e o potencial produtivo da lavoura, em especial sementes de maior vigor tendem a apresentar maior produção em comparação às sementes de baixo vigor (KOLCHINSKI et al., 2005; SCHEEREN et al., 2010). Entretanto nas diversas regiões produtoras de sementes do Brasil, são muitos os fatores que influenciam na qualidade da semente produzida, em especial é possível evidenciar as condições climáticas da região. Assim as sementes estão suscetíveis à ocorrência de dano por umidade, por conta de chuvas na pré-colheita, má formação devido à ocorrência de veranicos e também à presença de sementes esverdeadas.

O aparecimento de sementes esverdeadas na cultura da soja pode ocorrer por diversos fatores, como veranicos, doenças, inadequada escolha do ponto de dessecação em pré-colheita e ocorrência de altas temperaturas na fase de maturação. A presença de coloração verde na semente indica que esta não conclui a maturação de maneira eficiente, e assim não degradou por completo a clorofila presente. É possível constatar ao comparar lotes com presença de sementes esverdeadas, que estas apresentam qualidade inferior em relação às sementes que apresentam coloração amarela (totalmente maduras), ou seja, ao avaliar três lotes de sementes, um lote com cem por cento de sementes esverdeadas, outro com mistura de sementes amarelas e esverdeadas, e outro com somente sementes amarelas, fica evidente que o lote que apresenta maior nível de sementes esverdeadas apresenta qualidade inferior aos demais (ZORATO et al., 2007).

O fenômeno sementes esverdeadas é de fácil ocorrência em regiões produtoras do Brasil, em especial na metade norte do país, devido à ocorrência de veranicos e altas temperaturas, ocasionando sérios prejuízos ao setor sementeiro anualmente. Devido à similaridade física entre a semente esverdeada e a semente amarela (madura), durante a operação de beneficiamento, a semente esverdeada se torna um material de difícil

separação, ocasionando sérios prejuízos econômicos ao setor sementeiro devido ao descarte de lotes.

Neste sentido estudos que objetivem elucidar as variáveis relacionadas às características físicas e fisiológicas, que possibilitem a separação de sementes esverdeadas, e também o estudo de equipamentos que possibilitem a separação de tal material durante o beneficiamento apresentam grande importância para o setor sementeiro do país.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma cultura amplamente difundida pelo mundo, considerada uma espécie que apresenta grande importância devido à composição química do grão. Sendo fonte de proteínas tanto para alimentação humana quanto para animal, outro fator de grande importância é o teor de óleo presente neste grão, que é utilizado para os mais diversos fins. Tais fatores fazem da soja uma matéria prima de grande importância para economia mundial.

A soja que hoje é cultivada é muito diferente dos seus ancestrais, que eram cultivados na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse, na China. Na segunda década do século XX, o teor de óleo e proteína do grão começa a despertar o interesse das indústrias mundiais. No entanto, as tentativas de introdução comercial do cultivo do grão na Rússia, Inglaterra e Alemanha fracassaram, provavelmente, devido às condições climáticas desfavoráveis. No final da década de 1960, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Na época, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. O Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País. A explosão do preço da soja no mercado mundial, em meados de 1970, desperta ainda mais os agricultores e o próprio governo brasileiro. Atualmente, os líderes mundiais na produção mundial de soja são os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai (EMBRAPA, 2017).

O ingresso no Brasil se deu oficialmente no estado do Rio Grande do Sul no ano de 1914, neste foram introduzidas cultivares originadas dos Estados Unidos da América, regiões que apresentavam clima semelhante. Entretanto sua disseminação no território brasileiro se deu na década de 70, quando a indústria de óleo foi ampliada (APROSOJA, 2017). Atualmente a soja é a cultura que ocupa maior área no território brasileiro, com cerca de 57% da área cultivada. Deste total, 45% da área semeada esta localizada na região central do Brasil, e 30% na região sul. Sendo o estado do Mato Grosso, o principal produtor, com 27% da área semeada no país (CONAB, 2017).

A cultura da soja apresenta como principal estrutura de propagação a semente, e esta têm papel fundamental no estabelecimento e posterior produção de grãos. Neste sentido, diversos autores (KOLCHINSKI et al., 2005; SCHUCH et al., 2009; SCHEREEN et al., 2010), estudando a qualidade de sementes de soja, observaram que plantas originadas de sementes de alto vigor apresentavam maior produção, comparativamente às plantas originadas de sementes de baixo vigor.

Entretanto a qualidade da semente produzida na principal região produtora, a região centro oeste brasileira, é fortemente influenciada pelas condições ambientais, como altas temperaturas, déficit hídrico, chuvas em pré-colheita, determinando a ocasionando produção de sementes de menor qualidade. A ocorrência de sementes esverdeadas é ocasionada por problemas durante a fase de maturação, em especial pela ocorrência de alta temperatura e déficit hídrico. Neste sentido, Zorato et al. (2007), estudando o efeito da presença de sementes esverdeadas em diferentes lotes de sementes, concluíram que níveis elevados de sementes esverdeadas ocasionam forte decréscimo na qualidade dos lotes. Os autores ainda enfatizam que não raramente, a presença de sementes esverdeadas ocasiona o descarte de lotes e consequentemente em grande prejuízo para o setor sementeiro.

2.2 SEMENTES ESVERDEADAS

Na região dos cerrados tem surgido um agente complicador ao potencial de armazenamento de sementes de soja. Quando não ocorre o declínio de clorofila e seus derivados nos cotilédones, devido à interferência das condições ambientais durante a fase de maturação, podem surgir sementes esverdeadas que apresentam menor longevidade durante o armazenamento (NOODÉN, 1984, ZORATO et al., 2007).

Os cotilédones são considerados folhas modificadas representando as primeiras folhas da planta (Raven et al., 2001). Portanto, as mudanças na pigmentação durante a maturação das sementes podem estar ligadas ao processo de amarelecimento na senescência foliar, que compreende um número de alterações fisiológicas e bioquímicas (Thomas e Smart, 1993). Entretanto o processo bioquímico não é bem conhecido e, devido ao desenvolvimento de vagens e a senescência foliar estar proximamente relacionados, muitas vezes, torna-se difícil separá-los (Noodén, 1984).

A degradação de clorofila está ligada ao uso forçado de todos os componentes do processo de senescência, tais como, degradação de proteína, mudanças na atividade de enzimas e nos padrões de izoenzimas (Thomas e Stoddart, 1975).

A medida que os cotilédones iniciam sua expansão, inicia-se também a deposição de reservas e, sendo parte do embrião, é considerado um tecido vivo que dispõe de todo aparato enzimático necessário para promover a degradação e o transporte de suas próprias substâncias de reserva, visando a nutrir o crescimento do eixo embrionário na germinação (Carvalho e Nakagawa, 2000). Ao mesmo tempo em que as reservas estão sendo depositadas no embrião em desenvolvimento, o conteúdo de DNA e RNA aumenta durante essa fase de expansão e também ocorre a deposição das moléculas de RNA mensageiro (mRNA), codificando as enzimas que degradarão as reservas armazenadas, durante o processo de germinação. Quando o embrião alcança seu tamanho máximo e a deposição de reservas é completada tem-se, então, o início da maturação e da desidratação das sementes (Bewley e Black, 1982; Bryant, 1989).

Contudo em condições atípicas durante a fase pré-maturidade fisiológica, esta série de eventos fisiológicos pode ser comprometida, ocasionando a presença de sementes esverdeadas. Deste modo para França Neto et al. (2012), a incidência de sementes esverdeadas em lotes de sementes de soja é variável, sendo condicionada pelo tipo e intensidade do estresse, do momento de ocorrência e também da sensibilidade da cultivar.

Na fase R6, a ocorrência de altas temperaturas (28 a 36°C) em conjunto com estresse hídrico, ocasiona em maior incidência de sementes esverdeadas e também ocorre decréscimo no peso de sementes. Todavia a ocorrência de estresse hídrico em

R7.2 combinado com baixas temperaturas não ocasiona aumento dos níveis de semente esverdeada (PÁDUA et al., 2007). Nessa fase, ocorrem a translocação muito rápida das reservas e as menores taxas de fotossíntese, impedindo a degradação completa da clorofila, que resulta na produção de sementes esverdeadas e de baixa qualidade (MARCOS FILHO, 2005).

A clorofila que é um dos pigmentos que compõe o sistema antena de captação de energia luminosa e possui importância do ponto de vista de produção de energia voltada ao crescimento e ao desenvolvimento. Contudo, a degradação não adequada deste pigmento fotossintético durante o processo de formação da semente, tem efeito negativo na germinação e principalmente no vigor de sementes de soja em período de pós-colheita (ZORATO et al., 2007). Sementes com coloração intensa de verde ou mesmo esverdeadas, geralmente apresentam elevados índices de deterioração, que podem levar a redução da germinação, do vigor e da viabilidade de lotes de sementes de soja (FRANÇA NETO et al., 2005).

No processo de maturação a quantidade de clorofila é reduzida como resultado da ação das enzimas clorofilases. Estas degradam a clorofila e como consequência a cor verde tende a desaparecer, dando lugar à coloração amarela que é a cor normal da semente madura.

A degradação da clorofila durante a senescência ocorre pela influência de fatores externos, tais como estresse hídrico, redução da luminosidade, alterações na temperatura, aumento dos níveis de etileno ou algum outro fator. No interior das células ocorrem mudanças na expressão gênica que dará início a síntese e degradação de proteínas, e são através dessas mudanças que ocorre a degradação da clorofila (HEATON e MARANGONI, 1996).

A degradação da clorofila ocorre em diversas etapas, o íon Mg^{2+} , presente nas clorofilas é removido por meio de ácidos, apresentando como produto desta reação a feofitina que apresenta coloração verde oliva. Enzimas como a clorofilase hidrolisam o grupo fitila de cor verde, que é solúvel em água. Como resultado da remoção do Mg^{2+} e do grupo fitila, ocorre a formação dos feoforbídeos, de coloração verde castanho, e podem ocorrer reações oxidativas que resultam em produtos incolores (BOBBIO e BOBBIO, 2001). Assim, para Sinnecker et al. (2002), as alterações que ocorrem na coloração das sementes de soja durante a maturação, indicam a degradação da clorofila.

Autores como Zorato et al. (2007) e Costa et al. (2001) descrevem que a ocorrência de níveis de sementes esverdeadas em soja ocasiona produção de lotes de sementes de menor germinação e vigor, em especial se a coloração esverdeada ocorre próximo ao eixo embrionário.

Ensaios de Jalink et al. (1999) denotaram a maturidade das sementes sendo importante para reduzir a possibilidade da clorofila produzir elétrons livres os quais podem causar injúria oxidativa. No relato dos autores, a deterioração das sementes durante o armazenamento tem, de forma freqüente, se relacionado a radicais livres, mediando prejuízos oxidativos às proteínas, aos ácidos nucleicos e às membranas.

2.3 SEPARAÇÃO DE SEMENTES ESVERDEADAS

A difícil separação de sementes esverdeadas no beneficiamento de lotes de sementes de soja ocorre devido à semelhança física entre os materiais. Entretanto em estudos realizados por França Neto et al. (2005), utilizando o equipamento padronizador, constataram que a estratificação por tamanho favorece a retirada de sementes esverdeadas, pois o referido material tende a se concentrar nas peneiras de

menor tamanho. Os autores ainda enfatizam que um lote de sementes com 13% de sementes esverdeadas, após ser classificado em quatro diferentes tamanhos de peneira com furo redondo, apresentou 19% de sementes esverdeadas na peneira 6 mm, 11% na peneira 6,5 mm, 7% na peneira 7 mm e 5% na peneira 7,5 mm, assim evidenciando a maior concentração de sementes esverdeadas nas peneiras menores o que possibilita o descarte das mesmas. Ainda no mesmo trabalho, na sequência do beneficiamento, os autores utilizaram a mesa de gravidade e constataram que o equipamento não obteve êxito na separação.

Entretanto a massa de mil sementes é influenciada pela incidência de sementes esverdeadas presentes no lote. Arruda et al., (2016) evidenciaram que a massa de mil sementes de um lote que apresentava 49% de sementes esverdeadas apresentou 26,5g menos em comparação com a testemunha, indicando a menor massa de sementes esverdeadas em comparação às sementes amarelas. Trabalhos realizados por Medina et al. (1997) e Zorato et al. (2007) corroboram com o descrito anteriormente, ao observarem que sementes verdes e esverdeadas apresentaram menor massa de mil sementes comparativamente às sementes amarelas, que atingiram a maturidade de modo satisfatório.

Deste modo, devido à diferença na massa de mil sementes de sementes esverdeadas e amarelas, se torna relevante a utilização de mesa densimétrica. As sementes que diferem em peso específico podem ser retiradas dos lotes através do beneficiamento de sementes, utilizando-se a mesa densimétrica, cujo princípio de separação fundamenta-se em separar materiais que diferem quanto ao peso específico (BICCA et al., 1998).

Resultados de pesquisas desenvolvidas demonstram a eficiência da mesa densimétrica no aprimoramento da qualidade de lotes de sementes de diversas espécies, evidenciando superioridade de qualidade fisiológica e sanitária das sementes coletadas nas posições superiores em relação às posições inferiores da zona de descarga (GADOTTI et al., 2006). Assim, sementes de maior peso específico são separadas e descarregadas na parte superior da mesa, separadamente de sementes de menor peso que são descarregadas na parte inferior.

A utilização de máquinas que realizam a separação de semente por diferenças de cor pode apresentar eficiência na separação de semente esverdeada do lote de semente. Semente de soja das cvs. CD 202 e BRS 184 com 15,7% e 20,1% de semente verde, respectivamente, foram beneficiadas em uma máquina Seletron SM-500, monocromática, com capacidade de 300 kg.h⁻¹. Utilizando um fundo de contraste específico (fundo 95), após a passagem pela máquina, o lote de semente de CD 202 terminou com cerca de 10% de semente esverdeada e a BRS 184, após duas passadas, com 12%. Com três passadas (fundo 100 modificado), esse lote ficou com menos de 9% de semente esverdeada (FRANÇA NETO et al., 2005). Deste modo, a utilização deste tipo de equipamento pode ser adotada na linha de beneficiamento, possibilitando minimizar o descarte ocasionado pela presença do referido material.

3.0 JUSTIFICATIVAS

O problema “sementes esverdeadas” é algo recorrente em grande parte das empresas produtoras de sementes de soja no país, de tal forma que anualmente é causa de grande prejuízo ao setor. Devido às sementes esverdeadas apresentarem aceleração no processo deteriorativo durante o armazenamento, reduzindo o vigor e a germinação.

Muitas empresas buscam eliminar a semente esverdeada durante o beneficiamento, o que diversas vezes não ocorre pela falta de equipamento adequado e pela carência de informações referentes ao evento sementes esverdeadas. O processo deteriorativo envolve alterações de ordem física e fisiológica, sendo seu estudo, um facilitador para a melhor compreensão do problema.

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o comportamento físico e fisiológico de sementes esverdeadas de soja durante o armazenamento.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as transformações nas características físicas ocorrentes nas sementes esverdeadas e amarelas durante o armazenamento.

Estudar modificações fisiológicas que podem ocorrer nas sementes esverdeadas e amarelas durante o armazenamento, de modo a auxiliar no entendimento dos fatores que levam a perda de qualidade.

Avaliar a eficiência de diferentes equipamentos posicionados em sucessão na linha de beneficiamento, de modo a estabelecer a sua eficiência na separação de sementes esverdeadas.

4.0 RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

Os resultados obtidos nestes ensaios podem auxiliar na elucidação da ocorrência e do real problema “sementes esverdeadas”. De tal forma que se entenda a efetiva necessidade da retirada do material ou se a baixa qualidade é inerente a todas as sementes produzidas no campo.

Vale enfatizar que o estudo de aspectos da fisiologia das sementes esverdeadas durante o armazenamento poderá indicar possíveis causas da redução de qualidade deste tipo de sementes.

A análise das características físicas apresenta a possibilidade de indicar de separação de sementes esverdeadas pelos equipamentos de beneficiamento já existentes,

bem como servir de base para a adaptação ou criação de novos sistemas de separação. Como complemento o estudo da eficiência de equipamentos na separação deste material, tem a probabilidade de indicar à cadeia produtiva de sementes a necessidade de investimentos neste tema.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento I: Características físicas

O presente ensaio objetiva identificar diferenças físicas, que possibilitem o melhor conhecimento do comportamento de sementes esverdeadas e a possibilidade de separação por meio de características físicas.

O experimento será conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes pertencente ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas.

Serão utilizados sementes de três cultivares, sendo duas amostras com ocorrência de sementes esverdeadas oriundas de diferentes campos de cada cultivar, e uma amostra de um terceiro campo de cada cultivar sem a presença de sementes esverdeadas da mesma cultivar, totalizando nove amostras de sementes de soja. Vale enfatizar que, as amostras serão coletadas após a maturidade fisiológica, ou seja, antes de qualquer etapa do beneficiamento.

Após coletadas, as sementes serão limpas e secas até umidade de 12%, classificadas em três tamanhos (P1, P2 e P3), com diferença entre largura da perfuração da peneira de 0,5 mm. Assim, totalizando vinte e sete lotes, sendo 18 lotes com a presença de sementes esverdeadas e 9 lotes sem a presença. Após classificadas, cada lote deve ser submetido à análise visual e à separação das sementes esverdeadas.

Deste modo, cada lote obtido durante a classificação dará origem a dois lotes, um lote com apenas sementes esverdeadas e outro com somente sementes amarelas. Após essa separação, os lotes serão armazenados individualmente, em sacos de papel, em ambiente apropriado. Os lotes obtidos anteriormente devem ser armazenados durante 120 dias.

Será efetuada a avaliação inicial das variáveis de interesse, e posteriormente devem ser efetuadas avaliações a cada 20 dias, totalizando sete avaliações no decorrer do armazenamento.

Para avaliação das alterações ocorrentes durante o período de armazenamento devem ser avaliados peso de mil sementes, peso volumétrico, umidade e germinação de acordo com metodologia proposta por Brasil (2009), envelhecimento acelerado conforme metodologia de Marcos Filho (1999) e teste de tetrazólio utilizando a metodologia proposta por França Neto et al. (1998).

O delineamento estatístico que será adotado é o de parcela subdivididas, onde terá como fonte de variação os três genótipos, o nível de semente esverdeada, tamanho de sementes e os períodos de armazenamento $[(9 \times 3) \times 3 \times 7]$. O conjunto de dados obtidos durante o experimento será submetido à análise de variância com nível de probabilidade de 5%, e apresentando significância estes devem ser submetidos à regressão linear.

5.2 Experimento II: Características fisiológicas

O presente ensaio objetiva estudar aspectos fisiológicos em sementes esverdeadas durante o armazenamento, a fim de buscar as causas da possível redução de vigor de sementes. Assim, devem ser conduzidas a análise inicial (logo após o beneficiamento) e as análises a cada 20 dias durante um período de quatro meses.

O experimento será conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes pertencente ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas.

Serão utilizados materiais oriundos de três cultivares, sendo duas amostras com ocorrência de sementes esverdeadas oriundas de diferentes campos de cada cultivar, e uma amostra de um terceiro campo sem a presença de sementes esverdeadas da mesma cultivar, totalizando nove amostras de sementes de soja. Vale enfatizar que, as amostras serão coletadas após a maturidade fisiológica, ou seja, antes de qualquer etapa do beneficiamento.

Após coletadas, as sementes serão limpas e secas até umidade de 12%, classificadas em três tamanhos (P1, P2 e P3), com diferença entre largura da perfuração da peneira de 0,5 mm. Assim, totalizando vinte e sete lotes, sendo 18 lotes com a presença de sementes esverdeadas e 9 lotes sem a presença. Após classificadas, cada lote deve ser submetido à análise visual e à separação das sementes esverdeadas.

Deste modo cada lote obtido durante a classificação, deve dar origem a dois lotes, um lote com apenas sementes esverdeadas e outro com somente sementes amarelas. Após essa separação os lotes devem ser armazenados individualmente, em sacos de papel, em ambiente apropriado. Os lotes obtidos anteriormente devem ser armazenados durante 120 dias.

Para detecção dos eventos ocorrentes durante o armazenamento de sementes esverdeadas, devem ser conduzido teste de germinação conforme Brasil (2009), teste de tetrazólio conforme metodologia descrita por França Neto (1998), teste de vigor utilizando envelhecimento acelerado conforme Marcos Filho(1999), emergência em campo, matéria seca de parte aérea e raiz, atividade respiratória conforme Dode et al. (2013), atividade enzimática conforme metodologia descrita por Martins et al. (2000) , determinação de proteína pelo método Kjeldahl conforme *Association of Official Analytical Chemist* (1975) e Vitti et al. (2001), determinação de óleo conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985) e condutividade elétrica conforme AOSA(1983).

O delineamento estatístico que será adotado é o de parcela subdivididas, onde terá como fonte de variação os três genótipos, o nível de semente esverdeada, tamanho de sementes e os períodos de armazenamento $[(9 \times 3) \times 3 \times 7]$. O conjunto de dados obtidos durante o experimento será submetido à análise de variância com nível de probabilidade de 5%, e apresentando significância estes devem ser submetidos à regressão linear.

5.3 Experimento III: Separação de sementes esverdeadas

O presente ensaio pretende submeter às sementes de soja à passagem na máquina de ar e peneira, espiral, padronizador, na mesa densimétrica e em um equipamento de seleção óptica. Objetivando avaliar a eficiência dos equipamento em separar sementes esverdeadas e também o benefício na qualidade fisiológica dos lotes beneficiados.

O experimento será conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes pertencente ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas.

Devem ser utilizados três lotes com diferentes níveis de presença de sementes esverdeadas, oriundos de diferentes regiões do país, estes devem ser analisados visualmente quanto à incidência de sementes esverdeadas.

As amostras brutas oriundas de diferentes campos de produção devem ser secas até umidade de 12% e posteriormente submetidas individualmente a classificação. Assim a linha de beneficiamento deve seguir a seguinte ordem: padronizador, mesa densimétrica e equipamento de seleção óptica (Figura 1).

Maquina de ar e peneira – Deve retirar impurezas e sementes de maior e menor tamanho.

Separador de espiral – Deve retirar sementes de formato irregular.

Padronizador – As sementes devem ser classificadas em 3 tamanhos, estes diferindo a cada 5mm, objetivando maior homogeneidade nos lotes obtidos.

Mesa densimétrica - Os lotes obtidos no padronizador (P1, P2 e P3), devem ser submetidos à mesa individualmente. Após regulagem efetuada em ensaios preliminares anterior ao experimento, devera ser descartada a parte baixa da mesa e selecionada a parte central e alta da mesa para o próximo processo.

Equipamento de seleção óptica (Seletron) - Após ensaios preliminares para calibração do equipamento, as sementes obtidas na parte alta da mesa densimétrica devem ser submetidas ao equipamento.

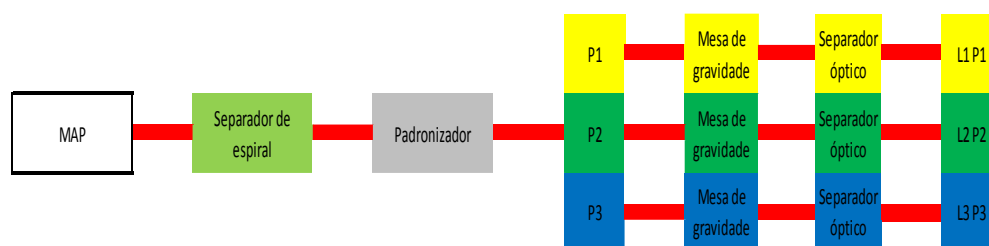


Figura 1: Ilustração da linha experimental de beneficiamento

Deve ser avaliado o percentual de sementes esverdeadas presentes no lote antes e após a utilização do equipamento, conforme sinalizado com a cor vermelha na figura 1. A avaliação do percentual de sementes esverdeadas deve ser feita utilizando oito repetições de cem sementes para cada amostra coletada.

Para avaliação da eficiência do equipamento, será determinada a eficiência pela razão entre o número inicial de sementes esverdeadas e o número final, o resultado deverá ser expresso em percentagem.

Para avaliação da qualidade fisiológica será feito germinação de acordo com metodologia proposta por Brasil (2009), envelhecimento acelerado conforme metodologia de Marcos Filho (1999) e teste de tetrazólio utilizando a metodologia proposta por França Neto et al. (1998).

O delineamento estatístico que será adotado é o de blocos casualizados com 5 repetições, onde as fontes de variação são as máquinas presentes na linha de beneficiamento (6x5). Os dados obtidos no presente experimento deverão ser submetidos à análise de variância, e se significativos deverá ser efetuado o Teste Tukey com nível de 5% de probabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRASEM. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/#>
- ALFENAS, A. C. (Ed.). Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.
- ALFENAS, A. C. Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: UFV, 1998. 574 p.
- APROSOJA. A história da soja. Disponível em: <http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>
- ARRUDA, M.H.M; MENEGHELLO, G.E.; VIEIRA, J.F.; GADOTTI, G.I. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja com diferentes percentuais de sementes esverdeadas. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N.2, p.691-699, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Washington: 1975. 1054 p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds
- BICCA, F.M.; BAUDET, L.; ZIMMER, G.J. Separação de sementes manchadas de lotes de sementes de arroz, utilizando a mesa de gravidade e sua influência na qualidade sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.106-111, 1998.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. Química do processamento de alimentos. 3 ed. São Paulo: Varela, 143p., 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p
- BRYANT, J.A. Fisiologia da Semente. (1.ed.). São Paulo: Editora
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. (4.ed.). Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, nono levantamento, v.4, safra 2016/2017, junho 2017. Disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf

COSTA, N.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; MESQUITA, C.M.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Efeito de sementes verdes na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n.2, p.102-107, 2001.

DODE, J.S.; MENEGHELLO, G. E.; Timm, Fabiana Carrett, Moraes, Dario Munt de, & Peske, Silmar Teichert. (2013). Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, 43(2), p.193-198. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200001>

EMBRAPA. História da soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia> EPU. 1989. 85p.

FRANÇA NETO, J.B. **Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico**. Londrina: Embrapa Soja, 2012, 15p.(Circular técnica 91)

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: EMBRAPACNPSO, 1998, 72p. (Documentos 116).

FRANÇA-NETO, J.B.; PÁDUA, G.P.; CARVALHO, M.L.M.; COSTA, O.; BRUMATTI, P.S.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da; HENNING, A.A.; SANCHES, D.P. **Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 38).

GADOTTI, Gizele Ingrid; CORREA, Carla Lima; LUCCA FILHO, Orlando Antônio and VILLELA, Francisco Amaral. Qualidade de sementes de couve brócolis beneficiadas em mesa densimétrica. **Rev. bras. sementes** [online]. 2006, vol.28, n.2 [cited 2017-06-15], pp.123-127. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200016>.

HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v.7, n.1, p.8-15, 1996.

in relation to germination. Berlin: Springer-Verlag, 1982. v.2, 374p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 1985. v.1, 533p.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Cienc. Rural** [online]. 2005, vol.35, n.6 [cited 2017-06-11], pp.1248-1256. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600004>

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3. p.1-24.

MARTINS, C. A. O., SEDIYAMA, C. S., OLIVEIRA, M. D. A., JOSÉ, I. C., MOREIRA, M. A., REIS, M. S., & ROCHA, V. Atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. 22(1):42-46, 2000.

MEDINA, P.F.; LAGO, A.A.; RAZERA, L.F.; MAEDA, J.A. Composição física e qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja com incidência de sementes esverdeadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 10. 1997, Foz do Iguaçu. Resumos. Curitiba: Informativo ABRATES, 1997. v.7, n.1/2, p.36.

NOODÉN, L.D. Integration of soybean pod development and monocarpic senescence. *Physiology Plant*, Copenhagen, v.62, fasc.2, p.273-284, 1984.

- PADUA, G.P.; FRANÇA-NETO, J.B.; CARVALHO, M.L.M.; COSTA, O.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Tolerance level of green seed in soybean seed lots after storage. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.112-120, 2007.
- RANGEL, M.A.S.; MINUZZI, A.; PIEREZAN, L.; TEODÓSIO, T.K.C.; ONO, F.B.; CARDOSO, P.C. Presença e qualidade de sementes de soja na região sul do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v.33, n.1, p.127-132, 2011.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. (6.ed.) Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 2001. 906p.
- SABATER, B.; RODRIGUEZ M.T. Control of chlorophyll degradation in detached leaves of barley and oat through effect of kinetin on chlorophyllase levels. **Plant Physiology**, v.43 p.274-276, 1978.
- SCHEEREN, B.R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, nº 3 p. 035-041, 2010.
- SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Seed physiological quality and individual plants performance in soybean. **Journal of Seed Science**, v.31, n.1, p.144-149, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n1/a16v31n1.pdf>
- SILVA, R. P.; TEIXEIRA, I.R.; DEVILLA, I.A.; REZENDE, R.C. SILVA, G.C. Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max. L.*) durante o beneficiamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1219-1230, 2011.
- SINNECKER, P.; GOMES, M.S.O.; AREAS, J.A.G.; LANFER-MARQUES, U. Relationship between color (instrumental and visual) and Chlorophyll contents in Soybean seeds during ripening. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.50, p. 3961-3966, 2002.
- THOMAS, H.; SMART, C.M. Crops that stay green. *Annals of Applied Biology*, Wellesbourne, v.123, n.1, p.193-219, 1993.
- THOMAS, H.; STODDART, J.L. Separation of chlorophyll degradation from other senescence processes in leaves of a mutant genotype of meadow fescue (*Festuca pratensis L.*). *Plant Physiology*, Maryland, v.56, n.3, p.438-441, 1975.
- VEIGA, A.D.; ROSA, S.D.V.F.; SILVA, P.A.; OLIVEIRA, J.A.; ALVIM, P.A.; DINIZ, K.A. Tolerância de sementes de soja a dessecação. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 773-780, maio/jun., 2007.
- VITTI, G.C.; CAMARGO, M.A.F.; LARA, C. Síntese de análise químicas em tecido vegetal. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.
- ZORATO, M.F.; PESKE, S.T.; TAKEDA, C.; FRANÇA NETO, J.B. Presença de sementes esverdeadas de soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.1, p.11-19, 2007.
- ZORATO, M.F.; PESKE, S.T.; TAKEDA, C.; FRANÇA NETO, J.B. Sementes esverdeadas em soja: Testes alternativos para determinar a sua qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.1, p.1-10, 2007.