



ELISA DE MELO CASTRO

**TEOR DE LIGNINA E QUALIDADE DE
SEMENTES DE SOJA EM RELAÇÃO AO
RETARDAMENTO DA COLHEITA**

**LAVRAS - MG
2015**

ELISA DE MELO CASTRO

**TEOR DE LIGNINA E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM
RELAÇÃO AO RETARDAMENTO DA COLHEITA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia/Fitotecnia, área de
concentração em Produção Vegetal,
para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. João Almir Oliveira

**LAVRAS – MG
2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Castro, Elisa de Melo.

Teor de lignina e qualidade de sementes de soja em relação ao retardamento da colheita / Elisa de Melo Castro. – Lavras: UFLA, 2015.

88 p.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador (a): João Almir Oliveira.

Bibliografia.

1. *Glycine max*. 2. Armazenamento. 3. Qualidade fisiológica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ELISA DE MELO CASTRO

**TEOR DE LIGNINA E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM
RELAÇÃO AO RETARDAMENTO DA COLHEITA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia/Fitotecnia, área de
concentração em Produção Vegetal,
para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2015.

Dr. Renato Guimarães Mendes

UFLA

Dr. Antônio Rodrigues Vieira

EPAMIG

Dr. João Almir Oliveira

Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

A Deus,

Por estar sempre presente iluminando meus passos, meu caminho, minha vida.

Por possibilitar a conquista deste título,

OFEREÇO!

Aos meus pais, Edivaldo e Inês,

Às minhas irmãs, Carol e Binha,

Ao meu namorado, Eduardo.

todos os familiares e amigos,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e saúde, por se fazer presente, por me dar a possibilidade de aprender e crescer.

Aos meus pais, Edivaldo e Inês, por estarem sempre ao meu lado, pelo exemplo de luta e confiança, pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis e por me ensinarem que o caminho para alcançar os objetivos é com trabalho, responsabilidade e dedicação.

Às minhas irmãs, Carol e Bárbara, pelo apoio, incentivo, carinho e amizade.

Ao meu namorado, Eduardo, pelo incentivo, disponibilidade e auxílio, críticas e sugestões no trabalho. Agradeço também pelo amor, carinho, amizade e companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura, ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia e ao setor de sementes, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo período de concessão de bolsa de estudos.

À FAPEMIG e CNPq, pelo apoio por meio de equipamentos e materiais de consumo para realização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor João Almir Oliveira, pela atenção, disponibilidade, confiança, orientação, apoio, amizade e ensinamentos repassados.

Aos professores do Setor de Sementes (DAG), Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho, Dra. Heloisa Oliveira dos Santos, Dr. Renato Mendes Guimarães, Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho e ao pesquisador Dr. Antônio Rodrigues Vieira, pela imensa ajuda, atenção, disponibilidade, conhecimentos repassados e amizade.

Aos amigos do setor de sementes, especialmente à “Turma do João”:
Everson, Carla, Valquíria, Jodson, Cláudio, Juliana, Denilson, Thaís, Cassiano,
Rafaela, José Igor, Leonardo, Leila, Vinícius, Renato, Laís, Petriza, e Cibelle,
pela imensa ajuda na condução dos experimentos e momentos de alegria.

Ao Rucyan e Heloisa pela dedicação, conhecimentos compartilhados e
pela imensa ajuda na realização das análises enzimáticas e de teor de lignina.

À empresa Syngenta e ao Engenheiro Agrônomo Alexandre Corbo pela
concessão das sementes e condução de parte do experimento em campo de
produção de sementes.

À secretária da pós-graduação Marli e aos funcionários do Setor de
Sementes, Elenir, Cláudio, Antônio e Dona Elza, pelo auxílio, incentivo,
convivência, apoio e momentos de descontração.

À minha amiga Samara, pelo incentivo, presença, ajuda, alegria e
companheirismo durante todo o tempo de convivência.

Aos colegas de trabalho do Laboratório de Microscopia Eletrônica e
Análise Ultraestrutural, Eduardo Alves, Eloísa, Aline, Cláudia, Silvino, Camila,
Elícia, Tamara, Gilmara e Matheus, pela compreensão, amizade e incentivo.

A todos que acreditaram em mim e de alguma forma contribuíram para a
realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos, pois sem vocês esta
conquista não seria possível.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A ocorrência de condições climáticas desfavoráveis na pré-colheita de sementes de soja, após a maturidade fisiológica, pode ocasionar danos e afetar negativamente a qualidade das sementes. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento de sementes de cultivares de soja com diferentes teores de lignina quanto ao retardamento da colheita com incidência artificial de chuva e ao armazenamento. O ensaio foi conduzido em Iraí de Minas, MG, em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial cinco x três x três, sendo cinco cultivares de soja (NK 7059 RR, SYN 1163 RR, SYM 9070 RR, AS 7307 RR e SYN 1283 RR), três épocas de colheita (R8, R8 + uma simulação de chuva na pré-colheita e R8 + duas simulações de chuva na pré-colheita) e três épocas de armazenamento (0, 90 e 180 dias). As simulações de chuva na pré-colheita foram realizadas por meio de irrigação proveniente de pivô central, na intensidade de 30 mm de água, até que as vagens ficassem encharcadas, e posteriormente foram colhidas quando atingiram 18% de teor água. O intervalo entre as colheitas foi de aproximadamente seis dias. As sementes foram avaliadas quanto à composição química (teor de lignina), a porcentagem de danos por umidade (tetrazólio), qualidade fisiológica (germinação, envelhecimento acelerado, condutividade, emergência, índice de velocidade de emergência), qualidade sanitária (“Blotter test”) e atividade enzimática (catalase, esterase, álcool desidrogenase, malato desidrogenase e isocitrato liase). A cultivar AS 7307 RR apresentou maior teor de lignina no tegumento, menor porcentagem de danos por umidade e maior qualidade fisiológica. As cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR apresentam menores teores de lignina no tegumento e maiores porcentagens de danos por umidade avaliados pelo teste de tetrazólio, sendo que a cultivar SYN 1163 RR está entre as cultivares com menor desempenho fisiológico. Os valores de condutividade elétrica aumentam com o armazenamento para todas as cultivares. A porcentagem de emergência de plântulas normais e o índice de velocidade de emergência variam com o armazenamento. Há maior média geral de incidência para o fungo *Fusarium* spp. (23,04%), seguido de *Aspergillus* sp. (13,16%), *Penicillium* sp. (8,37%), *Phomopsis* sp. (3,16%) e *Colletotrichum truncatum* (1,71%). Há variação no padrão eletroforético das enzimas catalase, esterase, álcool desidrogenase; malato desidrogenase e isocitrato liase para as sementes submetidas ao retardamento da colheita, armazenadas e não armazenadas.

Palavras-chave: *Glycine max*. Qualidade fisiológica. Armazenamento.

ABSTRACT

The unfavorable weather conditions in the pre-harvest soybean seeds after physiological maturity, can cause damage and negatively affect the quality of the seeds. Therefore, the aim of this work was to evaluate the soybean cultivars seed behavior with different lignin as the postponement of harvest with artificial incidence of rain and storage. The trial was conducted in Iraí de Minas, Brazil, in a randomized block design with three replications and factorial 5x3x3, five soybean cultivars (NK 7059 RR, SYN 1163 RR, RR SYM 9070, AS 7307 and SYN 1283 RR RR) three harvest seasons (R8, R8 + a rain simulation in the pre-harvest and R8 + two rainfall simulations in pre-harvest) and three storage times (0, 90 and 180 days). The rainfall simulations in pre-harvest were performed using irrigation from central pivot, the intensity of 30 mm of water, until the pods stay wet, and were subsequently harvested when they reached 18% water content. The interval between harvests was approximately six days. The seeds were evaluated for chemical composition (lignin content), the percentage of moisture damage (tetrazolium), physiological quality (germination, accelerated aging, conductivity, emergency, emergency speed index), sanitary quality ("Blotter test") and enzyme activity (catalase, esterase, alcohol dehydrogenase, malate dehydrogenase and isocitrate lyase). The cultivar AS 7307 RR showed higher lignin content in the seed coat, a lower percentage of damage by moisture and higher vigor. The cultivars NK 7059 RR and SYN 1163 RR have lower lignin content in seed coats and higher percentages of moisture damage evaluated by the tetrazolium test, and to cultivate SYN 1163 RR is among the cultivars with lower physiological performance. The electrical conductivity values increase with storage for all cultivars. The percentage of normal seedlings emergency and the emergency speed index vary with storage. There incidence of *Fusarium* spp. (23.04%), *Aspergillus* sp. (13.16%), *Penicillium* sp. (8.37%), *Phomopsis* sp. (3.16%) and *Colletotrichum truncatum* (1.71%). There is variation in the electrophoretic pattern of catalase, esterase, alcohol dehydrogenase; malate dehydrogenase and isocitrate lyase for seeds submitted to the harvest delay, stored and not stored.

Keywords: *Glycine max*. Physiological quality. Storage.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Álcool Desidrogenase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Álcool Desidrogenase com 180 dias de armazenamento ... 64
- Figura 2 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Malato Desidrogenase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Malato Desidrogenase com 180 dias de armazenamento... 64
- Figura 3 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Catalase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Catalase com 180 dias de armazenamento 65
- Figura 4 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Esterase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Esterase com 180 dias de armazenamento..... 67
- Figura 5 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Isocitrato Liase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Isocitrato Liase com 180 dias de armazenamento 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Teor médio de lignina no tegumento (g%) de sementes de diferentes cultivares de soja.....	34
Tabela 2	Porcentagem de danos por umidade em sementes de cultivares de soja com o retardamento da colheita.....	35
Tabela 3	Porcentagem média de germinação (%) de sementes de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita.....	38
Tabela 4	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita	40
Tabela 5	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de diferentes cultivares de soja com o armazenamento.....	41
Tabela 6	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja submetidas ao retardamento da colheita ao longo do armazenamento	43
Tabela 7	Porcentagem média de germinação (%) de sementes de diferentes cultivares de soja após o envelhecimento acelerado com o retardamento da colheita	43
Tabela 8	Porcentagem média de emergência de plântulas de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita	46
Tabela 9	Porcentagem média de emergência de plântulas de diferentes cultivares de soja ao longo do armazenamento.....	47
Tabela 10	Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita.....	47
Tabela 11	Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de diferentes cultivares de soja com o retardamento e armazenamento	49
Tabela 12	Incidência (%) de <i>Fusarium</i> spp. em diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita.....	52
Tabela 13	Incidência (%) de <i>Fusarium</i> spp. em diferentes cultivares de soja com o armazenamento.....	54
Tabela 14	Incidência (%) de <i>Fusarium</i> spp. em diferentes cultivares de soja com o armazenamento em função do retardamento da colheita.....	54

Tabela 15	Incidência (%) de <i>Aspergillus</i> spp. em diferentes cultivares de soja com retardamento da colheita.....	55
Tabela 16	Incidência (%) de <i>Penicillium</i> spp. em sementes de diferentes cultivares de soja com o armazenamento.....	56
Tabela 17	Incidência (%) de <i>Phomopsis</i> sp. em diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita.....	57
Tabela 18	Incidência (%) de <i>Phomopsis</i> sp. em diferentes cultivares de soja com o armazenamento.....	59
Tabela 19	Incidência (%) de <i>Colletotrichum truncatum</i> em diferentes cultivares de soja com o armazenamento.....	60
Tabela 20	Incidência (%) de <i>Colletotrichum truncatum</i> em diferentes cultivares de soja com o armazenamento.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Qualidade de sementes de soja	15
2.2	Características do tegumento da semente de soja	18
2.3	Armazenamento	21
2.4	Qualidade sanitária de sementes soja	23
2.5	Enzimas envolvidas na qualidade fisiológica	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Caracterização do experimento	26
3.2	Avaliações laboratoriais	27
3.3	Delineamento Experimental e Análise Estatística	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Teor de lignina	33
4.2	Tetrazólio	34
4.3	Análises fisiológicas	36
4.4	Análise de sanidade	50
4.5	Análise enzimática	61
5	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICE	85

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das plantas mais cultivadas que tem grande importância para a economia brasileira. O desenvolvimento da cultura da soja está associado a novas tecnologias, principalmente aquelas relacionadas à produção de sementes de alta qualidade, livres de patógenos e com potencial para desenvolver plântulas com alto vigor (PELÚZIO et al., 2008).

As características genéticas e os efeitos ambientais durante as fases de desenvolvimento, colheita, processamento e armazenamento são fatores determinantes no período de viabilidade da semente, o qual é extremamente variável. Em sementes submetidas a condições desfavoráveis em alguma dessas fases, podem ocorrer danos fisiológicos que podem resultar em prejuízos à qualidade das sementes, sendo a intensidade desses danos, variável com fatores genéticos, intrínsecos de cada cultivar (GRIS et al., 2010).

No período compreendido entre a maturidade fisiológica e a colheita, podem ocorrer danos por "umidade" nas sementes, os quais resultam da exposição dessas em ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase de pós-maturidade. Estes danos podem ser ainda mais agressivos em regiões tropicais, devido ao clima predominantemente quente e úmido, o qual pode acelerar ainda mais o processo de deterioração das sementes.

Forti et al. (2013) verificaram que o potencial fisiológico das sementes é reduzido por danos causados pela umidade e este pode ser um dos fatores mais prejudiciais à qualidade das sementes de soja.

Em algumas pesquisas, tem sido observado que o teor de lignina no tegumento pode influenciar a qualidade fisiológica das sementes (PANOBIANCO et al., 1999).

Atualmente, cultivares com maiores teores de lignina estão sendo amplamente estudadas, uma vez que o acúmulo de lignina pode estar associado à

qualidade fisiológica de sementes. A possibilidade de sementes com determinado grau de impermeabilidade que apresentem maior tolerância à deterioração por umidade tem motivado pesquisadores.

Desta maneira, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento de sementes de cultivares de soja com diferentes teores de lignina quanto ao retardamento da colheita com incidência artificial de chuva e ao armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade de sementes de soja

O desenvolvimento econômico e sustentabilidade das atividades agrícolas no Brasil estão intimamente relacionados com a contribuição advinda do cultivo da Soja. A expansão desta cultura ao longo dos últimos anos posiciona o país como segundo maior produtor mundial. Na safra 2013/2014, a estimativa de produção foi de 90.025,1 milhões de toneladas e área plantada correspondente a 29.452,6 mil hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014). A relevância da cultura no Brasil é devido à sua importância como uma fonte primária de óleo vegetal, proteína animal, bem como alternativas de energia, tais como a produção de biocombustíveis entre outros. Dessa maneira, é crescente a demanda por sementes de alta qualidade que proporcionem estandes adequados e produtividades elevadas.

A qualidade da semente de soja, principalmente nas regiões tropicais, pode ser influenciada por diversos fatores que ocorrem antes e durante a colheita e em todas as demais etapas da produção de sementes, como secagem, beneficiamento, armazenamento e transporte. Tais fatores abrangem, entre outras condições, períodos de seca, danos por insetos, extremos de temperatura durante a maturação e fortes flutuações das condições de umidade ambiental, facilitando o aparecimento de sementes com altos índices de deterioração por umidade (FRANÇA NETO et al., 2000).

O desenvolvimento das sementes durante o processo de maturação tem como base as modificações que ocorrem em algumas características de natureza física e fisiológica, como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca, germinação e vigor (DIAS, 2001).

A alta qualidade das sementes reflete diretamente no desenvolvimento da cultura, gerando plantas de elevado vigor, uniformidade de população, ausência de doenças transmitidas via semente e maior capacidade competitiva (SILVA; LAZARINI; SÁ, 2010).

É comum o excesso de chuvas associado à ocorrência de altas temperaturas durante a fase final do ciclo de maturação da soja, principalmente em regiões tropicais, acarretando em severos danos à produção de sementes, pois além de favorecer sucessivos processos de embebição e secagem das sementes também propicia altos índices de infecção que estão associados à baixa qualidade fisiológica e sanitária (COSTA et al., 2003; PEREIRA; PEREIRA; FRAGA, 2000).

As sementes de soja são muito sensíveis a fatores ambientais. As condições da região de cultivo podem ser responsáveis pela determinação da qualidade fisiológica da semente a ser produzida, na medida em que proporciona melhores ou piores condições de umidade e temperatura durante a maturação da semente (COSTA et al., 2003, 2005). Além disso, essas variações ambientais proporcionam interações diferenciadas entre cultivares e ambientes de cultivo (LIMA et al., 2008; MEOTTI et al., 2012).

Sabe-se que o ponto de maturidade fisiológica é o momento no qual as sementes apresentam máxima qualidade fisiológica e corresponde ao desligamento fisiológico da planta mãe. Neste estágio, não ocorrem acréscimos de matéria seca, o teor de água é reduzido e a semente apresenta máxima capacidade germinativa e vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A partir deste momento, alterações degenerativas começam a ocorrer, de modo que a qualidade fisiológica das sementes é mantida ou decresce, dependendo das condições ambientais no período que antecede a colheita, da condução dos processos de colheita, secagem, beneficiamento e das condições de armazenamento (MCDONALD JUNIOR, 1975).

A colheita das sementes de soja deve ser feita de preferência logo após a maturidade fisiológica (SEDIYAMA et al., 1981). Assim, a época de colheita é de grande importância para a obtenção de sementes de alta qualidade. No entanto, nem sempre essa exigência pode ser satisfeita, principalmente devido ao alto teor de água na semente neste momento (55% para soja). O atraso na colheita compromete o poder germinativo, porém, a redução observada nesta característica varia com a cultivar (SEDIYAMA et al., 1972).

Em geral, o produtor aguarda a redução de umidade nas sementes e inicia a colheita logo quando possível. Para sementes de soja, recomenda-se a colheita entre 12% e 15% de teor de água (CARVALHO; NOVEMBRE, 2012; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), pois nesta faixa há menor ocorrência de injúrias mecânicas e danos por umidade.

Resultados de pesquisa evidenciam que sementes de soja colhidas com teor de água de 13% proporcionaram menores índices de danos mecânicos, menores quebra de sementes e menores impurezas, indicando, que neste teor, a semente de soja apresenta melhor padrão de qualidade (COSTA et al., 2002). A realização da colheita antecipada, com teores de água nas sementes em torno de 18%, pode ser adotada, no caso do produtor ter o conhecimento do sistema de trilha e disponibilidade de secadores adequados, tendo como objetivo a não ocorrência de elevados índices de danos mecânicos latentes (FRANÇA NETO et al., 2007).

Minuzzi et al. (2010), avaliando a qualidade das sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em quatro épocas e produzidas em dois locais, constataram que a maior qualidade de sementes foi obtida com a colheita aos sete dias após o estágio R7 e em relação à qualidade sanitária das sementes, à medida que se retardou a época de colheita, a porcentagem total de microrganismos aumentou linearmente para todas as cultivares.

Em estudo realizado por Sediya et al. (2012), com seis cultivares de soja colhidas no estágio R8 e aos 15 e 30 dias após esse estágio, o retardamento da colheita diminuiu a germinação e o vigor com uma intensidade diferente, dependendo da cultivar. Nesse mesmo trabalho, o condicionamento osmótico foi apontado como fator de redução da lixiviação de solutos pela semente e afetou positivamente a germinação e o vigor das cultivares estudadas, especialmente das sementes mais deterioradas.

Em diversos trabalhos foi verificado que o atraso na colheita de sementes de soja após o estágio R8 prejudica a germinação e o vigor de sementes de soja. A intensidade deste efeito depende do tempo de residência de sementes no campo, seu genótipo e as condições climáticas, tais como temperatura e precipitação (MIRANDA et al., 1996). Diniz et al. (2013), estudando oito cultivares de soja colhidas em três épocas (estágio R8, aos 15 e 30 dias após esta fase) verificou que a qualidade das cultivares se diferiram quanto ao tempo de colheita e o vigor e a germinação reduziram em sementes colhidas 30 dias após o estágio R8.

2.2 Características do tegumento da semente de soja

O tegumento da semente é proveniente dos integumentos do óvulo. O integumento externo, ou primina, origina a testa, enquanto o integumento interno, ou secundina, origina o tégmen. O tegumento sofre modificações durante o processo de formação da semente, e há uma série de tecidos presentes durante o início e meados de desenvolvimento que não persistem no tegumento da semente madura (MILLER et al., 1999).

O tegumento constitui parte fundamental da estrutura de uma semente por ser a camada mais externa. A resistência das sementes à deterioração está associada ao tegumento da semente (DASSOU; KUENEMAN, 1984), este

exerce funções de proteção ao eixo embrionário e ao tecido de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), além de protegê-los de ruptura celular e perda de substâncias intracelulares durante a embebição (DUKE; KAKEFUDA, 1981). Desse modo, características do tegumento tais como a impermeabilidade à água, a cor e o elevado teor de lignina, podem contribuir na obtenção de sementes de soja de elevado potencial fisiológico (SILVA; VIEIRA, 2008).

A lignina é um polímero fenólico importante para conferir resistência mecânica, permitir o transporte de água no interior das plantas e propiciar defesa de plantas lenhosas. Para a qualidade física e fisiológica de sementes de soja, a lignina possui papel importante. Por ser muito fino o revestimento de sementes de soja e seu conteúdo de lignina muito baixo, o tegumento oferece pouca proteção à radícula, que está localizada em região muito vulnerável (GLORIA; CAMELLO-GUERREIRO, 2006).

Os programas de melhoramento de soja buscam selecionar genótipos de soja com alto teor de lignina em seu revestimento, uma vez que esta característica pode conferir resistência aos impactos mecânicos em relação aos cultivares com tegumento impermeável (ALVAREZ et al., 1997). No entanto, não é totalmente claro se existe correlação entre o teor de lignina e a espessura do tegumento da semente (GRIS et al., 2010).

O efeito regulador do tegumento sobre a difusão de água tem sido estudado por vários pesquisadores, mas o mecanismo que restringe a absorção de água pela semente de soja ainda não foi completamente determinado. Resultados de estudos anatômicos e histológicos mostraram a presença de substâncias impermeáveis à água, formadas em alguma camada do tegumento das sementes duras de soja. O caráter dureza do tegumento é conferido pela camada de suberina localizada na camada interna das células paliçádicas sob a região do hilo, sendo essa camada contínua em sementes impermeáveis e descontínua em sementes permeáveis (ARANTES et al., 1994).

Provavelmente por terem um tegumento mais espesso que as linhagens de tegumento amarelo, as linhagens de soja com tegumento de coloração preta são mais resistentes às intempéries do campo (DASSOU; KUENEMAN, 1984). Sementes com tegumento preto embebem água a uma velocidade menor, quando comparadas com as amarelas, não sendo, portanto, tão prejudicadas pelas condições ambientais na fase de pré-colheita (PESKE; PEREIRA, 1983).

França Neto et al. (1999) observaram maior conteúdo percentual de lignina nos tegumentos de linhagens com sementes de coloração escura (12,18%), ao passo que as linhagens de tegumento amarelo apresentaram 4,75%, conferindo uma maior qualidade nas sementes com maior conteúdo de lignina. Entretanto, em trabalho conduzido por Giurizatto et al. (2003), estudando o efeito da época de colheita sobre a viabilidade e o vigor das sementes de soja, utilizando diferentes linhagens e cultivares com diferentes tonalidades e espessura de tegumento, verificaram que algumas cultivares com sementes de tegumento amarelo apresentavam porcentagem de embebição de água menor em relação aos de coloração escura. Esses trabalhos sugerem que a qualidade fisiológica não é determinada somente pela alteração da cor do tegumento, mas sim por diversos fatores incluindo os genéticos.

Ao estudar sementes de três cultivares colhidas no estágio de maturação R8 (95% das vagens maduras) e em intervalos de sete em sete dias após esse estágio, durante 70 dias, Braccini et al. (2000) observaram que a cultivar Doko RC apresentou maior tolerância ao retardamento da colheita, quando comparado ao UFV-10 que, por sua vez, mostrou-se superior ao cultivar Savana. Doko RC manteve níveis de germinação superiores a 90%, até 42 dias após o estágio R8. As sementes da cultivar Doko apresentam maior resistência ao dano mecânico, em virtude do elevado conteúdo de lignina no tegumento, avaliado por meio do método do ácido sulfúrico segundo Krzyzanowski et al. (1999).

Em estudo realizado por Panobianco et al. (1999), avaliando fatores que afetam a condutividade elétrica em sementes de soja, o genótipo de soja foi apontado como fator influenciador da interpretação dos resultados deste teste, em função do teor de lignina no tegumento da semente.

Cavariani et al. (2009), analisando velocidade de hidratação, teor de lignina do tegumento e as espessuras da camada paliçádica, hipoderme, parênquima lacunoso e total deste tecido de cobertura em sementes de soja, observaram que a espessura do parênquima lacunoso do tegumento de sementes de soja relaciona-se significativamente com a velocidade de hidratação das sementes.

2.3 Armazenamento

As condições de armazenamento e o potencial fisiológico inicial das sementes são fatores determinantes na preservação da qualidade destas em armazéns. A qualidade de sementes pode apenas ser preservada quando as condições de conservação são favoráveis, mas não melhoradas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; POPINIGIS, 1985).

Marcos Filho (2005) ressalta que a longevidade nas sementes é variável de acordo com o genótipo, mas o período de conservação do potencial fisiológico depende, em grande parte, do grau de umidade e das condições do ambiente de armazenamento.

A qualidade inicial das sementes é fator essencial para predizer sua longevidade, portanto, o atraso na colheita em campo de produção de sementes, equivalem ao armazenamento das mesmas sob condições ambientais não controladas, o que favorece o processo de deterioração, pois essas ficam suscetíveis às variações climáticas, temperatura e umidade, ao ataque de insetos e de microrganismos que contribuem para a queda de qualidade, como já

verificado por vários autores (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; GRIS et al., 2010; RESENDE et al., 1996).

O processo de perda de viabilidade de sementes durante o armazenamento e alterações na qualidade é influenciado por fatores como a temperatura e a umidade relativa (KONG et al., 2008; MALAKER et al., 2008). Características do tegumento da semente, maturidade, presença de fungos e insetos durante o armazenamento também influenciam diretamente na viabilidade de sementes (CALDWELL; BRITZ; MIRECKI, 2005; GONÇALVES et al., 2000).

O armazenamento tem a função de minimizar o processo de deterioração, prevenir perdas de germinação e vigor (DIAS, CHAMMA, 1991). Constitui etapa fundamental que pode ajudar na manutenção da qualidade fisiológica da semente sendo também uma possível forma de preservação da viabilidade e vigor das sementes até a semeadura da próxima safra (AZEVEDO et al., 2003; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O processo de deterioração é inevitável, mas pode ser retardado dependendo das condições de armazenamento e das características da semente (CARDOSO; BINOTTI; CARDOSO, 2012).

Existe um incremento na taxa respiratória proporcional ao aumento da temperatura, que também é determinado pelo teor de água das sementes. Com o teor de água superior a 14% (b.u.) a respiração aumenta rapidamente na maioria dos cereais ocasionando sua deterioração (SILVA, 2008).

Alterações físicas, fisiológicas e sanitárias estão envolvidas no processo de deterioração de sementes (FRANÇA NETO; HENNIG, 1984). A alteração física é ocasionada pelas sucessivas expansões e contrações do volume das sementes (decorrentes das oscilações de umidade e temperatura) que causam a formação de rugas nos cotilédones, na região oposta ao hilo, devido à ausência da camada tegumentar composta por células em forma de "ampulheta" da

hipoderme, de modo que as expansões e contrações não são atenuadas (MARCOS FILHO, 2005). Além disso, ocorre o cansaço físico dos tecidos, que pode resultar em ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários, comprometendo o controle de permeabilidade das membranas aos níveis celulares e subcelulares. Organelas, como as mitocôndrias, são particularmente afetadas por tal processo, havendo menor produção de energia (ATP), necessária para a germinação (PINTO; CICERO; FORTI, 2007).

A deterioração por “umidade” tem sido destacada em alguns estudos como sendo um dos mais sérios problemas durante a produção de sementes de soja (ARANGO et al., 2006; FRANÇA NETO; HENNING, 1984; PINTO; CICERO; FORTI, 2007). Forti, Cicero e Pinto (2010) avaliando a evolução de danos por “umidade” e as alterações da qualidade fisiológica durante o armazenamento de sementes de soja, cultivar TMG113-RR, utilizando a técnica de análise de imagens de raios X e testes de potencial fisiológico, perceberam que a evolução do referido dano foi maior nas sementes armazenadas em ambiente não controlado e menor para as armazenadas em câmara fria.

2.4 Qualidade sanitária de sementes soja

Considerando a qualidade sanitária, a semente ideal seria aquela livre de qualquer microorganismo indesejável. Entretanto, nem sempre isso é possível, uma vez que a qualidade das sementes é altamente influenciada pelas condições climáticas sob as quais são produzidas e armazenadas (GOULART, 2009). As doenças estão entre os principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos em soja (EMBRAPA, 2003). Em programas de melhoramento existe a preocupação de selecionar materiais com maior tolerância à incidência fúngica, evidenciando a importância da sanidade de sementes (VASCONCELOS et al., 2008).

Para a cultura da soja no Brasil, foram identificadas mais de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus. Dentre essas, destacam-se as doenças causadas por fungos, não somente devido ao maior número, mas também pelos prejuízos causados no rendimento e na qualidade das sementes. A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em cerca de 15% a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (EMBRAPA, 2003).

As sementes são atacadas por patógenos, tanto no campo como nas operações subsequentes (colheita, secagem e beneficiamento) afetando a sua qualidade, reduzindo a sua capacidade germinativa e causando tombamento de plântulas recém-emergidas (CARNEIRO, 1990). Em soja, doenças como a antracnose e a seca da haste e da vagem têm atingido proporções epidêmicas nas regiões mais quentes e úmidas do cerrado brasileiro, onde a temperatura é mais elevada e as chuvas são mais intensas e frequentes (HAMAWAKI et al., 2002).

O uso de sementes sadias e/ou o tratamento das sementes é essencial para a prevenção ou a redução das perdas, uma vez que a maioria dos patógenos é transmitida através das sementes. As principais doenças que são disseminadas através das sementes na cultura da soja são a antracnose (*Colletotrichum dematium* var. *truncata*), a seca da haste e vagem (*Phomopsis* spp.), a mancha púrpura da semente e o crestamento foliar de *Cercospora* (*Cercospora kikuchii*), a mancha “olho-de-rã” (*Cercospora sojina*), a mancha parda (*Septoria glycines*) e o cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*) (EMBRAPA, 2012).

2.5 Enzimas envolvidas na qualidade fisiológica

A técnica de avaliação bioquímica nos perfis de enzimas específicas está sendo utilizada para auxiliar no monitoramento da qualidade fisiológica de sementes. Segundo Copeland e McDonald (2001), a degradação e a inativação de enzimas ocorrem com a deterioração de sementes, provocando a perda de vigor.

As enzimas álcool desidrogenase (ADH) e malato desidrogenase (MDH) estão diretamente envolvidas no processo de respiração. A MDH desempenha papel significativo no ciclo de Krebs, uma vez que catalisa a conversão de malato a oxaloacetato produzindo NADH, que é um produto fundamental na produção de ATP e de compostos intermediários essenciais ao funcionamento das células (TAIZ; ZEIGER, 2006). Já a ADH está relacionada com a respiração anaeróbica, promovendo redução do acetaldeído a etanol (BUCHANAM; GRUISSEM; JONES, 2005). O acetaldeído acelera a deterioração das sementes (ZHANG; KIRKHAM, 1994), portanto, com o aumento da atividade da ADH, as sementes ficam mais protegidas contra a ação deletéria desse composto.

A catalase (CAT) é outra enzima relacionada à qualidade de sementes, e é uma enzima intracelular, encontrada no glioxissoma nos vegetais, com capacidade de transformar formas reativas de oxigênio em formas inofensivas, bem como a decomposição do peróxido de hidrogênio (LEHNINGER, 2006).

Com relação ao desdobramento de lipídeos durante o processo de germinação de sementes, temos o envolvimento da enzima esterase (EST). Este processo é relevante para a retomada do crescimento do eixo embrionário, principalmente em sementes ricas em lipídeos como é o caso da soja (VEIGA et al., 2010).

A isocitrato liase (ICL), em sementes de soja, é considerada uma enzima chave na regulação do ciclo do glioxilato e está envolvida no metabolismo de lipídios armazenados nas sementes oleaginosas, e no desenvolvimento das atividades no glioxissomos. Durante a germinação de sementes, a atividade

dessa enzima aumenta, obtendo-se valores máximos quando ocorre o máximo da proporção de lipídios degradados e na síntese de sacarose (BEWLEY; BLACK, 1994).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em campo de produção de sementes da empresa Syngenta na cidade de Iraí de Minas - MG. A cidade está localizada na região do Triângulo Mineiro do estado de Minas Gerais, coordenadas geográficas 18° 59' 23" S e 47° 28' 33" W e 1.029 metros de altitude.

O campo de produção de sementes foi implantado em outubro de 2013 em área irrigada por pivô central. Os procedimentos para implantação da lavoura foram os mesmos utilizados para a produção de sementes da empresa, seguindo adubação e os tratos culturais recomendados para a cultura (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco cultivares: NK7059 RR, SYN1163 RR, SYN9070 RR, AS7307 RR, SYN 1283 RR e três épocas de colheitas. As sementes foram colhidas no estádio R8, R8 mais uma simulação de chuva na pré-colheita e R8 mais duas simulações de chuva na pré-colheita. As simulações de chuva na pré-colheita foram realizadas por meio de irrigação proveniente do pivô central, na intensidade de aproximadamente 30 mm de água, até que as vagens ficassem encharcadas e posteriormente atingissem 18% do teor de água. As datas de colheita e os grupos de maturação estão apresentados no apêndice 1A. As parcelas foram constituídas de 6 linhas de 12

metros, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 20 sementes/m, sendo que as duas linhas da região central foram utilizados como área útil da parcela.

Em março de 2014, realizou-se colheita manual mediante o arranquio das plantas e secagem ao sol. As sementes foram beneficiadas com o auxílio de uma trilhadeira de plantas, com cilindro batedor. Em seguida, as sementes foram embaladas em saco de papel e encaminhadas para a cidade de Lavras, MG, onde ficaram armazenadas em condição ambiente na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) localizada no Departamento de Agricultura no Setor de Sementes. Utilizaram-se apenas as sementes retidas em peneira de crivo circular 13.

As avaliações laboratoriais foram realizadas aos zero, 90 e 180 dias de armazenamento.

3.2 Avaliações laboratoriais

Teor de água: foi determinado no momento da colheita e nas épocas de armazenamento (zero, 90 e 180 dias) com a utilização do aparelho GAC 2100, Agrsystem, DICKEY - John Corporation.

Germinação: foi realizado com duas subamostras de 50 sementes por parcela, totalizando 300 sementes por tratamento. A semeadura foi realizada em papel toalha, tipo *Germitest*, na forma de rolo, umedecido com água na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Em seguida, as sementes foram colocadas para germinar em germinador previamente regulado à temperatura de 25 °C. As avaliações foram feitas aos cinco e oito dias após a semeadura, seguindo as prescrições contidas nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), considerando o número de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento artificial: foram utilizadas caixas plásticas tipo *gerbox*, adaptada com tela de alumínio suspensa, contendo 40 mL de água destilada e uma camada única de sementes sobre a tela suspensa. Posteriormente, essas caixas foram mantidas em câmara tipo BOD a 42 °C por 72 horas (DUTRA; VIEIRA, 2004). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrição anterior, com duas subamostras de 50 sementes por parcela, totalizando 300 sementes por tratamento. Os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, avaliadas conforme Brasil (2009).

Condutividade elétrica: foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes por parcela, totalizando 300 sementes por tratamento. As sementes foram pesadas (g) e em seguida, colocadas em copos plásticos descartáveis com 75 mL de água deionizada. Após 24 horas de embebição em câmara tipo BOD à temperatura de 25 °C, a condutividade elétrica foi determinada com auxílio de um condutivímetro digital Digimed CD-21. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$, de acordo com o método descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999).

Emergência em bandeja sob condições controladas: a semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo como substrato, solo + areia na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção. Foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes por parcela, totalizando 300 sementes por tratamento. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas), sendo as mesmas irrigadas uniformemente sempre que necessário. A partir da emergência da primeira plântula foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização do processo, com contagem final aos 14 dias após a semeadura. Foi considerada a porcentagem final de emergência aos 14 dias após a semeadura (%E) e o índice

de velocidade de emergência (IVE), determinado segundo fórmula proposta por Maguire (1962).

Tetrazólio: foi conduzido com quatro subamostras de 25 sementes por parcela, totalizando 300 sementes por tratamento. As sementes foram pré-condicionados entre papéis toalha umedecidos com água destilada, permanecendo por 16 horas no germinador a 25 °C. Após esse período, as sementes foram imersas em solução de tetrazólio (Cloreto 2, 3, 5 trifenil tetrazólio), a uma concentração de 0,075%, na qual permaneceram em BOD a 40 °C por três horas, na ausência de luz. Após esse período de coloração, a solução foi drenada e as sementes lavadas em água corrente e mantidas imersas até o final da avaliação. Na avaliação, as sementes foram seccionadas longitudinalmente dividindo-se o eixo embrionário ao meio para facilitar a avaliação dos danos. A avaliação foi realizada conforme metodologia proposta por Kryzanowski, França Neto e Henning (1991), considerando a porcentagem de sementes com dano por umidade.

Sanidade (“Blotter Test”): a análise sanitária foi realizada utilizando duas subamostras de 50 sementes por parcela, analisando-se 300 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em placas de Petri (15 cm de diâmetro), contendo três folhas de papel filtro autoclavado e umedecidas com meio Agar-água (5%), acrescido de 2,4-diclorofenoxiacetato de sódio (5%), previamente esterilizados. As placas foram incubadas em câmara com fotoperíodo de 12 horas durante sete dias à temperatura de 20 ± 2 °C. As sementes foram avaliadas quanto à incidência de patógenos (BRASIL, 2009). Para a observação das sementes e identificação da ocorrência de frutificações típicas do crescimento de fungos, foi utilizado um microscópio estereoscópio.

Análise enzimática: foram utilizadas amostras de 50 sementes para cada repetição, destas foram retiradas as duplicadas para os géis. Posteriormente as sementes foram moídas em moinho refrigerado adicionando-se nitrogênio

líquido e antioxidante polivinilpirrolina (PVP) e em seguida foram armazenadas à temperatura de -86 °C.

Para a extração das enzimas, foram utilizadas alíquotas de 100 mg. Antes da extração, procedeu-se a lavagem das amostras para a retirada do óleo. Para isto, utilizou-se 600 µL da solução com 50% éter etílico + 50% de água destilada, com homogeneização em vortex e repouso por 30 minutos em gelo, o homogeneizado foi centrifugado a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C, descartando-se o sobrenadante.

Em seguida foram adicionados 300 µL do tampão de extração Esterase (EST), Álcool desidrogenase (ADH), Malato desidrogenase (MDH), Catalase (CAT), Isocitrato Liase (ICL) e 0,1% de β-mercaptoetanol. O material foi colocado em geladeira por 12h e, depois, centrifugado a 14.000 rpm, por 30 minutos a 4 °C. Foram aplicados 60 µL do sobrenadante no gel de corrida sistema descontínuo, gel separador poliacrilamida 7,5% e gel concentrador poliacrilamida 4,5%. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi tris-glicina pH 8,9. As corridas foram efetuadas a 110 V, por 5 horas, a 4 °C. Após a eletroforese, os géis foram revelados para as enzimas, esterase, álcool desidrogenase, malato desidrogenase, catalase e isocitrato liase (ALFENAS et al., 2006). A avaliação dos perfis eletroforéticos foi realizada com base na presença, ausência e intensidade de bandas.

Teor de lignina no tegumento: para análise do teor de lignina no tegumento foram utilizadas seis repetições de 50 sementes para cada cultivar em estudo. Para facilitar a separação do tegumento da semente de soja, as sementes foram imersas em água, por aproximadamente 12 horas. Após a remoção manual dos tegumentos, os mesmos foram secados em estufa à temperatura de 55 °C, por 48 horas.

Os tegumentos foram macerados em cadinhos com o uso de nitrogênio líquido, com o objetivo de obter um pó bastante fino. Deste material, foi retirado

50 mg e transferido para microtubos de centrifugação (2 mL). As amostras foram lavadas por duas vezes com 1,5 mL de Triton X-100 a 1% (pH 7,0), com centrifugação a 14.000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. Em sequência, o precipitado foi lavado com 1,5 mL de água destilada e novamente centrifugado a 14.000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. As amostras foram congeladas à temperatura de -86 °C para posterior secagem por oito horas em liofilizador (Integrated Speed Vac System, modelo L101, marca Liobras). Do material liofilizado, foram pesados 30 mg e armazenados em dessecador para posterior procedimento de extração e quantificação da lignina.

Nestas amostras, foram adicionados 1,5 mL de Metanol 80%, e as mesmas foram agitadas por 15 horas em agitador rotativo à temperatura ambiente e protegido da luz para posterior centrifugação a 14.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado levado à estufa a 65 °C por quatro horas.

O resíduo seco foi utilizado para a determinação de lignina, de acordo com a metodologia de Barber e Ride (1988), com algumas modificações. Para isso, foi adicionado ao resíduo 1,5 mL de uma solução contendo ácido tioglicólico P. S. (97%) e HCl 2M (proporção de 1:10). Os microtubos contendo o resíduo e a solução foram agitados suavemente para hidratação do resíduo, e colocados em banho-maria a 95 °C por quatro horas. Em seguida, os microtubos foram resfriados à temperatura ambiente e centrifugados a 14.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado lavado com 1,5 mL de água destilada e novamente centrifugado a 14.000 rpm por 10 minutos.

Em seguida, descartou-se o sobrenadante e o precipitado foi ressuspenso adicionando 1,5 mL de NaOH 0,5M, sendo a mistura levada a um agitador rotativo por 15 horas, a temperatura ambiente, para posterior centrifugação a 14.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para um novo microtubo no qual foram adicionados 200 µL de HCl concentrado e mantido em

geladeira (+/- 0 °C) por quatro horas, para permitir que a precipitação da lignina ligada ao ácido trioglicólico. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 14.000 rpm por 10 minutos, sendo o sobrenadante descartado e o precipitado ressuspenso em 2,0 mL de NaOH 0,5 M com agitação.

A absorvância dessa solução foi determinada a 280 nm, espectrofotômetro Pharmacia Biotech Modelo Ultraspec 2000, e os valores calculados com base na curva de lignina, sendo a lignina expressa em gramas por cento (g%) de tecido seco.

3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística

Para realização da análise estatística, os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 3 x 3, envolvendo cinco cultivares (NK 7059 RR, SYN 1163 RR, SYN 9070 RR, AS 7307RR e SYN 1283 RR), três épocas de colheita (R8, R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita, R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita) e três épocas de armazenamento (zero, 90, 180 dias). Utilizou-se o delineamento blocos casualizados (DBC) com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o *software* Sisvar (FERREIRA, 2011), as médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974).

Os valores de incidência fúngica do teste de sanidade foram previamente transformados em $(x + 1)^{0.5}$. As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade, utilizando o *software* Sisvar (FERREIRA, 2011).

O teste de tetrazólio foi realizado apenas nas sementes não armazenadas e os valores de dano por umidade foram previamente transformados em $(x + 1)^{0.5}$. A análise estatística foi realizada separadamente, utilizando-se o *software*

Sisvar, em DBC, fatorial duplo 5 x 3, sendo cinco cultivares e três épocas de armazenamento.

O teor de lignina foi determinado para as cinco cultivares em estudo e foram analisadas seis repetições. A análise estatística foi realizada separadamente, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), utilizando-se o *software* Sisvar, a 5% de probabilidade.

Para os dados de teor de água e enzimas, não foram realizadas análises estatísticas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de lignina

Analisando os dados de teor de lignina encontrados no tegumento das sementes de soja analisadas (Tabela 2A), houve diferenças para as cinco cultivares em estudo. A cultivar AS 7307 RR apresentou maior teor (0,4433 g%), as cultivares SYN 1283 RR (0,3017 g%), SYN 9070 RR (0,2967 g%) apresentaram teores intermediários e não diferiram entre si. As cultivares SYN 1163 RR (0,2233 g%) e a NK 7059 RR (0,1933 g%) apresentaram os menores conteúdos de lignina (Tabela 1).

A cultivar com maior teor de lignina, AS 7307 RR (0,4033g%), apresentou ao longo do estudo, em geral, melhor qualidade fisiológica (Tabela 3, 4, 7, 8, 10). A alta qualidade fisiológica pode estar associada com o teor de lignina. Menezes et al. (2009) observaram que o maior teor de lignina está associado a maior porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado, no entanto houve correlação negativa para velocidade de germinação. Santos et al. (2007) verificaram em sementes com tegumento marrom, as quais apresentaram maior teor de lignina, variando entre 4 e 6% de lignina em relação

ao peso total do tegumento, maior qualidade fisiológica, devido a menor velocidade de embebição. Gris et al. (2010) verificaram maior qualidade fisiológica nas sementes das cultivares Baliza RR e Celeste em relação às Silvânia RR e Jataí, mesmo com o atraso na colheita (R8 + 20 dias), realçando a relação entre qualidade fisiológica e genótipo. Carvalho, Oliveira e Caldeira (2014) observaram que sementes de cultivares de soja com maiores teores de lignina no tegumento não apresentam necessariamente maior qualidade fisiológica, a cultivar Baliza RR, com teor de lignina de 0,4171 g%, teor intermediário entre as cultivares estudadas, apresentou maior qualidade fisiológica antes e depois do armazenamento. Sendo assim, a qualidade das sementes pode estar relacionada também a outros fatores inerentes ao genótipo.

Tabela 1 Teor médio de lignina no tegumento (g%) de sementes de diferentes cultivares de soja

Cultivares	Teor de lignina no tegumento (g%)
NK 7059 RR	0,1933 d
SYN 1163 RR	0,2233 c
SYN 9070 RR	0,2967 b
AS 7307 RR	0,4033 a
SYN 1283 RR	0,3017 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

4.2 Tetrazólio

Pelos resultados apresentados na análise de variância (Tabela 3A), referentes ao teste de tetrazólio (dano por umidade 1-8), observou-se que as fontes de variação cultivar e época de colheita, assim como a interação entre estes dois fatores, diferiram estatisticamente.

Comparando-se as cultivares na época de colheita R8 (Tabela 2), verificou-se que a cultivar AS 7307 RR apresentou menor porcentagem de danos

por umidade (10,67%), seguida das cultivares SYN 9070 RR (22,00%) e SYN 1283 RR (24,33%). As cultivares SYN 1163 RR e NK 7059 RR apresentaram maior porcentagem de danos (45,33% e 50,33% respectivamente). Quando as sementes foram colhidas em R8 + 1 observou-se que a as cultivares AS 7307 RR, SYN 9070 RR e SYN 1283 RR apresentaram menores porcentagens quando comparadas com as cultivares SYN 1163 RR e NK 7059 RR. Ao realizar a colheita em R8 + 2, as cultivares AS 7303 RR e SYN 9070 RR foram menos afetadas pelo efeito da umidade do que as demais.

Tabela 2 Porcentagem de danos por umidade em sementes de cultivares de soja com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	50,33 A c	51,20 A b	63,14 A b
SYN 1163 RR	45,33 A c	52,00 A b	50,67 A b
SYN 9070 RR	22,00 A b	35,00 B a	21,67 A a
AS 7307 RR	10,67 A a	39,33 B a	28,33 B a
SYN 1283 RR	24,33 A b	26,67 A a	41,67 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

Para as cultivares AS 7307 RR e SYN 1283 RR, observa-se que o estresse provocado pelo retardamento da colheita associado à umidade provocou aumento na porcentagem de danos por umidade. A simulação de uma e duas chuvas na pré-colheita não ocasionou aumento na porcentagem de danos por umidade para NK7059 RR e SYN 1163 RR, no entanto, como já relatado, constatou-se maior frequência de danos nas três épocas de colheita para as referidas cultivares. A cultivar SYN 9070 RR apresentou maior porcentagem de

danos por umidade quando submetida à colheita no estágio R8 com a simulação de uma chuva. Ressalta-se a superioridade do genótipo AS 7307 RR, o qual apresentou maior teor de lignina e teve menor porcentagem de danos por umidade nas três épocas e colheita (Tabela 2).

Forti et al. (2013) estudando danos por umidade em sementes de soja relacionou os resultados do teste de tetrazólio com a análise de imagens por meio de raios X e a avaliação de plântulas e confirmaram que o dano por umidade interfere no potencial fisiológico das sementes dependendo da extensão e localização destes. Giurizatto et al. (2003) observaram que o vigor das sementes estimado pelo teste de tetrazólio foi influenciado pela época de colheita e pelos genótipos. As maiores porcentagens de vigor foram obtidas quando a colheita foi realizada no estágio R8 e o atraso da colheita levou a redução do vigor. No presente estudo, pelos resultados do teste tetrazólio, nota-se que o aumento na porcentagem de danos por umidade, com o retardamento da colheita, ocorreu apenas para as cultivares AS7307 RR e SYN 1283 RR, realçando o efeito do genótipo para cada época de colheita.

Ainda em relação aos resultados do teste de tetrazólio, ressalta-se que no período em que ocorreu o ponto de colheita para as sementes das cultivares em estudo, o índice pluviométrico foi baixo o que evidencia o efeito do tratamento aplicado. Embora o volume de água aplicado pelo sistema de irrigação tenha sido relativamente alto (30 mm), ocorreu de forma concentrada, o que provavelmente favoreceu a baixa absorção de água pelas sementes e a rápida perda da umidade pelas vagens. Este provável efeito pode ser verificado através dos dados da Tabela 2, na qual se observa a baixa proporção de aumento dos danos por umidade com o retardamento da colheita.

4.3 Análises fisiológicas

Por meio da análise de variância (Tabela 4A) referente aos resultados dos testes fisiológicos, observa-se que as fontes de variação cultivar e época de colheita (R8, R8+1 e R8+2) influenciaram significativamente todas as variáveis respostas. Em relação ao armazenamento, houve diferença estatística para condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência aos 14 dias no teste de emergência. Para as interações, houve efeito significativo cultivar*época de colheita em todos os testes realizados, cultivar*armazenamento para condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência e porcentagem de germinação aos 14 dias no teste de emergência e para a interação época de colheita*época de armazenamento, apenas no teste de condutividade elétrica houve o efeito significativo. Não houve efeito significativo para interação tripla (cultivar*época de colheita*época de armazenamento).

Germinação

Em relação à interação cultivar*época de colheita (Tabela 3), nota-se que na época de colheita R8 as cinco cultivares em estudo se diferiram estatisticamente, sendo a cultivar AS 7307 RR superior às demais com média de 98%, seguida da cultivar SYN 1283 RR com 89% de germinação, NK 7059 RR com 83% de germinação, SYN 9070 RR com 78% de germinação e a cultivar SYN 1163 RR com menor desempenho, apresentando apenas 66% de germinação, valor inferior ao exigido para comercialização das sementes de soja que atualmente é de 80% de acordo com Brasil (2009). Para a época de colheita R8+1, a cultivar AS 7303 RR apresentou porcentagem de germinação estatisticamente igual à cultivar SYN 1283 RR, as quais foram superiores às demais. A cultivar SYN 1163 RR apresentou menor desempenho. Para a época de colheita R8+2, todas as cultivares apresentaram altas porcentagens de

germinação, sendo que as cultivares AS7307 RR, SYN9070 RR, SYN 1163 RR e NK 7059 RR não diferiram entre si e apresentaram maior porcentagem de germinação que a cultivar SYN 1283 RR.

Tabela 3 Porcentagem média de germinação (%) de sementes de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita

s Cultivares	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	83 B c	81 B b	90 A a
SYN 1163 RR	66 B e	64 B d	91 A a
SYN 9070 RR	78 B d	72 C c	93 A a
AS 7307 RR	98 A a	92 B a	94 B a
SYN 1283 RR	89 A b	88 A a	86 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita.

Considerando o desdobramento das épocas de colheita dentro da fonte de variação cultivar (Tabela 3), pode-se observar que com exceção das cultivares AS7307 RR e SYN 1283 RR, as demais apresentaram maior porcentagem de germinação na época R8+2. A cultivar AS 7307 RR, com maior teor de lignina (Tabela 1), apresentou maior porcentagem de germinação quando colhida na época de colheita R8, sendo que as porcentagens de germinação na época R8+1 e R8+2 não diferiram estatisticamente. A cultivar SYN 1283 RR apresentou porcentagem de germinação estatisticamente igual para as três épocas de colheita.

Giurizatto et al. (2003) estudando nove genótipos colhidos no estágio R8 e com 14 dias após este estágio verificaram que o retardamento da colheita reduziu a germinação, sendo que a ocorrência de chuvas próximas à colheita foi possivelmente um dos fatores que contribuíram para a deterioração das sementes. Estes resultados não corroboram com os do presente trabalho,

provavelmente a incidência artificial de chuva aliada ao retardamento da colheita não ocorreu em quantidades suficientes para provocar tal deterioração nas sementes.

Lima et al. (2007) perceberam que o potencial de germinação tende a decrescer à medida que as sementes permanecem no campo após a maturidade fisiológica, fato este que não ocorreu neste trabalho, no entanto estes autores permitiram um tempo maior de exposição às intempéries climáticas, uma vez que as sementes permaneceram no campo até o estágio R8, R8+15 dias e R8+30 dias.

A maturidade fisiológica das sementes de soja é atingida no estágio reprodutivo R7, caracterizado pelo máximo vigor e germinação, porém, o grau de umidade das sementes neste momento, de aproximadamente 30 a 40%, dificulta ou impossibilita a operação de colheita mecânica em virtude dos danos físicos às sementes e à grande quantidade de folhas, resultando na consideração de recomendar o estágio R8 para a realização da colheita (LACERDA et al., 2003). Minuzzi et al. (2010) indicam que a obtenção de sementes de maior qualidade ocorre quando a colheita é realizada aos sete dias após o estágio R7.

Condutividade elétrica

Quanto à interação cultivar*época de colheita (Tabela 4), podemos observar que a cultivar AS 7307 RR apresentou o menor valor de condutividade elétrica nas três épocas de colheita, sendo superior a todas as outras cultivares na época R8, se igualando às cultivares SYN 1283 RR e NK 7059RR quando colhidas na época R8+1 e quando colhidas em estágio R8+2 (com a simulação de duas chuvas na pré-colheita) e não se diferiu das cultivares SYN 9070 RR e NK 7059 RR. A cultivar SYN 1163 RR esteve envolvida entre as cultivares com

maiores valores de condutividade elétrica nas três épocas de colheita, comportando-se fisiologicamente inferior as demais.

Analisando o comportamento das cultivares nas três épocas de colheita (Tabela 4), temos que as cultivares AS 7307 RR, NK 7059 RR e SYN 1283 RR apresentaram uma tendência de aumento da condutividade elétrica com o retardamento da colheita, evidenciando perda de qualidade. Para a cultivar AS 7307 RR, observa-se uma correlação positiva com o teste de germinação onde existiu o decréscimo do poder germinativo com o retardamento da colheita. As cultivares SYN 1163 RR e SYN 9070 RR apresentaram os menores valores de condutividade elétrica na época de colheita R8+2, época em que apresentaram maiores valores de germinação (Tabela 3).

Tabela 4 Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	62,94 A b	72,24 B a	68,58 B a
SYN 1163 RR	82,47 B c	88,45 B c	74,11 A b
SYN 9070 RR	76,58 B c	81,07 B b	66,76 A a
AS 7307 RR	51,55 A a	65,87 B a	63,80 B a
SYN 1283 RR	63,67 A b	67,83 A a	74,34 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita.

Considerando os resultados da condutividade das sementes não submetidas ao armazenamento (Tabela 5), a cultivar SYN 1163 RR apresentou maior valor de condutividade elétrica do que as demais em estudo. Quando analisados os valores de condutividade elétrica aos 90 e 180 dias de armazenamento, houve a estratificação das cultivares em três lotes de vigor, sendo que a cultivar AS 7307 RR se mostrou individualmente superior,

indicando alto potencial fisiológico. As cultivares SYN 1283 RR e NK 7059 RR se mostram intermediárias e as cultivares SYN 1163 RR e SYN 9070 RR foram consideradas de menor vigor por apresentarem maiores valores de condutividade elétrica.

Tabela 5 Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de diferentes cultivares de soja com o armazenamento

Cultivar	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
NK 7059 RR	53,35 A a	71,44 B b	78,36 B b
SYN 1163 RR	63,27 A b	84,02 B c	97,74 C c
SYN 9070 RR	53,60 A a	78,87 B c	91,94 C c
AS 7307 RR	48,07 A a	63,31 B a	69,86 B a
SYN 1283 RR	54,40 A a	72,75 B b	78,68 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Analisando cada cultivar ao longo do tempo de armazenamento, verificamos correlação entre o aumento na quantidade de lixiviados na solução de embebição, ou seja, maior liberação dos exsudatos à medida que ocorre a progressão do tempo. Para as cultivares SYN 1163 RR e SYN 9070 RR, verificamos o incremento gradativo e significativo dos valores da condutividade elétrica para as épocas de armazenamento. Já para as cultivares NK 7059 RR, AS 7307 RR e SYN 1283 RR, ocorreu um aumento do valor de condutividade elétrica da primeira época para os 90 dias de armazenamento, no entanto este comportamento foi estabilizado neste período, não ocorrendo aumento da condutividade elétrica aos 180 dias de armazenamento (Tabela 5).

Alterações na condutividade elétrica entre cultivares foram verificadas por Oliveira et al. (2012) avaliando a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de soja de duas regiões do estado do Mato Grosso. Essas variações podem estar envolvidas com características da própria cultivar como o teor de

lignina no tegumento (ALVAREZ et al., 1997). Panobianco et al. (1999) verificaram a existência de estreita relação entre o teor de lignina de cultivares de soja determinados pelo método de permanganato de potássio e os resultados do teste de condutividade elétrica, o que também foi observado neste trabalho, visto que a cultivar AS 7307 RR apresentou maior teor de lignina e menores valores de condutividade elétrica nas três épocas de colheita.

De modo geral, observa-se que nas sementes não armazenadas à época de colheita não houve influência nos valores de condutividade (Tabela 6). Verificou-se menor condutividade elétrica com 90 dias de armazenamento para as sementes de todas as cultivares quando colhidas em R8. Aos 180 dias, os maiores valores de condutividade elétrica foram constatados nas sementes de todas as cultivares quando colhidas no estágio R8 com a simulação de uma chuva. Considerando dentro de cada época de colheita, é possível identificar o aumento da condutividade elétrica com o aumento do período de armazenamento, evidenciando o aumento da permeabilidade e a perda da integridade de membranas com a evolução do tempo de armazenamento.

Tabela 6 Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de sementes de soja submetidas ao retardamento da colheita ao longo do armazenamento

Época	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
R8	51,49 A a	63,38 B a	81,45 C a
R8+1	55,32 A a	78,82 B b	91,43 C b
R8+2	56,75 A a	74,18 B b	77,53 B a

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita.

Envelhecimento acelerado

Para o vigor das sementes de soja, avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 7), houve maior porcentagem de germinação após o envelhecimento para as cultivares AS 7307 RR e SYN 1283 RR quando colhidas em R8, AS 7307 RR quando colhidas em R8+1, e AS 7307 RR e SYN 9070 RR quando colhidas em R8+2.

Tabela 7 Porcentagem média de germinação (%) de sementes de diferentes cultivares de soja após o envelhecimento acelerado com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	48 B b	51 B c	69 A b
SYN 1163 RR	32 B c	35 B d	73 A b
SYN 9070 RR	53 B b	52 B c	89 A a
AS 7307 RR	94 A a	84 A a	88 A a
SYN 1283 RR	86 A a	72 B b	72 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita.

Analisando o efeito da época de colheita para cada cultivar, podemos observar que NK 7059 RR, SYN 1163 RR e SYN 9070 tiveram maior porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado quando colhidas em R8+2, sendo que nas épocas de colheita R8 e R8+1 as porcentagens de germinação foram estatisticamente iguais. Resultado semelhante foi observado no teste de germinação (Tabela 3). Das cultivares com os maiores níveis de vigor na colheita realizada no estágio R8, a cultivar AS 7307 RR conseguiu manter a qualidade fisiológica quando a colheita foi retardada enquanto que a SYN 1283 RR apresentou declínio na porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado com o retardamento da colheita (Tabela 7).

Estes resultados se assemelham aos observados nos outros testes fisiológicos realizados, sendo que a cultivar que tem apresentado melhor desempenho (AS 7307 RR) esteve entre aquelas com menor porcentagem de danos por umidade nas três épocas de colheita avaliadas pelo teste de tetrazólio (Tabela 2) e apresentou maior teor de lignina no tegumento (Tabela 1).

Gris et al. (2010) observaram que os maiores decréscimos no vigor das sementes de soja, avaliados por meio do teste de envelhecimento acelerado, ocorreram para as cultivares Jataí e Silvânia RR quando retardada a colheita. Ao pesquisar a resposta de 15 genótipos de soja com o retardamento de colheita, Braccini et al. (2003) também observaram redução significativa na porcentagem de germinação e vigor das sementes quando as mesmas foram submetidas à colheita 30 dias após o estágio R8 de desenvolvimento. Segundo diversos autores, a desidratação e hidratação cíclicas da semente, após a maturidade fisiológica, são apontadas como uma das principais causas da redução da qualidade fisiológica (TEKRONY et al., 1984; VIEIRA et al., 1983).

Emergência

Pelos resultados do teste de emergência (Tabela 8), constata-se mais uma vez a superioridade da cultivar AS 7307 RR, a qual apresentou maiores porcentagens de emergência de plântulas nas três épocas de colheita, sendo estatisticamente igual à cultivar SYN 1283 RR quando colhida em R8+1 e a SYN 9070 RR quando colhida em R8+2. A SYN 1163 RR esteve entre as cultivares com menor desempenho em todas as épocas de colheita.

Ao analisar o efeito do retardamento da colheita pode-se observar que houve um comportamento desuniforme para as cultivares estudadas. As sementes das cultivares NK 7059 RR e AS 7307 RR apresentaram alta qualidade fisiológica quando colhidas em R8 e R8+2, e as sementes das cultivares SYN 1163 RR e SYN 9070 RR em R8+2. A cultivar SYN 1283 RR não diferiu estatisticamente para as épocas de colheita (Tabela 8).

Diniz et al. (2013) ao estudarem a relação entre a qualidade fisiológica de sementes de oito cultivares de soja submetidas a três épocas de colheita, verificaram que a emergência das plântulas em campo das sementes colhidas 30 dias após o estágio R8, apresentaram menor emergência das plântulas do que as colhidas nos estádios R8 e R8 + 15 dias. Esse comportamento não foi encontrado no presente trabalho, possivelmente o retardamento da colheita aliado à incidência artificial de pluviosidade não ocorreram em tempo e/ou quantidade suficientes para provocar este desgaste fisiológico nas sementes.

Tabela 8 Porcentagem média de emergência de plântulas de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	85 A b	78 B b	90 A b
SYN 1163 RR	71 B c	63 C c	89 A b
SYN 9070 RR	82 B b	77 B b	93 A a
AS 7307 RR	96 A a	89 B a	95 A a
SYN 1283 RR	88 A b	88 A a	85 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita.

Verifica-se também pelos resultados do teste de emergência que houve variações ao longo do armazenamento no comportamento das cultivares (Tabela 9). Com exceção da cultivar SYN 9070 RR, que não diferiu estatisticamente para os períodos de armazenamento, nota-se maiores porcentagens de emergência de plântulas normais para as sementes não armazenadas e armazenadas por 180 dias. Aos 90 dias de armazenamento, houve um decréscimo na porcentagem de emergência, o que também foi observado nos resultados referentes ao índice de velocidade de emergência.

Schuab et al. (2006) ressaltam que a interpretação dos resultados obtidos entre os testes de laboratório e de emergência em campo não deve considerar apenas a análise de correlação, pois esta pode levar a interpretações incorretas devido à insuficiência de dados.

Tabela 9 Porcentagem média de emergência de plântulas de diferentes cultivares de soja ao longo do armazenamento

Cultivar	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
NK 7059 RR	87 A b	77 B c	91 A a
SYN 1163 RR	78 A c	66 B d	79 A c
SYN 9070 RR	87 A b	81 A b	85 A b
AS 7307 RR	97 A a	88 B a	95 A a
SYN 1283 RR	93 A a	75 B c	94 A a

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Índice de velocidade de emergência

Com base nos resultados do índice de velocidade de emergência (IVE) apresentados na Tabela 10, nota-se que o IVE variou entre as cultivares, sendo os maiores valores verificados para plântulas da cultivar AS 7307 RR, que apresentou índices de 13,07, 11,99 e 12,79 quando as sementes foram colhidas em R8, R8+1 e R8+2 respectivamente. No estágio R8+2, não distinguiu estatisticamente da SYN 9070 RR (12,84).

Tabela 10 Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	10,98 A b	10,64 A b	11,51 A b
SYN 1163 RR	9,23 B c	7,91 C c	11,76 A b
SYN 9070 RR	11,61 B b	9,90 C b	12,84 A a
AS 7307 RR	13,07 A a	11,99 A a	12,79 A a
SYN 1283 RR	11,13 A b	11,06 A b	11,03 A b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita.

Percebe-se que a SYN 1163 RR esteve entre as cultivares que apresentaram menores níveis de vigor em todas as épocas de colheita (Tabela 10). Essa menor velocidade de emergência deve-se ao fato de que sementes de baixo vigor demandam tempo para a restauração de organelas e tecidos danificados, antes de darem início ao crescimento do eixo embrionário (VILLIERS, 1973).

Observando o efeito do retardamento da colheita (Tabela 10), tem-se que as sementes das cultivares SYN 1163 RR e SYN 9070 apresentaram maiores valores do índice de velocidade de emergência quando colhidas em R8+2, seguida das sementes que receberam o tratamento R8 e posteriormente por aquelas que foram colhidas em R8+1. Estes resultados não corroboram aos obtidos por Gris et al. (2010) que observaram uma menor velocidade de emergência em sementes de soja colhidas no estágio R8 + 20 dias, em relação à observada nas colhidas nos estádios R7 e R8.

Pelos resultados apresentados na Tabela 11, analisando os dados referentes ao IVE das sementes não armazenadas, nota-se que houve predominância de valores mais elevados do índice de velocidade de emergência, sendo que neste período a cultivar AS 7307 RR se destacou das demais apresentando maior IVE (15,55), seguida das cultivares SYN 9070 RR, SYN 1283 RR e NK 7059 RR as quais não diferiram entre si, e a cultivar SYN 1163 RR apresentou menor IVE. Sementes com maior IVE possuem melhor desempenho e conseqüentemente, maior velocidade de emergência no campo de cultivo, resistindo melhor a estresses que possam ocorrer durante a emergência (DAN et al., 2010).

Já aos 90 dias de armazenamento, as cultivares AS 7307 RR e SYN 9070 RR apresentaram maior vigor. Aos 180 dias de armazenamento nota-se que o maior índice foi verificado para a cultivar AS 7307 RR, seguida por NK 7059

RR e SYN 1283 RR e os menores níveis de vigor ocorreram para SYN 1163 RR e SYN 9070 RR (Tabela 11).

Observando cada uma das cultivares ao longo do armazenamento (Tabela 11), percebe-se que de maneira geral as sementes das cultivares apresentaram maior vigor quando não armazenadas, menor desempenho aos 90 dias de armazenamento e desempenho intermediário aos 180 dias de armazenamento. O maior índice de velocidade de emergência aos 180 dias quando comparado aos 90 dias, pode ter ocorrido devido ao fato de que mesmo em condições controladas, a temperatura na câmara de 25 °C em agosto (época em que foi realizada a avaliação aos 90 dias) pode ter sido influenciada no período noturno pela temperatura externa quando ocorria o fotoperíodo de 12 horas de escuro, pois como as lâmpadas ficaram desligadas, a temperatura pode ter sido reduzida pelo fato de não ter um sistema de aquecimento, o que provavelmente não influenciou as outras épocas de armazenamento que foram realizadas no começo de maio e no mês de novembro, período de altas temperaturas em Lavras, esse resultado corrobora ao obtido na porcentagem de plântulas normais aos 14 dias no teste de emergência em bandeja.

Tabela 11 Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de diferentes cultivares de soja com o retardamento e armazenamento

Cultivar	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
NK 7059 RR	13,51 A b	8,79 C b	10,98 B b
SYN 1163 RR	11,81 A c	7,60 C b	9,50 B c
SYN 9070 RR	13,78 A b	10,15 B a	10,42 B c
AS 7307 RR	15,55 A a	10,20 C a	12,09 B a
SYN 1283 RR	13,68 A b	8,23 C b	11,31 B b

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Diante dos resultados verificados na realização dos testes de tetrazólio, germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, emergência em condições controladas e índice de velocidade de emergência observou-se que, como já relatado, possivelmente o dano ocasionado pela incidência artificial de água na pré-colheita foi pequeno devido à provável baixa absorção de água pelas sementes, visto que no período entre as colheitas (aproximadamente seis dias), a semente secou rapidamente e retornou a umidade de colheita (18%). A quantidade de água aplicada na simulação de chuva foi significativa, no entanto a aplicação ocorreu de maneira pontual e a baixa umidade relativa do ar no momento de simulação, na região em que o experimento foi conduzido, provocou a perda imediata de água, diferentemente daquilo que ocorre quando temos a chuva natural com condições atmosféricas de alta umidade relativa do ar que propicia maior absorção de água nas sementes e conseqüentemente mais danos por umidade.

4.4 Análise de sanidade

Para o teste de sanidade, cuja análise de variância está representada na Tabela 5A, verifica-se que as cultivares diferiram estatisticamente quanto à incidência de *Colletotrichum truncatum*, *Phomopsis* sp., *Aspergillus* spp. e *Fusarium* spp. As épocas de colheita influenciaram significativamente a incidência de *Phomopsis* sp. e *Aspergillus* spp. As épocas de armazenamento proporcionaram variações para a incidência fúngica de todas as espécies identificadas neste trabalho. Quanto à interação entre os fatores, houve efeito significativo para cultivares*época de colheita na incidência de *Phomopsis* sp., *Aspergillus* spp., e *Fusarium* spp. Para as interações cultivares*época de armazenamento e época de colheita*época de armazenamento, houve efeito

significativo para a incidência de *Colletotrichum truncatum*, *Phomopsis* sp. e *Fusarium* spp.

Pelo teste de sanidade de sementes, constatou-se média geral de incidência para o fungo *Fusarium* spp. (23,04%), seguido de *Aspergillus* sp. (13,16%), *Penicillium* sp. (8,37%), *Phomopsis* sp. (3,16%) e *Colletotrichum truncatum* (1,71%) (Tabela 5A). Estes fungos são de ampla ocorrência e estão entre os mais comuns em sementes de soja. Barros et al. (2005) encontraram maior intensidade dos fungos *Fusarium* spp e *Phomopsis* sp., ao analisar o efeito da aplicação de fungicidas e da época de colheita na qualidade sanitária de sementes de soja.

Goulart (2005) relata que *Fusarium semitectum*, *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncatum*, *Phomopsis* spp. e *Aspergillus* spp. são patógenos causadores de doenças de importância econômica na cultura da soja e que *Alternaria alternata* e *Penicillium* spp. são considerados de importância secundária, porém observados com bastante frequência em análises de sementes.

Frequentemente, a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis como o excesso de chuvas associado à ocorrência de altas temperaturas na fase de colheita, ocasiona sérios danos à produção de sementes, pois pode gerar altos índices de infecção, devido principalmente à ação de fungos que estão associados à baixa qualidade fisiológica das sementes (COSTA et al., 2003).

***Fusarium* spp.**

Na Tabela 12, estão apresentados os resultados da interação cultivar*época de colheita. Entre as sementes das cultivares colhidas em R8, as cultivares SYN 1283 RR e AS 7307 RR apresentaram menor incidência de *Fusarium* spp, NK 7059 RR e SYN 1163 RR apresentaram incidência intermediária e SYN 9070 RR teve maior porcentagem de presença deste

microrganismo. Para as sementes colhidas no estágio R8+1, a cultivar SYN 1283 RR apresentou menor incidência, seguida da AS 7307 RR, e as demais cultivares obtiveram maior incidência desse fungo. Para a época de colheita R8+2, as cultivares SYN 1283 RR e AS 7307 RR apresentaram menor incidência de *Fusarium* spp. diferindo estatisticamente das outras cultivares em estudo.

Tabela 12 Incidência (%) de *Fusarium* spp. em diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	30,33 A b	26,40 A c	23,05 A b
SYN 1163 RR	26,33 A b	27,89 A c	23,78 A b
SYN 9070 RR	39,67 B c	34,44 B c	26,11 A b
AS 7307 RR	15,22 A a	18,33 A b	15,78 A a
SYN 1283 RR	9,33 A a	11,33 A a	18,11 B a
CV (%)	23,84		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

As cultivares NK 7059 RR, SYN 1163 RR e AS 7307 RR não apresentaram variação da incidência de *Fusarium* spp. com relação ao retardamento da colheita. SYN 9070 RR apresentou diminuição da incidência quando colhida em R8+2, no entanto, nesta época de colheita, esteve classificada estatisticamente entre as cultivares com maior porcentagem. A cultivar SYN 1283 RR apresentou maior incidência quando as sementes foram colhidas em R8+2, mas mesmo apresentando esta tendência de aumento da incidência de *Fusarium* spp. com o retardamento da colheita, nesta época de colheita, esta

cultivar não diferiu estatisticamente da AS 7307 RR, as quais apresentaram menor incidência deste fungo (Tabela 12).

Observa-se que, de maneira geral, as cultivares AS 7307 RR e SYN 1283 RR apresentaram menor incidência deste patógeno, demonstrando com base nos testes fisiológicos e na determinação do teor médio de lignina no tegumento, que as sementes mais vigorosas e com maiores médias de lignina apresentam menor vulnerabilidade ao ataque deste patógeno.

Gondim et al. (2002) verificaram certa constância do nível de incidência de *Fusarium* spp. em sementes de alguns genótipos de soja colhidos após a maturação plena (estádio R8 e 15, 30 e 45 dias depois).

Levando em consideração as relações observadas entre as cultivares e o tempo de armazenamento (Tabela 13), verifica-se que a incidência de *Fusarium* spp. reduziu a partir dos 90 dias de armazenamento para todas as cultivares estudadas. Para as sementes não armazenadas, a cultivar SYN 1283 RR apresentou melhor qualidade sanitária verificando-se menor incidência deste patógeno. Para as avaliações realizadas aos 90 e 180 dias de armazenamento, AS 7307 RR e SYN 1283 RR apresentaram menor porcentagem do fungo. Resultados semelhantes foram encontrados por Mavaieie (2014), que avaliando o desempenho de sementes de diferentes cultivares tratadas e não tratadas após o armazenamento em diferentes condições, verificou que as sementes não tratadas apresentaram maiores índices de incidência deste fungo no início do armazenamento e esse índice foi reduzindo ao longo do armazenamento. O *Fusarium* spp. é um fungo de campo e está associado às podridões. Possivelmente, no presente trabalho, ele esteve associado superficialmente à semente e pode ter perdido sua viabilidade durante o armazenamento.

Tabela 13 Incidência (%) de *Fusarium* spp. em diferentes cultivares de soja com o armazenamento

Cultivar	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
NK 7059 RR	40,22 B b	22,22 A b	16,78 A b
SYN 1163 RR	42,22 B b	18,33 A b	17,44 A b
SYN 9070 RR	48,33 B b	26,78 A b	25,11 A c
AS 7307 RR	37,33 B b	5,56 A a	6,44 A a
SYN 1283 RR	23,44 B a	6,56 A a	8,78 A a
CV (%)	23,84		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

Para as três épocas de colheita, houve redução da incidência de *Fusarium* spp. ao longo do período de armazenamento. Ao analisar as sementes não submetidas ao armazenamento verifica-se que não ocorreram diferenças estatísticas para as épocas de colheita, aos 90 e 180 dias de armazenamento. As sementes colhidas em R8+2 tiveram menor porcentagem de *Fusarium* spp. do que aquelas colhidas anteriormente (Tabela 14).

Tabela 14 Incidência (%) de *Fusarium* spp. em diferentes cultivares de soja com o armazenamento em função do retardamento da colheita

Época	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
R8	37,27 B a	17,40 A b	17,87 A b
R8+1	36,34 B a	18,70 A b	15,72 A b
R8+2	41,16 B a	11,81 A a	11,29 A a
CV (%)	23,84		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

***Aspergillus* spp.**

Para a incidência de *Aspergillus* spp. nas sementes de soja quanto à interação cultivares*época de colheita (Tabela 15), foi detectada uma redução da incidência do fungo nas sementes das cultivares SYN 1283 RR e NK 7059 RR quando retardada a colheita até R8+1 e R8+2, respectivamente. Já as cultivares SYN 1163 RR, SYN 9070 RR e AS 7307 RR não sofreram influência no retardamento da colheita para a variável resposta porcentagem de sementes infectadas com *Aspergillus* spp.

Tabela 15 Incidência (%) de *Aspergillus* spp. em diferentes cultivares de soja com retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	13,56 B a	14,53 B b	7,62 A a
SYN 1163 RR	13,78 A a	16,56 A b	13,56 A b
SYN 9070 RR	18,78 A b	13,78 A b	17,56 A b
AS 7307 RR	15,56 A b	11,89 A b	19,22 A b
SYN 1283 RR	10,00 B a	6,44 A a	5,67 A a
CV (%)	32,03		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

As menores incidências de *Aspergillus* spp. foram verificadas para os genótipos SYN 1283 RR, SYN 1163 RR e NK 7059 RR nas sementes colhidas no estágio R8, SYN 1283 RR nas sementes colhidas no estágio R8+1 e SYN 1283 RR e NK 7059 RR nas sementes colhidas em R8+2 (Tabela 15).

Salienta-se que não foi constatada relação direta entre o teor de lignina e a incidência de *Aspergillus* spp. Resposta semelhante foi obtida por Carvalho et al. (2015) que avaliando o efeito da aplicação foliar de Mn na incidência de fungos, nos teores de Mn e de lignina em sementes de soja, verificaram que a cultivar Celeste apresentou menor teor de lignina e esteve entre aquelas com menores incidências de *Aspergillus* spp., inferindo que o maior teor de lignina no tegumento das sementes de soja não resulta em maior resistência ao *Aspergillus* spp.

***Penicillium* spp.**

Com relação ao fungo *Penicillium* spp., foi detectado efeito significativo apenas para as épocas de armazenamento. O armazenamento proporcionou aumento da incidência do mesmo aos 180 dias (Tabela 16). Cardoso et al. (2004) ao avaliarem a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja tratadas com fungicida e armazenadas em um sistema a frio, verificaram que a incidência de *Penicillium* spp. aumentou durante o período de armazenamento, principalmente nas sementes que não receberam tratamento químico.

Tabela 16 Incidência (%) de *Penicillium* spp. em sementes de diferentes cultivares de soja com o armazenamento

Armazenamento (dias)	% <i>Penicillium</i> spp.
0	5,84 a
90	3,97 a
180	15,40 b
CV (%)	37,19

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

Os fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* podem vir do campo junto às sementes e ou contaminá-las durante o armazenamento. Possuem grande habilidade para se desenvolverem durante o armazenamento, principalmente se as condições não forem controladas e, nesse caso, o uso de fungicidas pode reduzir o ataque desses microrganismos junto às sementes (GOULART; FIALHO; FUJINO, 1999).

***Phomopsis* sp.**

As sementes das cultivares diferiram entre si quanto à incidência de *Phomopsis* sp. nas épocas de colheita R8 e R8+2, sendo que nas cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR foram observadas menores médias na época de colheita R8 e para a cultivar SYN 1163 RR também na época de colheita R8+2. Na época de colheita R8+1, os genótipos não diferiram para ocorrência deste fungo (Tabela 17).

Tabela 17 Incidência (%) de *Phomopsis* sp. em diferentes cultivares de soja com o retardamento da colheita

Cultivar	Época de Colheita		
	R8	R8+1	R8+2
NK 7059 RR	1,00 A a	6,00 B a	3,52 B b
SYN 1163 RR	0,78 A a	4,00 B a	1,00 A a
SYN 9070 RR	3,33 A b	4,33 A a	3,89 A b
AS 7307 RR	4,22 A b	2,56 A a	2,67 A b
SYN 1283 RR	3,33 A b	3,78 A a	3,44 A b
CV (%)	42,68		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

O retardamento da colheita propiciou um aumento da incidência de *Phomopsis* sp. a partir de R8+1 para a cultivar NK 7059 RR. Para a cultivar SYN 1163 RR, as sementes submetidas ao retardamento da colheita com uma precipitação artificial (R8+1) proporcionaram melhores condições para desenvolvimento deste fungo. As outras cultivares não apresentaram diferenças da incidência de *Phomopsis* sp. com o prolongamento do tempo de exposição às intempéries no campo (Tabela 17). Barros et al. (2005) e Gondim et al. (2002) observaram que a incidência de *Phomopsis* spp. aumentou com o retardamento da colheita.

É interessante relacionar que a menor incidência de *Phomopsis* sp. foi observada, em geral, para os genótipos NK 7059 RR e SYN 1163 RR (Tabela 17), os quais apresentaram menor teor de lignina no tegumento (Tabela 1) e qualidade fisiológica inferior (Tabela 3, 5, 7, 8, 9, 10 e 11). As maiores incidências do fungo *Phomopsis* sp. foram obtidas para as cultivares AS 7307 RR, SYN 9070 RR e SYN 1283 RR, e de acordo com os resultados dos testes fisiológicos não refletiram diretamente na qualidade destas cultivares.

Para a incidência de *Phomopsis* sp. nas sementes de soja durante o armazenamento (Tabela 18), não houve o mesmo comportamento para as cultivares estudadas. As sementes das cultivares NK 7059 RR, SYN 1163 RR, SYN 9070 RR não apresentaram progressão nem regressão da incidência do fungo ao longo do tempo. A cultivar AS 7307 RR apresentou maior incidência quando as sementes não foram armazenadas, intermediária quando submetidas a 180 dias de armazenamento, sendo que o menor índice foi verificado aos 90 dias. A cultivar SYN 1283 RR apresentou menor incidência aos 90 dias de armazenamento. Estas variações ao longo do período de avaliação podem estar associadas às condições de umidade relativa do ar que influenciam diretamente o desenvolvimento e viabilidade do fungo.

Tabela 18 Incidência (%) de *Phomopsis* sp. em diferentes cultivares de soja com o armazenamento

Cultivar	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
NK 7059 RR	3,78 A a	3,00 A a	3,33 A b
SYN 1163 RR	1,89 A a	2,44 A a	1,44 A a
SYN 9070 RR	5,11 A b	2,56 A a	3,89 A b
AS 7307 RR	5,89 C b	0,56 A a	3,00 B b
SYN 1283 RR	5,22 B b	1,44 A a	3,89 B b
CV (%)	42,68		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

Colletotrichum truncatum

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 19, para as sementes não armazenadas, em média, houve um baixo percentual de incidência de *Colletotrichum truncatum*, variando de 0,56 a 1,56%. Nesta primeira avaliação, as cultivares AS 7307 RR e SYN 1283 RR apresentaram maior quantidade do fungo. Aos 90 dias de armazenamento, as cultivares não apresentaram diferença. Aos 180 dias, a cultivar SYN 9070 RR se diferiu das demais e manifestou maior incidência de *Colletotrichum truncatum* (6,67%), enquanto as cultivares SYN 1283 RR e AS 7307 RR apresentaram incidência intermediária e as cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR tiveram menores porcentagens.

Tabela 19 Incidência (%) de *Colletotrichum truncatum* em diferentes cultivares de soja com o armazenamento

Cultivar	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
NK 7059 RR	0,56 A a	0,44 A a	1,11 A a
SYN 1163 RR	0,78 A a	0,11 A a	1,33 A a
SYN 9070 RR	0,89 A a	0,56 A a	6,67 B c
AS 7307 RR	1,89 B b	0,44 A a	3,22 B b
SYN 1283 RR	1,56 B b	0,33 A a	5,78 C b
CV (%)	35,05		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0,5}$).

No decorrer do armazenamento, para as sementes das cultivares NK 7059 RR, SYN 1163 RR, não foi verificado oscilação nas porcentagens deste patógeno. Aos 180 dias, as sementes da cultivar SYN 9070 RR apresentaram alta porcentagem de *Colletotrichum truncatum* quando comparadas às duas primeiras avaliações (zero e 90 dias). A cultivar AS 7307 RR apresentou menor incidência aos 90 dias, já a cultivar SYN 1283 RR apresentou maior porcentagem aos 180 dias e a mínima infecção ocorreu aos 90 dias de armazenamento (Tabela 19).

Em relação ao retardamento da colheita, observa-se que quando não armazenadas, as sementes das cinco cultivares estudadas apresentaram maior incidência de *Colletotrichum truncatum* quando colhidas em R8+1. Aos 90 dias, não houve diferença estatística para as épocas de colheita. Ao serem armazenadas por 180 dias, houve menor incidência deste patógeno em R8+2 (Tabela 20).

Nas épocas de colheita R8 e R8+2, as sementes apresentaram um aumento significativo na incidência deste fungo aos 180 dias de armazenamento. Para as sementes colhidas em R8+1, houve menor porcentagem de incidência de

Colletotrichum truncatum aos 90 dias e maior aos 180 dias de armazenamento (Tabela 20).

Tabela 20 Incidência (%) de *Colletotrichum truncatum* em diferentes cultivares de soja com o armazenamento

Época	Armazenamento (dias)		
	0	90	180
R8	0,67 A a	0,40 A a	4,27 B b
R8+1	1,79 B b	0,21 A a	4,00 C b
R8+2	0,97 A a	0,52 A a	2,65 B a
CV (%)	35,05		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott. R8: estágio de colheita; R8+1: estágio de colheita R8 mais a simulação de uma chuva na pré-colheita e R8+2: estágio de colheita R8 mais a simulação de duas chuvas na pré-colheita. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $(x+1)^{0.5}$).

Com base nos resultados do teste de sanidade referente às espécies fúngicas presentes nas sementes estudadas, verifica-se que as sementes da cultivar com maior teor de lignina (AS 7307 RR) bem como aquelas com teores intermediários (SYN 1283 RR e SYN 9070 RR) não apresentaram maior resistência à penetração de *Aspergillus* spp, *Phomopsis* sp. e *Colletotrichum truncatum*. Dantas (2012) trabalhando também com teor de lignina em sementes de soja, constatou que o maior teor de lignina nos tegumentos não propiciou maior resistência à penetração dos fungos de armazenamento *Aspergillus flavus* e *Penicillium* sp.

4.5 Análise enzimática

Em relação à expressão da enzima álcool desidrogenase (ADH), observou-se que em sementes não armazenadas (Figura 1 A) houve maior expressão para as cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR quando colhidas em

R8+1. A cultivar SYN 9070 RR apresentou maior intensidade de banda para as sementes colhidas em R8 e R8+1 e a SYN 1283 RR apresentou maior expressão nas épocas de colheita com incidência de chuva. AS 7307 RR apresentou baixa expressão para as três épocas de colheita, e conseqüentemente baixa concentração de etanol, ressalta-se ainda que esta cultivar foi a que apresentou os melhores resultados fisiológicos.

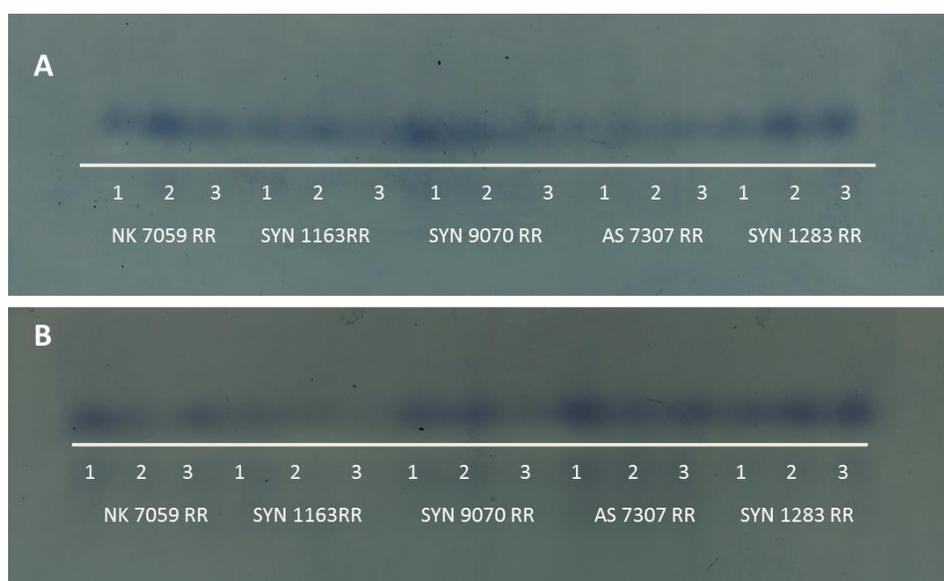


Figura 1 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Álcool Desidrogenase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Álcool Desidrogenase com 180 dias de armazenamento

Após 180 dias de armazenamento (Figura 1 B), observa-se que a expressão da ADH foi pouco evidente para as cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR, as quais apresentaram uma tendência de redução na expressão desta enzima quando comparado às sementes não submetidas ao armazenamento, o que pode estar relacionado ao acúmulo de acetaldeído. A enzima álcool

desidrogenase (ADH) converte o acetaldeído em etanol, um composto com menor toxicidade, e reduz a velocidade do processo de deterioração (VEIGA et al., 2010). A semente fica mais susceptível a ação deletéria do acetaldeído, quando a expressão desta enzima é reduzida (ZHANG; KIRKHAM, 1994).

Verifica-se ainda maior expressão desta enzima para as cultivares AS 7307 RR e SYN 1283 RR após 180 dias de armazenamento (Figura 1 B). Este comportamento está correlacionado com o vigor encontrado para AS7307 RR aos 180 dias de armazenamento pelo teste de condutividade e IVE quando comparada as demais cultivares (Tabela 5 e 11 respectivamente). Carvalho et al. (2014) também constataram maiores expressões de ADH em sementes de cultivares de soja que apresentaram melhor qualidade fisiológica.

Para a cultivar AS 7307 RR, foi possível observar ainda que a maior expressão da enzima ADH ocorreu em sementes submetidas ao armazenamento (Figura 1B), o que não foi observado nas sementes não armazenadas (Figura 1A). Ressalta-se ainda que esta expressão ocorreu de maneira uniforme independente da época de colheita das sementes.

Para o sistema enzimático malato desidrogenase (MDH) analisado, observa-se que não houve variação na expressão entre as cultivares e épocas de colheita para as sementes não armazenadas (Figura 2 A). Tal resultado pode ser justificado pelo fato desta enzima ser encontrada em associação a uma grande quantidade de organelas, o que pode conferir uma estabilidade na sua expressão. A malato desidrogenase (MDH) catalisa a conversão de malato a oxalacetato no ciclo de Krebs, produzindo NADH, que é fundamental na produção de ATP e de compostos intermediários essenciais ao funcionamento das células (TAIZ; ZAIGER, 2006). No entanto, nota-se que para a cultivar SYN 1163 RR foi possível detectar que a maior expressão ocorreu na segunda época de colheita (R8+1). Esta maior expressão pode estar relacionada com a sua qualidade, uma vez que esta cultivar apresentou menor qualidade fisiológica para as sementes

colhidas em R8+1, quando avaliado pelo teste de germinação, condutividade elétrica, envelhecimento, emergência e IVE (Tabela 3, 4, 7, 8 e 10 respectivamente).

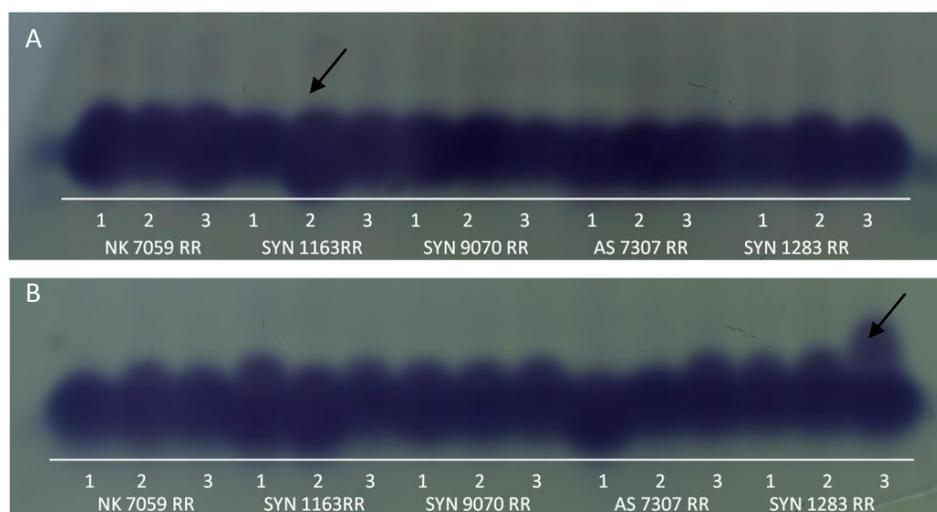


Figura 1 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Malato Desidrogenase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Malato Desidrogenase com 180 dias de armazenamento.

Aos 180 dias de armazenamento (Figura 2 B), a cultivar SYN 1283 RR teve um expressivo aumento quando colhida em R8+2. Esta cultivar tem grupo de maturação tardio (8.3) e permaneceu durante mais tempo no campo de produção de sementes podendo ter sido mais danificada com a incidência de chuva artificial na pré-colheita. Apresentou ainda menor porcentagem de germinação e esteve entre as cultivares com maiores valores de condutividade elétrica quando colhida em R8+2 (Tabela 3 e 4 respectivamente). A MDH é uma enzima importante para o processo de respiração aeróbica celular, isto pode ter ocorrido devido à respiração aumentada nas sementes que se encontravam em

processo de deterioração, uma vez que as enzimas envolvidas na respiração podem ser ativadas em sementes de baixa qualidade (SHATTERS JUNIOR et al., 1994).

A MDH também participa do movimento de malato através da membrana mitocondrial e outros compartimentos celulares. É uma enzima importante na respiração celular e o aumento na expressão desta enzima pode ser devido ao aumento da respiração que ocorre em sementes que se encontram em processo de deterioração (SPINOLA; CICERO; MELO, 2000).

Com relação aos perfis eletroforéticos para a enzima catalase (CAT), observa-se que para as sementes não submetidas ao armazenamento (Figura 3 A) houve baixa variação na expressão desta enzima dentro das cultivares para as épocas de colheita. No entanto, observando a expressão desta enzima para as cultivares NK 7059 e SYN 1283 tem-se uma maior expressão de maneira geral quando comparado com as demais cultivares.

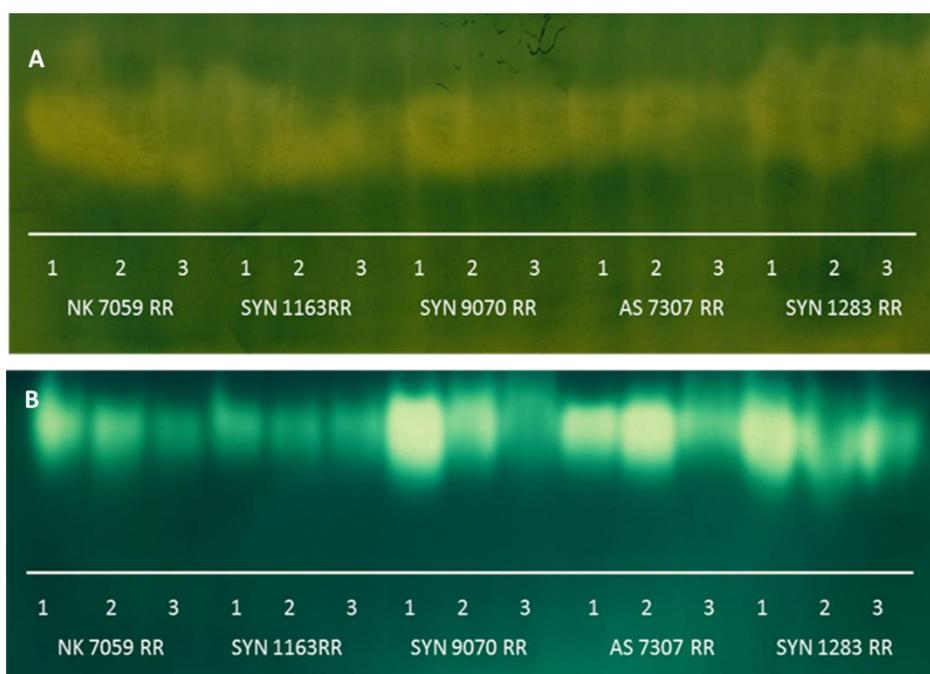


Figura 2 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Catalase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Catalase com 180 dias de armazenamento

De acordo com a Figura 3 B (180 dias de armazenamento), verifica-se que o efeito do retardamento foi maior com o armazenamento, havendo uma redução na expressão da enzima para todas as cultivares da primeira para a terceira época de colheita, época esta em que as sementes permaneceram mais tempo em campo submetidas assim a condições de estresse. Ressalta-se que a redução da expressão da catalase pode aumentar a formação de peróxido de hidrogênio nas células, tornando as sementes mais sensíveis aos efeitos dos radicais livres e conseqüentemente mais sujeitas à perda da viabilidade. Este resultado corrobora ao encontrado por Baldoni (2013), que trabalhando com sementes de soja colhidas no estágio R8 e 15 dias após este estágio, verificou que a expressão desta enzima foi maior em sementes colhidas no estágio R8.

Estudos recentes têm demonstrado que a perda de viabilidade das sementes durante o armazenamento é acompanhado pelo aumento das espécies reativas de oxigênio (Eros). Para combater estes radicais livres, são ativados vários mecanismos de defesa e entre estes tem-se as enzimas removedoras de radicais livres, a exemplo da catalase, peroxidase e superóxido dismutase. No entanto, é válido ressaltar que, quando do excesso destes radicais, algumas enzimas têm suas expressões reduzidas, como ocorreu no presente trabalho (FAGAGNA, 2008; TAKAHASHI; OHTANI; HARA, 2007).

Foram verificadas diferenças na expressão da enzima esterase (EST) em sementes submetidas aos diferentes tratamentos. Observa-se que para as sementes não armazenadas (Figura 4 A), houve maior expressão desta enzima, na segunda época de colheita, para todas as cultivares. Nota-se que entre as cultivares, AS 7307 RR apresentou maior expressão. Esta cultivar apresentou também maior teor de lignina e maior qualidade fisiológica. Diante disto, a maior expressão da esterase pode estar relacionada com a função desta enzima

de desdobrar os lipídios e fornecer energia para a síntese de novas moléculas em plântulas.

Após o período de armazenamento (180 dias) a cultivar AS 7307 RR apresentou menor expressão o que demonstra que esta enzima está atuando na degradação. O processo de degradação de lipídios durante a germinação das sementes é relevante para a retomada do crescimento do embrião e eixo embrionário, especialmente em sementes ricas em lipídios, como é o caso de soja (VEIGA et al., 2010). Resultado semelhante foi verificado por Vieira et al. (2013) estudando a deterioração de sementes de soja submetidas ao retardamento da colheita e armazenamento, que observaram menor expressão da enzima esterase após seis meses de armazenamento.

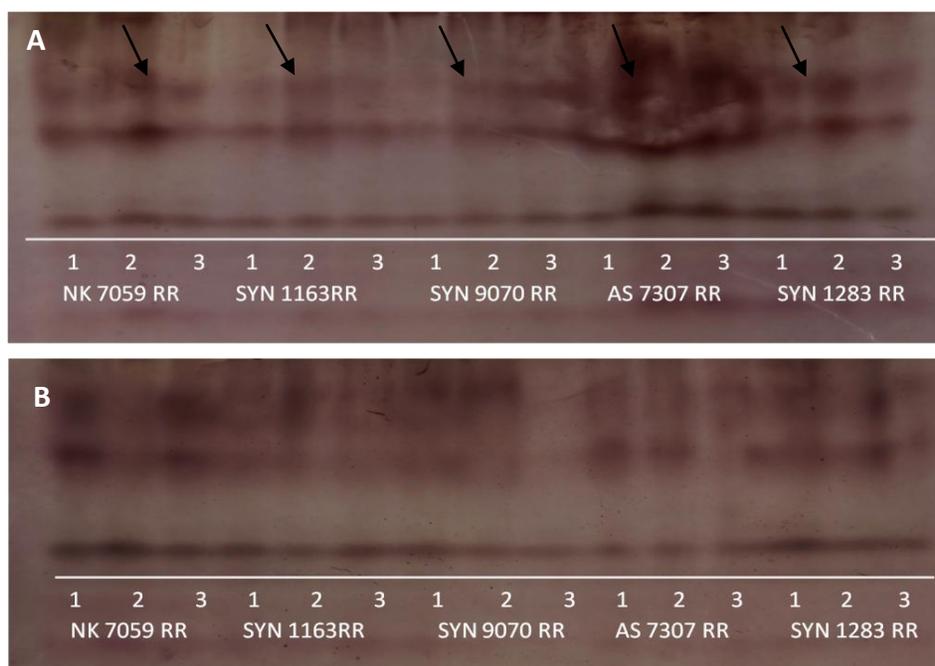


Figura 3 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Esterase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Esterase com 180 dias de armazenamento

A diminuição da expressão da esterase demonstra maior peroxidação de lipídeos da membrana que pode estar relacionado com o processo de degradação e permeabilidade de membranas (VIEIRA et al., 2013). A associação entre a redução na expressão de esterase e a diminuição do vigor das sementes detectado pelo teste de condutividade elétrica tem apoiado esta hipótese. Este teste tem sido recomendado para quantificar solutos liberados por meio de embebição de sementes (SILVA; PAZETO; VIEIRA, 2012). Esta relação foi verificada para a AS 7307 RR que teve os valores de condutividade elétrica incrementados com o armazenamento (Tabela 5).

Para as sementes de soja colhidas em diferentes épocas de colheita, com relação à expressão da enzima isocitrato liase (ICL) por meio da técnica de eletroforese, verifica-se que as sementes não submetidas ao armazenamento (Figura 5 A) apresentam semelhança na intensidade das bandas que expressam esta enzima, indicando poucas variações na taxa de degradação enzimática das reservas lipídicas das sementes.

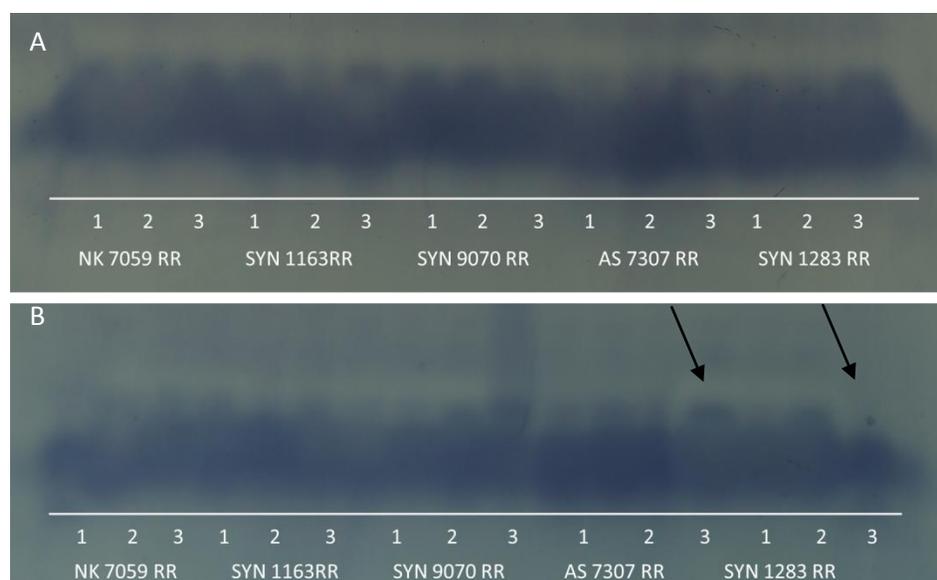


Figura 4 Padrões enzimáticos de sementes de diferentes cultivares de soja, submetidas ao retardamento da colheita e precipitação artificial de chuva na pré-colheita (1: R8; 2: R8+1 chuva na pré-colheita; 3: R8+2 chuvas na pré-colheita), revelados para: A. Enzima Isocitrato Liase não submetidas ao armazenamento. B. Enzima Isocitrato Liase com 180 dias de armazenamento

As cultivares SYN 1283 RR e AS 7307 RR apresentaram maior expressão desta enzima aos 180 dias de armazenamento (Figura 5 B) e tiveram a expressão reduzida na terceira época de colheita (R8+2). As cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR não apresentaram diferenças entre as épocas de colheita neste período de armazenamento.

A maior expressão da isocitrato liase nas sementes das cultivares AS 7307 RR e SYN 1283 RR pode estar relacionada com o vigor dessas sementes, fato confirmado por Martins et al. (2000). Esses autores encontraram maiores valores da expressão da isocitrato liase na variedade Doko, reconhecida pela sua qualidade fisiológica, quando comparados com os valores obtidos na cultivar CAC-1 e submetidas ao teste de frio, envelhecimento acelerado e teste de

germinação. A cultivar Doko normalmente apresenta alta qualidade fisiológica quando comparada a outras cultivares (COSTA, 1986).

Em sementes de soja, a isocitrato liase é considerada uma enzima chave na regulação do ciclo do glioxilato e está envolvida no metabolismo de lipídios armazenados nas sementes oleaginosas e no desenvolvimento das atividades no glioxissomos. Durante a germinação das sementes a expressão desta enzima aumenta, obtendo-se valores máximos quando ocorre o máximo da proporção de lipídios degradados na síntese da sacarose (BEWLEY; BLACK, 1994).

Baldoni (2013) também trabalhando com retardamento na colheita de sementes de soja observaram menor expressão da enzima em sementes colhidas no estágio R8 em relação as colhidas 15 dias após o estágio R8 para duas das três cultivares estudadas.

5 CONCLUSÕES

Dentre as cultivares estudadas, a AS 7307 RR apresenta maior teor de lignina no tegumento das sementes e menor porcentagem de danos por umidade avaliados pelo teste de tetrazólio em todas as épocas de colheita.

As cultivares NK 7059 RR e SYN 1163 RR apresentam menores teores de lignina no tegumento e maiores porcentagens de danos por umidade avaliados pelo teste de tetrazólio em todas as épocas de colheita.

A cultivar AS 7307 RR possui maior desempenho fisiológico avaliados por meio dos testes de germinação e vigor. A cultivar SYN 1163 RR tem menor desempenho fisiológico avaliado por meio dos testes de germinação e vigor.

Os valores de condutividade elétrica aumentam com o armazenamento para todas as cultivares.

A porcentagem de emergência de plântulas normais e o índice de velocidade de emergência variam com o armazenamento.

Há maior média geral de incidência para o fungo *Fusarium* spp. (23,04%), seguido de *Aspergillus* sp. (13,16%), *Penicillium* sp. (8,37%), *Phomopsis* sp. (3,16%) e *Colletotrichum truncatum* (1,71%).

Há variação no padrão eletroforético das enzimas catalase, esterase, álcool desidrogenase; malato desidrogenase e isocitrato liase para as sementes submetidas ao retardamento da colheita, armazenadas e não armazenadas.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C. et al. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.

ALVAREZ, P. J. C. et al. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.

ARANGO, M. R. et al. Description of the environmental damage on soybean seeds (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, p. 133-141, 2006.

ARANTES, H. A. G. et al. Espessura do tegumento, embebição em água e qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 126-132, 1994.

AZEVEDO, M. R. de Q. A. et al. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 519-524, dez. 2003.

BALDONI, A. **Expressão de genes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2013. 57 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

BARBER, M. S.; RIDE, J. P. A quantitative assay for induce lignifications in wounded wheat leaves and its use to survey potential elicitor for the response. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 32, n. 2, p. 185-197, Mar. 1988.

BARROS, H. B. et al. Efeito da aplicação de fungicidas e da época de colheita na qualidade sanitária de sementes de soja. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 639-645, out./dez. 2005.

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

BRACCINI, A. de L. et al. Germinação e sanidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas em diferentes épocas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 1017-1022, 2000.

BRACCINI, A. de L. et al. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2005. 1367 p.

CALDWELL, C. R.; BRITZ, S. J.; MIRECKI, R. M. Effect of temperature, elevated carbon dioxide, and drought during seed development on the isoflavone content of dwarf soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] grown in controlled environments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 4, p. 1125-1129, 2005.

CARDOSO, P. C. et al. Armazenamento em sistema a frio de sementes de soja Tratadas com fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 15-23, 2004.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. da S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 272-278, jul./set. 2012.

CARNEIRO, J. S. Qualidade sanitária de sementes de espécies florestais em Paraopeba, MG. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 75-76, 1990.

CARVALHO, E. R. et al. Enzyme activity in soybean seeds produced under foliar application of manganese. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 4, p. 317-327, jul./ago. 2014.

CARVALHO, E. R. et al. Mn foliar sobre a qualidade sanitária e lignina de sementes de soja convencional e resistente ao glifosato. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 135-143, jan./mar. 2015.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR produzidas sob aplicação foliar de manganês. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

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

CARVALHO, T. C.; NOVENBRE, A. D. L. C. Qualidade de sementes de soja colhidas de forma manual e mecânica com diferentes teores de água. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 155-166, 2012.

CAVARIANI, C. et al. Velocidade de hidratação em função de características do tegumento de sementes de soja de diferentes cultivares e localidades. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 30-39, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/13**: primeiro levantamento, outubro/2012 27.

Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_10_16_06_56_boletim_portugues_dezembro_2013.pdf>. Acesso em: 3 out. 2014.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4th ed. New York: Chapman & Hall, 2001. 467 p.

COSTA, A. F. S. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), produzidas em cinco localidades de Estado de Minas Gerais**. 1986. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

COSTA, N. P. da et al. Avaliação da qualidade de sementes e grãos de soja provenientes da colheita mecanizada, em diferentes regiões do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 211-219, 2002.

COSTA, N. P. da et al. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 1-6, 2005.

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

DAN, L. G. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

DANTAS, I. B. **Influência do teor de lignina na qualidade e armazenabilidade de sementes de soja inoculadas com *Aspergillus flavus* e *Penicillium* sp.** 2012. 110 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

DASSOU, S.; KUENEMAN, E. A. Screening methodology for resistance to field weathering in soybean seed. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 774-778, 1984.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-25, 2001.

DIAS, D. C. F.; CHAMMA, H. M. **Conservação de sementes recalcitrantes**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991.

DINIZ, F. O. et al. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 147-152, 2013.

DUKE, S. H.; KAKEFUDA, G. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibition of the legume seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 67, n. 2, p. 449-456, 1981.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil. Londrina, 2006. 225 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Viabilidade econômica da cultura da soja em Mato Grosso do Sul na safra 2012/2013**. Dourados, 2012. (Comunicado Técnico). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/929100/1/COT20121771.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

FAGAGNA, F. D. Living on a break: cellular senescence as a DNA-damage response. **Nature Reviews**, London, v. 8, n. 1, p. 512-522, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

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**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FORTI, V. A. et al. Weathering damage in soybean seeds: assessment, seed anatomy and seed physiological potential. **Seed Technology**, Lincoln, v. 35, n. 2, p. 213-224, 2013.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Determinação do conteúdo de lignina nos tegumentos de sementes de soja com tegumento preto e amarelo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja, 1999. p. 247. (EMBRAPA Agropecuária Oeste. Documentos, 7; EMBRAPA Soja. Documentos, 134).

FRANÇA NETO, J. B. et al. Tecnologia de produção de semente. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina, 2000. 1 CD-ROM.

FRANÇA NETO, J. B. et al. **Tecnologia para produção de sementes de soja de alta qualidade série sementes**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2007. 12 p. (Circular Técnica, 40).

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. 39 p. (Circular Técnica, 9).

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

GLORIA, B. A.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 438 p.

GONÇALVES, R. A. et al. Controle de *Rhizopertha Dominica* pela atmosfera controlada com CO₂ em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 1-9, jan. 2000.

GONDIM, T. C. O. et al. Qualidade sanitária e produção de aldeídos totais em sementes de soja sem lipoxigenases. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 148-152, 2002.

GOULART, A. C. P. **Deteção e controle químico de Colletotrichum em sementes de soja e algodão**. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2009. 33 p.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja deteção, importância e controle**. Dourados: EMBRAPA, 2005. 72 p.

GOULART, A. C. P.; FIALHO, W. F. B.; FUJINO, M. T. **Viabilidade técnica do tratamento de sementes de soja com fungicidas antes do armazenamento**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1999. 41 p. (Boletim de Pesquisa, 2).

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

HAMAWAKI, O. T. et al. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de genótipos de soja do ciclo precoce/médio em Uberlândia, Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 201-205, mar./abr. 2002.

KONG, F. et al. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 3, p. 134-144, Apr. 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. Metodologia para seleção de genótipos de soja com semente resistente ao dano mecânico: relação com o conteúdo de lignina. In: _____. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1998**. Londrina: EMBRAPA Soja, 1999. p. 213-217.

KRYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. O teste de vigor. **Informativo Abrates**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 20-27, 1991.

LACERDA, A. L. S. et al. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 180-192, 2003.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1130 p.

LIMA, W. A. A. et al. Retardamento de colheita como método de diferenciação de genótipos de soja para qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 186-192, 2007.

LIMA, W. F. et al. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6, p. 729-736, jun. 2008.

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

MALAKER, P. K. et al. Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, Joydebpur, v. 33, p. 469-477, 2008.

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

MARTINS, C. A. O. et al. Atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 42-46, 2000.

MAVAIEIE, D. P. R. **Desempenho de sementes de diferentes cultivares de soja tratadas e não tratadas armazenadas em diferentes condições**. 2014.

102 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MCDONALD JUNIOR, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Association Office Seed Analytical**, Lansing, v. 65, p. 109-139, 1975.

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

MEOTTI, G. V. et al. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, jan. 2012.

MILLER, S. S. et al. Early development of the seeds coat of soybean. **Annals of Botany**, London, v. 84, n. 3, p. 297-304, Sept. 1999.

MINUZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado do mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

MIRANDA, G. V. et al. Efeito de épocas de colheita e debulha sobre a qualidade física e fisiológica de sementes da soja. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 43, n. 249, p. 663-673, 1996.

OLIVEIRA, G. P. et al. Avaliação física, fisiológica e sanitária de sementes de soja de duas regiões de Mato Grosso. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 16, p. 106-114, 2012.

PANOBIANCO, M. et al. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

PELÚZIO, J. M. et al. Comportamento de cultivares de soja sob condições de várzea irrigada no sul do Estado do Tocantins, entressafra 2005. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 75-80, 2008.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; FRAGA, A. C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1653-1662, 2000.

PESKE, S.; PEREIRA, L. A. G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v. 6, n. 1/2, p. 23-24, 1983.

PINTO, T. L. F.; CICERO, S. M.; FORTI, V. A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica de análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 31-38, 2007.

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

RESENDE, J. C. F. et al. Efeito da época de colheita e condição de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 43, n. 245, p. 17-27, 1996.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

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

SCHUAB, S. R. P. et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SEDIYAMA, C. A. Z. et al. Physiological quality of soybean seed cultivars by osmoconditioning. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, p. 90-97, July 2012.

SEDIYAMA, C. S. et al. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 14, n. 5, p. 117-141, 1972.

SEDIYAMA, T. et al. Influência da época de semeadura e do retardamento da colheita sobre a qualidade das sementes e outras características agrônômicas das variedades de soja UFV-1 e UFV-2, em Capinópolis, MG. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Capinópolis. **Anais...** Capinópolis: EMBRAPA, 1981. v. 1, p. 645-659.

SHATTERS JUNIOR, R. G. et al. Soybean seed deterioration and response to priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, p. 33-41, 1994.

SILVA, C. D.; PAZETO, M. S. R.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and mineral composition of the imbibition solution of bean seeds during storage. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 2, p. 147-155, mar./abr. 2012.

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

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. 560 p.

SILVA, M. A. D. da; VIEIRA, R. D. Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv. Monsoy 8400. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 91-99, 2008.

SPINOLA, M. C. M.; CICERO, S. M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 263-270, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Energy and enzymes. In: _____. **Plant physiology**. 4th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. p. 1-22.

TAKAHASHI, A.; OHTANI, N.; HARA, E. Irreversibility of cellular senescence: dual roles of p16INK4a/Rb-pathway in cell cycle control. **Cell Division**, London, v. 2, n. 10, p. 1-5, 2007.

TEKRONY, D. M. et al. Effect of date of harvest maturity on soybean seed quality and Phomopsis sp. Seed infection. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 1, p. 189-193, 1984.

VASCONCELOS, E. S. et al. Análise não-paramétrica da sanidade de sementes e índices de eliminação e classificação de genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 341-348, mar. 2008.

VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, jul./ago. 2010.

VIEIRA, B. G. T. L. et al. Biochemical alterations in soybean seeds with harvesting time and storage temperature. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, Jaipur, v. 11, n. 3/4, p. 887-891, July/Oct. 2013.

VIEIRA, R. D. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 30, n. 172, p. 408-418, 1983.

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. p. 1-26.

VILLIERS, T. A. Ageing and longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**. London: The Pennsylvania State University, 1973. p. 265-288.

ZHANG, J.; KIRKHAM, M. B. Drought-stress-induced changes in activities of superoxidedismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. **Plant Cell and Physiology**, Oxford, v. 35, n. 5, p. 785-791, May 1994.

APÊNDICE

APÊNDICE A- TABELAS

Tabela 21A Datas de realização de três épocas de colheita e grupos de maturação de cultivares de soja

Cultivar	Data	Época de colheita	Grupo de maturação
NK 7059 RR	12/02/2014	1º	6.1
SYN 1163 RR	12/02/2014	1º	6.3
SYN 9070 RR	12/02/2014	1º	7.0
NK 7059 RR	18/02/2014	2º	6.1
SYN 1163 RR	18/02/2014	2º	6.3
SYN 9070 RR	18/02/2014	2º	7.0
NK 7059 RR	25/02/2014	3º	6.1
SYN 1163 RR	25/02/2014	3º	6.3
SYN 9070 RR	25/02/2014	3º	7.0
AS7307 RR	25/02/2014	1º	7.3
AS7307 RR	04/03/2015	2º	7.3
AS7307 RR	10/03/2014	3º	7.3
SYN 1283 RR	10/03/2015	1º	8.3
SYN 1283 RR	15/03/2014	2º	8.3
SYN 1283 RR	21/03/2014	3º	8.3

Tabela 2A Resumo da análise de variância de teor de lignina em sementes de cultivares de soja

FV	Quadrados Médios
Cultivar (C)	0,3992*
Erro	0,0000
CV	1,75
Média geral	0,2837

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F(p<0,05)

Tabela 3A Resumo da análise de variância da avaliação de Dano por umidade (U) pelo teste de tetrazólio, em sementes de cultivares de soja que foram submetidas à chuva na pré-colheita

FV	GL	Quadrados médios
		U ¹
Cultivar (C)	4	24,86*
Época colheita (EC)	2	10,87*
Bloco	2	1,31
C*EC	8	3,11*
Erro	73	1,37
CV (%)		19,55
Média geral ²		37,69

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F(p<0,05)

Tabela 4A Resumo da análise de variância dos resultados das avaliações: Condutividade elétrica (CE), germinação (%G), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de germinação aos 14 dias no teste de emergência (%G 14D), em sementes de cultivares de soja que foram submetidas à chuva na pré-colheita e armazenadas

FV	GL	Quadrados médios				
		CE	%G	EA	IVE	%G 14D
Cultivar (C)	4	3462,109*	3313,131*	14613,296*	61,232*	2527,911*
Época colheita (EC)	2	1423,702*	3168,598*	9160,059*	63,600*	2836,301*
Época de Armazenamento (EA)	2	19431,462*	98,415	1730,193*	497,346*	3726,059*
Bloco	2	384,602*	173,615*	121,970	1,325	112,726
C*EC	8	609,658*	895,993*	3069,253*	13,461*	617,246*
C*EA	8	241,449*	54,1	324,285	5,828*	203,744*
EC* EA	4	492,301*	21,353	253,706	1,941	72,875
C* EC*EA	16	75,275	72,430	97,439	1,534	71,922
Erro	223	113,959	47,972	209,034	2,013	68,407
CV (%)		15,11	11,35	21,67	12,7	9,76
Média geral		70,64	85	67	11,17	85

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F(p<0,05)

Tabela 5A Resumo da análise de variância dos resultados das avaliações: Sanidade com incidência de *Colletotrichum truncatum* (Col.), *Phomopsis* sp. (Pho.), *Penicillium* spp. (Pen.), *Aspergillus* spp. (Asp.) e *Fusarium* spp. (Fus.) em sementes de cultivares de soja que foram submetidas à chuva na pré-colheita e armazenadas

FV	GL	Quadrados médios				
		Col. ¹	Pho. ¹	Pen. ¹	Asp. ¹	Fus. ¹
Cultivar (C)	4	2,936*	1,881*	1,726	18,430*	49,693*
Época colheita (EC)	2	0,698	3,748*	2,481	4,199*	3,143
Época de Armazenamento (EA)	2	16,429*	6,830*	83,373*	125,133*	173,608*
Bloco	2	0,54	0,0877	6,176*	0,058	1,178
C*EC	8	0,365	1,587*	1,891	3,370*	4,850*
C*EA	8	1,926*	1,384*	1,958	1,444	4,522*
EC* EA	4	0,944*	0,843*	2,056	1,711	4,711*
C* EC*EA	16	0,291	0,400	1,196	2,002	1,577
Erro	223	0,272	0,623	1,049	1,195	1,169
CV (%)		35,05	42,68	37,19	32,03	23,84
Média geral ²		1,71	3,16	8,37	13,16	23,04

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F(p<0,05)

¹ Análise de variância com dados transformados em raiz de $(x+1)^{0,5}$

² Médias originais, sem transformação em raiz de $(x + 1)^{0,5}$