**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos

Mário Borges Trzeciak

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2012**

Mário Borges Trzeciak
Engenheiro Agrônomo

Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos

Orientadora:
Profa. Dra. **ANA DIONISIA DA LUZ COELHO
NOVEMBRE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Trzeciak, Mário Borges

Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos / Mário
Borges Trzeciak.- - Piracicaba, 2012.
130 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Época de colheita 2. Composição química 3. Maturação vegetal
4. Sementes - Qualidade - Soja I. Título

CDD 633.34
T875f

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
6 CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS	111

RESUMO

Formação de sementes de soja: aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos

Os objetivos dessa pesquisa foram avaliar as alterações de natureza física, fisiológica e bioquímica durante a formação das sementes de soja, produzidas nos anos 2009 e 2010, em Piracicaba, São Paulo. Foram utilizadas sementes de dois cultivares de soja, CD – 202 e CD – 224, e os tratamentos foram compostos pelos momentos de colheita, ao longo do processo de formação das sementes, e pela utilização ou não da secagem artificial. Para as avaliações foram determinados os número de dias para a emergência da plântula, para a floração, para a floração plena, para a colheita, os parâmetros físicos (produtividade, teor de água das sementes e massa de mil sementes) fisiológicos (viabilidade e vigor) e bioquímicos (teores de óleo, de proteína, de clorofila, carotenoides, de lignina e de carboidratos). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em que cada bloco continha uma unidade experimental de cada cultivar, distribuída de forma casualizada, em esquema fatorial de onze (momentos de colheita) x dois (sem secagem e com secagem), com quatro repetições e as análises estatísticas foram realizadas com o software R. Foi possível concluir que na maturidade fisiológica das sementes de soja, estágio R7, independentemente do cultivar e da avaliação das sementes úmidas ou secas, a produtividade, a viabilidade e os teores de lignina são máximos; No momento de colheita das sementes de soja, estágio R9, independentemente do cultivar e da avaliação de sementes úmidas ou secas, o acúmulo de massa é máximo, há a redução do teor de água, da viabilidade e do vigor e a semente tem mais óleo e proteína; O vigor das sementes é máximo no estágio R7 para as sementes avaliadas secas e no estágio R8 para as avaliadas úmidas, independentemente do cultivar; Há a degradação completa da clorofila nos estádios R7, para as sementes do cultivar CD – 202, e R8, para as sementes do cultivar CD – 224; Há carotenoides em todos os estádios de desenvolvimento da semente de soja, porém há mais carotenoides no início do processo de formação das sementes; Há variação da quantidade de carboidratos em função da avaliação das sementes úmidas ou secas.

Palavras-chave: *Glycine max*; Maturação; Época de colheita; Secagem; Qualidade de semente; Viabilidade; Vigor; Composição química

ABSTRACT

Formation of soybean seeds: physical, physiological and biochemical aspects

This experiment aimed at the evaluation of the physical, physiological and biochemical changes during formation of soy seeds, produced in 2009 and 2010, in Piracicaba, São Paulo. Seeds of two cultivars of soy were used, namely CD – 202 and CD – 224, and treatments were composed by the moment of harvest, along the process of formation of seeds, and by the use or non-use of artificial drying. For the evaluations, we determined the number of days for seedling emergency, flowering, full flowering, harvest, physical parameters (productivity, rate of water in the seeds and mass of a thousand seeds) physiological parameters (viability and vigor) and biochemical parameters (rate of oil, of protein, of chlorophyll, of lignin and carbohydrates). The experimental delineation in use was in random blocks, in which each block contained one experimental unit of each cultivar, distributed at random, in a factorial scheme of eleven (harvesting periods), x two (dried and not dried), at four repetitions, and the statistical analysis were performed with software R. It was possible to conclude that at physiological maturity of soy seeds, stage R7, independently of the cultivar and of the evaluation of dry or humid seeds, the productivity, viability and rates of lignin are at their maximum; In the moment of harvest of soy seeds, stage R9, independently of the cultivar and evaluation of humid or dry seeds, the accumulation of mass is at its maximum, there is a drop in the level of water, of the viability and vigor, and the seed contains more oil and protein; The vigor of the seeds is at its maximum at stage R7 for the seeds which were evaluated dry and at stage R8 for the ones evaluated as humid, independently of the cultivar; There is the complete deterioration of the chlorophyll at stages R7, for the seeds of cultivar CD – 202 and R8, for the seeds of cultivar CD – 224; There are carotenoids in all stages of development of soy seed, however there are more of them in the beginning of the process of formation of seeds. There is variation of quantity of carbohydrates according to the evaluation of humid or dry seeds.

Keywords: *Glycine max*; Maturation; Harvest time; Drying; Seed quality; Viability; Vigor; Chemical composition

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área experimental	43
Figura 2 - Estádios reprodutivos da planta de soja, baseados na escala de Ritchie et al., (1982), destacando o desenvolvimento dos frutos e das sementes no interior das vagens, a partir de R3 (Boletim de Pesquisa de Soja, Fundação MT)	47
Figura 3 - Relação entre a absorbância e a quantidade de albumina (mg) de soro bovino	52
Figura 4 - Variações de umidade relativa do ar, durante a produção de sementes de soja, cultivares CD – 202 e CD – 224.....	57
Figura 5 - Variações de temperatura do ar, durante a produção de sementes de soja, cultivares CD – 202 e CD – 224	59
Figura 6 - Precipitação pluvial total (mm.decêndio ⁻¹), durante o cultivo das plantas de soja, cultivares CD – 202 e CD – 224.....	60
Figura 7 - Imagens de sementes de soja do cultivar CD – 202, colhidas nos diferentes estádios de formação (R5.1 até R9+3), avaliadas sem a secagem pelo teste de tetrazólio quanto a coloração do tegumento	76
Figura 8 - Imagens de sementes de soja do cultivar CD – 224, colhidas nos diferentes estádios de formação (R5.2 até R9+3), avaliadas sem a secagem pelo teste de tetrazólio quanto a coloração do tegumento	77
Figura 9 - Diferença na coloração de cotilédones de sementes de soja com mesma coloração de tegumento (ABRASEM, 2012).....	93
Figura 10 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor – baseado no teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 202 que não foram submetidas à secagem.....	103
Figura 11 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor – baseado no teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 202 que foram submetidas à secagem	104
Figura 12 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor – baseado no teste de envelhecimento acelerado) e	

bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 224 que não foram submetidas à secagem 105

Figura 13 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor – baseado no teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 202 que foram submetidas à secagem 106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de dias necessários para alteração dos estádios reprodutivos de desenvolvimento da planta de soja, estabelecido por Fehr e Caviness (1977)	45
Tabela 2 - Descrição dos estádio reprodutivos da cultura da soja, baseado nas características da planta, dos frutos e das sementes, de acordo com a escala de Ritchie et al., (1982) (adaptada por Trzeciak et al., 2012)	46
Tabela 3 - Estádios fenológicos, datas da semeadura (S) e da emergência da plântula (EP), período (dias) compreendido entre e a emergência da plântula e o início da floração (EP – IF), data do início da floração (IF), período (dias) entre o início da floração (IF) e o florescimento pleno (FP), data do florescimento pleno (FP), colheita (dias após a antese – DAA) e data e período (dias) entre a emergência da plântula (EP) e a colheita (C), dos cultivares de soja CD – 202 e CD – 224.....	62
Tabela 4 - Teor de água, massa de 1000 sementes (M 1000) e produtividade (P), (média $\pm$ EP), das sementes de soja, recém colhidas, dos cultivares CD – 202 e CD – 224, nos diferentes momentos de colheita	66
Tabela 5 - Germinação, tetrazólio e emergência da plântula, (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita.....	73
Tabela 6 - Quantidade (%) das sementes de soja com tegumento colorido pela solução do sal de tetrazólio (média $\pm$ EP), cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita....	75
Tabela 7 - Primeira avaliação do teste de germinação, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita	84
Tabela 8 - Teor de água antes e após o teste de envelhecimento acelerado (%) e diferença entre esses teores de água (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita.....	86
Tabela 9 - Teor de óleo e quantidade de óleo, (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita	89

Tabela 10 - Teor de proteína (%) e produtividade de proteína (Kg.ha^{-1}) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita	92
Tabela 11 - Teor de clorofila (%) e carotenoides (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita.....	95
Tabela 12 - Teor de lignina (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita	98
Tabela 13 - Teor de carboidratos (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita.....	10

Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

A soja é importante para o país e área cultivada é de mais de vinte milhões de hectares foi devidamente adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, atingindo produtividades elevadas nas regiões onde é cultivada.

A tecnologia de produção de sementes e a utilização de insumos possibilitaram ampliar o desenvolvimento da cultura da soja, aumentando a sua produtividade, reduzindo os riscos e minimizando o custo de produção. Esses fatores são considerados fundamentais para os agricultores e benéficos para a economia do país, uma vez que permitiram o incremento do faturamento, contribuindo assim para aumentar a renda e garantir empregos.

A utilização de sementes de qualidade diferenciada, oriundas do processo de certificação, é um dos principais fatores que contribui para o incremento da produtividade, possibilitando o controle da origem da semente e o acesso pelos produtores de cultivares com tecnologia inovadora, testadas e aprovadas por instituições de pesquisa comprometidas com o desenvolvimento da agricultura. A qualidade das sementes é definida pelos parâmetros genético, físico, fisiológico e sanitário. Estes parâmetros determinam o estabelecimento adequado das plantas em campo e, sob condições ambientais satisfatórias, rendimentos elevados.

A qualidade de sementes pode ser influenciada por diversos fatores do ambiente, que ocorrem antes, durante e após a colheita e que favorecem ou não a obtenção de semente com qualidade diferenciada.

O processo de formação da semente é controlado geneticamente e compreende uma série de etapas, que ocorrem a partir da fecundação, até que as sementes formem-se e tornem-se independentes da planta mãe.

As alterações no conteúdo de água ocorrem durante todo período de formação das sementes. A sequência de modificações do teor de água da semente de soja é característica relativamente eficiente para estudar o desenvolvimento da semente e é empregada na determinação da maturidade fisiológica.

O entendimento das mudanças que ocorrem nas sementes, nos diferentes estádios de desenvolvimento, na medida em que há a redução da água, é fundamental para o desenvolvimento de métodos de secagem de sementes colhidas com teores altos de água. Com a perda progressiva de água no campo após a maturidade fisiológica, as sementes tornam-se tolerantes a temperaturas elevadas de secagem, indicando que outros eventos ocorrem juntamente com a redução do teor de água.

A associação da avaliação do parâmetro fisiológico das sementes de soja com o estabelecimento das plântulas em condições de campo é relevante, devido à importância dessa cultura no contexto do agronegócio e da economia brasileira.

A semente encerra genes que expressam o potencial produtivo da cultivar, uma vez que a qualidade superior implica em uma série de características economicamente desejáveis como, sanidade, adaptação às condições adversas de clima e solo, assim como maior capacidade de germinação. Desta forma, todos os procedimentos que possam contribuir para a preservação da qualidade das sementes são benéficos.

As modificações do parâmetro fisiológico da semente ocorrem paralelamente à evolução da transferência de matéria seca da planta para a semente, ou seja, a proporção de sementes vigorosas aumenta com o decorrer da maturação, com um máximo em época muito próxima ou coincidente com o máximo acúmulo de reservas.

Apesar de muitas pesquisas ressaltarem resultados superiores de germinação e vigor da semente na maturidade fisiológica, o máximo potencial fisiológico das sementes de cevada e de trigo ocorre após o máximo acúmulo de matéria seca, razão pela qual existe o termo “maturidade de massa” para separar a ocorrência da máxima massa de matéria seca do máximo vigor das sementes, assim a semente está fisiologicamente madura quando o máximo vigor é alcançado.

Após a maturidade fisiológica, ocorrem alterações degenerativas nas sementes, de modo que a qualidade fisiológica pode ser mantida ou decrescer, dependendo das condições ambientais do período que antecede a colheita, da condução dos processos de colheita, de secagem, de beneficiamento e das condições de armazenamento.

A deterioração é uma transformação degenerativa ocorrida na semente, é um processo contínuo, de progresso variável entre espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote, podendo ser de origem bioquímica, física ou fisiológica. Outras mudanças provavelmente ocorrem durante a formação da semente e assim é fundamental a compreensão das alterações físicas e fisiológicas ao longo desse processo.

A semente de soja é higroscópica, absorve facilmente a água do ambiente, e o teor de água depende das oscilações da umidade relativa do ar. Um dos principais problemas na produção de sementes de soja é a deterioração por “umidade”, dano progressivo e mais acentuado entre os demais danos associados a essas, como os danos por insetos, patógenos e mecânico. As lesões causadas pelas expansões e contrações do tegumento, após uma série de

ciclos de umedecimento e secagem, acentuam a sua fragilidade, reduzindo a proteção à semente e causando prejuízos ao seu desempenho.

A secagem lenta das sementes promove tolerância à dessecação, presumivelmente devido ao tempo suficiente que é concedido para a indução e a operação dos mecanismos de proteção, ao passo que a secagem rápida impede os processos de recuperação e é necessário mais tempo para os reparos na reidratação.

A tolerância à dessecação é o resultado da interação de vários mecanismos que atuam em sinergismo e a ausência ou a deficiência de um deles determina o grau de sensibilidade das sementes ao processo de dessecação. Um mecanismo associado à tolerância à dessecação durante o desenvolvimento de sementes é a expressão de proteínas específicas. Nas sementes tolerantes, proteínas hidrolíticas, como as late embryogeneses accumulated lea, são tipicamente acumuladas durante as fases finais da embriogenese em resposta à secagem, à baixa temperatura, à salinidade ou ao tratamento exógeno de ABA, e sua expressão cessa rapidamente após embebição.

A função dessas proteínas ainda não está esclarecida, mas sua estabilidade, propriedades físicas e abundância em organismos que toleram a desidratação sugerem que são importantes para a tolerância à dessecação. A função das proteínas em relação à tolerância à dessecação deve-se habilidade para atrair moléculas de água, mantendo o ambiente local enriquecido de água.

No desenvolvimento das sementes ortodoxas, a tolerância à dessecação e a capacidade de germinação das sementes não são características expressas em todos os estádios de desenvolvimento das sementes, mas adquiridas após a histodiferenciação, em que há um aumento na massa fresca e deposição de reserva, e antes da fase de secagem, na maturação. A redução do teor de água nessas sementes proporciona a redução do metabolismo e o estado de quiescência do embrião. As sementes no estado de quiescência resistem às condições adversas do ambiente e, quando expostas às condições adequadas e na ausência de dormência, têm a capacidade de retomada do metabolismo no processo de germinação. Assim, durante a maturação de sementes, a aquisição da tolerância à dessecação pode coincidir com a maturidade fisiológica.

Na produção de sementes, a antecipação da colheita possibilita a obtenção de sementes de qualidade superior, por evitar alterações em campo decorrentes das condições climáticas adversas, como chuvas na pré-colheita. Além disso, a colheita antecipada permite o

planejamento adequado de rotação de culturas e a otimização das estruturas de recepção, secagem e beneficiamento de sementes.

Em geral, para a colheita mecanizada, o produtor aguarda a redução da água das sementes e inicia a colheita tão logo seja possível. Para as sementes de soja, o teor de água ideal para a colheita está entre 12 e 15%, pois nesse intervalo há menos danos mecânicos e deterioração por umidade. Porém é possível realizar a colheita com teor de água superior (18%), desde que haja ajuste da regulagem da colhedora e que o produtor tenha estrutura para a secagem.

Tecnicamente, é possível realizar a secagem de sementes de soja com teor de água alto, ao redor de 22%, utilizando ar aquecido, e obter sementes de qualidade. No entanto, é importante verificar a temperatura de secagem das sementes, pois o ressecamento pode resultar em decréscimo no vigor e na viabilidade, bem como aumentar a tendência ao quebramento.

A sustentabilidade, definida nos dias de hoje como sendo a capacidade de suprir as necessidades sem comprometer a capacidade de suprimento das gerações futuras, é um desafio para a humanidade, principalmente na produção de alimentos. Neste contexto, a soja tem destaque, pela área utilizada para sua produção, quantidade produzida e pelos teores de óleo e proteína.

Visando a sustentabilidade da sojicultura, do ponto de vista econômico e social, foi estudada a possibilidade de antecipar a colheita (reduzir o ciclo da cultura), mantendo a produtividade, qualidade das sementes e os teores de carboidratos, lignina, lipídeos e proteínas, proporcionando, assim, mais um ciclo de cultivo em um mesmo ano agrícola. Desta forma é possível otimizar a estrutura física disponível, diluir a depreciação com máquinas e equipamentos produzir mais em uma mesma área.

Neste contexto, os objetivos do presente trabalho foram avaliar o efeito da época de colheita sobre as características físicas, produtividade, viabilidade e vigor de sementes de soja; determinar os momentos de formação e degradação das substâncias óleo, proteína, clorofila, carotenoides, lignina e carboidratos nas sementes, durante os processos de formação e maturação, bem como após a maturidade fisiológica das sementes; determinar o momento da aquisição da tolerância à dessecação; relacionar os dados dos parâmetros fisiológicos das sementes e a aquisição da tolerância à dessecação e determinar até que momento a semente permanece ligada à planta-mãe, visando contribuir para a compreensão da participação das

substâncias óleo, proteína, clorofila, carotenoides, lignina e carboidratos nos processos de germinação, vigor e tolerância à dessecação de sementes de soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta que tem importância mundial, os grãos são amplamente utilizados para a elaboração de ração para animais, para a produção de óleo e outros subprodutos, além do seu consumo “in natura” que expandiu-se nas últimas décadas. Possui valor socioeconômico, devido à importância de seus produtos, tanto para o mercado interno como externo, além da geração de empregos nos diversos setores da economia. É a cultura que apresenta maior crescimento em área cultivada no segmento agroindustrial brasileiro, sendo, hoje em dia, o principal produto agrícola brasileiro. A expansão do cultivo e o estabelecimento de fronteiras agrícolas somente foi possível devido ao desenvolvimento de cultivares com alta produtividade, ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas e resistentes a pragas e doenças (EMBRAPA, 2006).

Embora originária de região de clima temperado, a soja apresenta adaptação agrônômica às condições de climas subtropical e tropical. Por esta razão, hoje em dia, é cultivada em praticamente todo o território nacional, sendo o principal produto agrícola do país. A pesquisa científica contribui para o desenvolvimento da cultura, através do melhoramento genético e lançamento de cultivares adaptadas às diferentes situações edafoclimáticas.

A cultura da soja foi introduzida no Brasil no final do século XIX, tendo apresentado maior expressão a partir do final da década de 40, quando cerca de 18.000 toneladas produzidas no Estado do Rio Grande do Sul constituíram a primeira exportação nacional de soja (MARCOS FILHO et al., 1982). Desde então, ocorreu crescimento gradual da área cultivada, da produtividade e, consequentemente, da produção total.

Na última safra (2010/2011), a produção mundial de soja foi de 263,7 milhões de toneladas. O Brasil destaca-se como segundo maior produtor mundial de soja, com uma produção de 75 milhões de toneladas, em 24 milhões e 200 mil hectares, sendo superado apenas pelos Estados Unidos, cuja produção foi de 90 milhões e 600 mil toneladas, em 31 milhões de hectares (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2012). Além disso, é o país que apresenta as melhores condições para expandir a produção e atender a demanda mundial, já que superou a produtividade de grãos de soja obtida pelos Estados Unidos da América (EMBRAPA SOJA, 2011).

Para atender às demandas nacional e internacional, o Brasil ampliou suas fronteiras agrícolas, introduzindo a cultura da soja desde o paralelo 32°S (RS) até 2°N (AP), destacando-se atualmente os Estados do Mato Grosso como maior produtor (20 milhões e 400 mil

toneladas), seguido do Paraná (15 milhões e 400 mil toneladas), Rio Grande do Sul (11 milhões e 100 mil toneladas), Goiás (8 milhões e 100 mil toneladas) e Mato Grosso do Sul (5 milhões e 100 mil toneladas). Tal expansão só foi possível devido ao desenvolvimento de tecnologia nacional de produção de soja, principalmente aquela relacionada à criação de novos materiais genéticos, adaptados às diferentes condições ecofisiológicas (ALBERINI et al., 1992; KASTER; MENOSSO, 1992; KIIHL; ALMEIDA, 1992; MIRANDA, 1992; SEDIYAMA, 1992; VELLO, 1992).

Hoje em dia, a soja é cultura mais importante do Brasil, representando 40% do total de grãos produzidos no país. No mundo, a soja brasileira representa 27% do mercado, colocando o país como maior exportador e segundo maior produtor (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012). Ademais a soja é responsável por 20% das exportações brasileiras (VERNETTI; VERNETTI JÚNIOR, 2009).

Este lugar de destaque deve-se ao importante papel socioeconômico que a cultura tem, ao proporcionar o desenvolvimento de um amplo complexo agroindustrial, gerador de milhares de empregos em diversos setores. O complexo soja tem contribuído com um superávit considerável na balança comercial brasileira. A contribuição indireta da cultura da soja na movimentação da economia brasileira, embora, não tão facilmente mensurável, é de vital importância para o desenvolvimento do país, seja pela geração de empregos ou pela adição de valor à soja industrializada.

A semente é base de todo esse avanço para o cultivo da soja, pois o insumo essencial para o processo produtivo, sendo a qualidade considerada um elemento indispensável.

A planta de soja está sujeita a uma gama de alterações fisiológicas e morfológicas, quando as suas exigências não são satisfeitas (BONATO et al., 1998; EMBRAPA, 2003). A sensibilidade da soja ao fotoperíodo, por exemplo, ainda é uma importante restrição para ampliar a adaptação para o cultivo.

Devido ao fato da planta de soja ser termo e fotossensível, está sujeita a uma gama de alterações fisiológicas e morfológicas. Existe variabilidade entre os cultivares com relação à sensibilidade à época de semeadura e às mudanças na região de cultivo (latitudes).

No entanto, por ser uma planta que apresenta características de plasticidade, a soja mostra respostas adaptativas às condições de ambiente e de manejo em que se desenvolve (MELGES et al., 1989).

A planta e o ambiente devem ter suas características conhecidas, para que sejam atendidas as necessidades da planta, de modo que a mesma expresse toda sua potencialidade.

As respostas fisiológicas da planta estão diretamente relacionadas à radiação solar e, fundamentalmente, à intensidade luminosa, ambas ligadas aos processos fotossintéticos, alongamento da haste principal e das ramificações, expansão foliar e nodulação (CÂMARA, 1998).

Em termos gerais, as práticas de cultivo que devem ser consideradas são a definição criteriosa da época de semeadura (a depender de cada região), escolha dos cultivares que melhor se adaptam a região de cultivo, utilização dos espaçamentos e densidades adequados a cada cultivar, controle rigoroso de plantas daninhas, controle de pragas e doenças e minimização das perdas por colheitas (MARCOS FILHO; NOVEMBRE, 1990).

Considerando que a cultura da soja é influenciada por diversos fatores ao longo de seu ciclo, é relevante destacar a escolha da época de semeadura, como sendo o fator cultural, que isoladamente mais influencia o desenvolvimento das plantas e a produção da lavoura e, também, a qualidade das sementes. A influência do ambiente no desenvolvimento da semente é traduzida, principalmente, por variações no tamanho, na massa e nos parâmetros fisiológico e sanitário (COSTA et al., 1995; PEIXOTO et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; MOTTA et al., 2002; BARROS et al., 2003; EMBRAPA, 2003; MARCOS FILHO, 2005; PELÚZIO et al., 2006; SILVA et al., 2007). Ainda deve ser destacada a precocidade, por ser um dos principais caracteres considerados no melhoramento de soja, em vista da demanda por cultivares de ciclo curto para atender ao sistema agrícola de dois cultivos por ano (VELLO, 1992).

Ao escolher uma determinada época de semeadura para a soja, ocorre uma combinação entre a fenologia da cultura e a distribuição dos atributos do clima da região de produção, resultando em rendimento elevado ou reduzido, além de interferir na altura da planta para a colheita mecanizada (CÂMARA, 1992).

A cultura da soja é muito sensível ao comprimento do dia, ou melhor, à extensão do período de ausência de luz para a indução floral. Portanto, o efeito típico do fotoperíodo na soja é a redução do período compreendido entre a emergência das plântulas e o início do florescimento e, conseqüentemente, do ciclo da cultura. Quando um cultivar é cultivado em regiões com menor latitude ou quando a semeadura é atrasada, as plantas têm porte menor, com altura menor de inserção da primeira vagem, redução na área foliar e menor produtividade (GREEN et al., 1965; SEDIYAMA et al., 1972). Observa-se também a ocorrência do retardamento da floração com o aumento da latitude. Por outro lado, os cultivares adaptados as maiores latitudes florescem mais cedo quando cultivados em regiões

de dia curto. A duração do período de escuridão determina a indução ao florescimento e não o número de horas de luz (PARKER; BORTHWICK, 1943).

Existe variabilidade entre os cultivares com relação à sensibilidade, à época de semeadura e às mudanças na região de cultivo, principalmente quanto à latitude. Essa sensibilidade é muito importante nos casos em que o produtor necessite semear mais cedo ou mais tarde, da mesma forma que para novas regiões que irão iniciar o cultivo da soja. Através da comparação do ciclo dos cultivares de soja utilizados e observando-se especificamente a época de maturação e colheita com a ocorrência de chuvas de uma determinada região, é possível observar alterações na qualidade das sementes produzidas.

A temperatura afeta o crescimento e, conseqüentemente, o tempo necessário para o estabelecimento da planta. A data de floração é influenciada pela temperatura e quando durante o ciclo de desenvolvimento da cultura a temperatura é inferior a 24° C há atraso na floração, bem como temperaturas superiores a 38 °C, no início do ciclo, causa redução do crescimento (VERNETTI, 1983). Temperaturas baixas favorecem a qualidade da semente em relação a condições quentes e úmidas, com excesso de precipitação pluvial, que poderão afetar de forma irreversível a germinação e o vigor das sementes produzidas (CARTER; HARTWIG, 1962; TEKRONY et al., 1980; VIERA et al., 1982; COSTA et al., 1994).

O clima é condicionado pela pressão atmosférica e geralmente em altitude elevada o ar é mais rarefeito e o vapor d'água é menos abundante, propiciando a obtenção de sementes de melhor qualidade. As sementes de soja são sensíveis aos ambientes quentes e úmidos no período de maturação, podendo haver redução na qualidade do material produzido (DAJOZ, 1981). Esse quadro é agravado, principalmente, se tais condições estiverem associadas a temperaturas superiores a 24°C (COSTA et al., 1994).

Estudando vários genótipos de soja, cujas sementes foram produzidas em locais com diferentes altitudes, Costa et al. (1988) concluíram que a qualidade das sementes variou conforme o local de produção e que as sementes produzidas em locais altos (mais de 700m) e temperatura amena apresentaram melhor qualidade do que as produzidas em menores altitudes e com temperatura e umidade elevadas.

Para as condições tropicais brasileiras, onde predominam temperaturas altas e excesso de chuvas no período de maturação da soja, Costa et al. (1994), França Neto e Krzyzanowski (2000) e Costa et al. (2001) argumentaram que a alternativa mais plausível para produção de sementes de alta qualidade, seria a escolha de regiões com altitude superior a 700m, onde predomine clima ameno e seco no período da maturação à colheita, ou mesmo o ajustamento

da data de semeadura, para ocorrência da maturação em condições ambientais mais favoráveis. Buscando alternativas para a produção de sementes de soja de qualidade superior, hoje em dia produtores de sementes realizam a produção em um Estado ou região diferente do qual será realizada a comercialização e a utilização destas sementes.

Assim sendo, tem sido dada atenção especial, por parte de pesquisadores, aos fatores que influenciam a qualidade das sementes, pois esta influenciará diretamente na uniformidade da população e ausência de patógenos transmitidos pela semente, resultando em melhor desempenho das plantas e maior produtividade (POPINIGIS, 1985).

Diversos programas de melhoramento genético contribuíram para o desenvolvimento de cultivares de alto rendimento e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. De acordo com Paludzyszyn Filho et al. (1993), na região tradicional de cultivo, os programas de melhoramento se basearam em introduções de linhagens desenvolvidas no Sul dos Estados Unidos da América, com o posterior desenvolvimento de cultivares melhor adaptadas. Na região de expansão, os programas de melhoramento genético seguiram a estratégia de desenvolvimento de linhagens adaptadas às baixas latitudes, por meio da incorporação da característica período juvenil longo. Tais estratégias, entretanto, não foram acompanhadas de avaliações do aumento ou da redução da diversidade genética da soja cultivada. Estimativas sobre a variabilidade genética das plantas de soja têm destacado que o germoplasma brasileiro provém de base genética restrita, tendo se originado de poucas linhagens ancestrais (PRIOLLI, 2004).

Para a obtenção de mais rendimento por área é indispensável, entre as técnicas de cultivo, a utilização de sementes com qualidade diferenciada, que permite uma população de plantas adequada no campo (SEDIYAMA, 1972; FRAGA, 1980). De acordo com Yorinori (1988), a utilização de sementes vigorosas e isentas de pragas e doenças está associada às demais técnicas para a produção de soja.

A qualidade das sementes é influenciada pelo genótipo, sendo máxima na maturidade fisiológica. Nesta fase, a massa de matéria seca, a germinação e o vigor geralmente atingem valores máximos. A partir deste estágio, alterações degenerativas começam a ocorrer, de modo que a qualidade é mantida ou decresce, dependendo das condições ambientais do período que antecede a colheita, da condução dos processos de colheita, secagem, beneficiamento e das condições de armazenamento (DELOUCHE; BASKIN, 1973; McDONALD JR., 1975; POPINIGIS, 1985).

A qualidade da semente de soja, principalmente em regiões tropicais, pode ser influenciada por diversos fatores, que ocorrem antes e durante a colheita e em todas as demais etapas de produção. Dentre esses fatores destacam-se os danos mecânicos, causados nas operações de colheita e de beneficiamento, danos causados por percevejos e deterioração por fatores climáticos. Esse último fator abrange, entre outras condições, períodos de seca, extremos de temperatura durante a maturação e flutuações das condições de umidade ambiente, facilitando o aparecimento de sementes com altos índices de deterioração por umidade (FRANÇA NETO et al., 2000).

A idade fisiológica das sementes pode ser caracterizada adequadamente através de alterações que ocorrem durante o seu desenvolvimento. Para essa determinação, os parâmetros regularmente utilizados são baseados na morfologia interna (BORISJUK et al., 1995), externa e, ou, tamanho de frutos e sementes (ADAMS; RINNE, 1981; FIGUEIREDO; PEREIRA, 1985). Também podem ser utilizados a massa fresca, o grau de umidade e a coloração dos frutos (PUKITTAYACAMEE; HELLMUM, 1988; AMARAL, 1990).

O conhecimento da fenologia é baseado nas observações de estádios de desenvolvimento externamente visíveis, como, por exemplo, a germinação das sementes, emergência das gemas, desenvolvimento das folhas, floração. A organização das datas fenológicas proporcionou informações importantes sobre a duração média das diferentes fases das espécies (LARCHER, 2006).

A caracterização fenológica através de estádios permite detalhar a descrição do ciclo da planta, em relação à utilização das fases, já que estas podem ser demasiadamente distanciadas no tempo. Desta maneira, é possível utilizar a fenologia para finalidades bem mais específicas, como em adubações de cobertura, em tratamentos fitossanitários ou na observação de um evento importante qualquer (uma geada ou um estresse hídrico), associados a estádios bem definidos (PASCALE; DAMARIO, 2004).

De Fina e Ravelo (1973) definiram a fenologia como o ramo da ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e suas relações com as condições do ambiente. A fenologia visa avaliar sistematicamente as mudanças periódicas na aparência e constituição dos seres vivos por causas ambientais. Portanto a observação dos processos periódicos visíveis é o objetivo básico da fenologia (PASCALE; DAMARIO, 2004).

As fases de desenvolvimento da planta de soja são classificadas em estágio vegetativo (V1, V2... Vn) e estágio reprodutivo (R1, R2, R3,..., R8) (FEHR; CAVINESS, 1977). No estágio reprodutivo, o R7 caracteriza o ponto de maturidade fisiológica, que é o de máximo

acúmulo de matéria seca na semente e pela variação do teor de água entre 50% e 60% (HOWELL et al., 1959). Na transição dos estágios R7 para o R8, o metabolismo de mecanismos de tolerância à dessecação é intensificado e a semente resiste à secagem (OLIVER; BEWLEY, 1997).

Já Ritchie et al. (1982) desenvolveram uma escala fenológica baseada na escala de FEHR e CAVINESS (1977), que subdivide os estádios R5, R7 e R8, para aumentar a precisão da identificação dos estádios fenológicos.

Na produção do vegetal, a água desempenha papel fundamental, de maneira que sua deficiência ou excesso afetam de forma decisiva o desenvolvimento das plantas. A sequência de modificações no teor de água da semente é um parâmetro relativamente eficiente para caracterizar o desenvolvimento da semente, empregado, com frequência, na determinação da maturidade fisiológica (EGLI, 1990; VILLELA; MARCOS FILHO, 1998).

O desenvolvimento da semente, da fertilização à semente madura, pode ser dividido em três fases. A fase I é caracterizada pelo crescimento inicial, devido à divisão celular e ao aumento rápido no peso fresco da semente. Na fase II ocorre acúmulo de material de reserva na semente. O teor de água diminui enquanto a matéria seca substitui a água nas células. Finalmente, a fase III compreende a dessecação ou a desidratação das sementes, em função do declínio rápido do teor de água e da diminuição do peso fresco. Ocorre, então, redução gradual no metabolismo da semente e o embrião passa para um estado quiescente (BEWLEY; BLACK, 1994).

A concentração de água é muito alta durante a fase I e declina até que a maturidade fisiológica da semente seja atingida. A semente de soja contém níveis moderados de óleo e altos níveis de proteínas e tem alta concentração de água, ao redor de 80%, no início do desenvolvimento e declina expressivamente até atingir valores ao redor de 55% na maturidade fisiológica (EGLI, 1998).

Segundo Adams e Rinne (1981), a desidratação controla o processo de maturação das sementes. As alterações no conteúdo de água, à medida que ocorre a desidratação, podem causar alterações no metabolismo das sementes (ROSEMBERG; RINNE, 1986).

A maturação das sementes consiste de uma série de alterações físicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas verificadas a partir da fecundação do óvulo, encerrando-se quando a semente, ao atingir a máxima massa de matéria seca, se desliga fisiologicamente da planta e atinge a maturidade. Nesse momento, as sementes de soja têm coloração amarela e

apresentam teor de água de, aproximadamente, 50% (POPINIGIS, 1985; MARCOS FILHO, 1980, 1986).

De acordo com Adams et al (1983), a maturação em sementes de soja é a fase final da produção. Ela ocorre naturalmente quando a semente alcança a máxima massa de matéria seca, em um estágio descrito como maturidade fisiológica. Todavia, a maturação não depende apenas da planta mãe ou do estágio de desenvolvimento. A maturação é uma fase metabolicamente ativa, envolvendo proteínas, utilização de amido e produção de açúcares solúveis.

A maturidade fisiológica é atingida quando as sementes adquirem a capacidade de germinar, mesmo não tendo completado o processo de desenvolvimento e de dessecação (OBENDORF et al., 1980; KERMODE; BEWLEY 1986; MILES et al., 1988).

Muitas outras mudanças fisiológicas provavelmente ocorrem durante a maturação da semente, embora, haja pouca informação a respeito das exigências para a produção de sementes viáveis. Para McIntyre (1987), a drástica redução do conteúdo de água nas sementes, com a aproximação da maturidade, é suficiente para explicar a inibição do crescimento e o declínio associado na atividade metabólica. Egli (1990) sugeriu que o acúmulo de matéria seca pelas sementes de soja pode continuar enquanto houver uma rede de absorção de água para dirigir a expansão celular. Na ausência dessa rede, um acúmulo contínuo de matéria seca causa a dessecação que desencadeia a maturação.

Adams et al. (1983) mostraram que o processo de maturação, por meio de desidratação lenta, é necessário para produção de sementes de soja viáveis, para obter distintos efeitos na degradação de clorofilas e na influência do genoma para permitir a produção das enzimas específicas que atuam no processo de germinação.

De acordo com dados de pesquisa, as sementes atingem a maturidade fisiológica, geralmente algum tempo antes que o teor de água seja adequado para a colheita mecanizada. Trabalhando com diferentes cultivares de soja, em diferentes regiões do Brasil, Jacinto e Carvalho (1974) verificaram que a maturidade fisiológica das sementes, com o máximo acúmulo de matéria seca, é atingida quando o teor de água das mesmas é de aproximadamente 50%, assim como foi observado por Crookston e Hill (1978), nas condições dos Estados Unidos.

A semente de soja apresenta maturidade fisiológica caracterizada pelo máximo acúmulo de matéria seca, com aproximadamente 45% a 50% de água (ANDREWS, 1966) e isto ocorre geralmente quando as vagens e as sementes tornam-se amarelas (RITCHIE et al.,

1994). No momento da colheita, além do teor de água, o estágio de maturação também é importante para a tolerância das sementes à dessecação e a secagem é uma exigência para a garantia da manutenção da qualidade.

Nas condições tecnológicas atuais, o reconhecimento prático do ponto de maturidade fisiológica tem importância porque permite estabelecer uma referência para identificar a época ideal para colheita e, ao mesmo tempo, o momento a partir do qual, provavelmente, tem início a deterioração das sementes. Para tanto, os produtores têm se baseado no teor de água das sementes, cuja variação é influenciada pelas condições ambientais.

A semente de soja é higroscópica e o grau de umidade é condicionado pelo ambiente, ocorrendo aumento ou redução do volume da semente em função da maior ou menor intensidade de absorção de água. A respeito do tema, Costa et al. (1994), Vieira et al. (1982), Tekrony et al. (1980) e Carter e Hartwig (1962) afirmaram que temperaturas baixas favorecem a qualidade das sementes e que condições quentes e úmidas, com excesso de precipitação pluvial, poderão comprometer a germinação e o vigor. França Neto e Henning (1984) afirmaram que as sucessivas expansões e contrações das sementes em função de condições de chuvas e temperatura durante a maturação, causam a formação de rugas nos cotilédones e na região oposta ao hilo, cujas lesões são bastante peculiares e nitidamente observadas através do teste de tetrazólio. Os autores ainda destacaram que o estresse físico dos tecidos, que pode resultar em ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários, compromete o controle de permeabilidade das membranas aos níveis celulares e sub-celulares.

Sementes de soja apresentam maior capacidade de germinação e vigor quando atingem o ponto de maturidade fisiológica (POPINIGIS, 1996). Após a maturidade fisiológica, alterações degenerativas começam a ocorrer nas sementes, de modo que a qualidade fisiológica pode ser mantida ou decrescer, dependendo das condições ambientais no período que antecede a colheita, da condução dos processos de colheita, de secagem, de beneficiamento e das condições de armazenamento (DELOUCHE; BASKIN, 1973; McDONALD JR., 1975). Esta redução na qualidade fisiológica da semente tem sido verificada em quase todos os cultivares de soja que, apesar de produtivos, apresentam problemas de qualidade, dificultando assim sua recomendação (SILVA, 2002). Essa redução é determinada por fatores genéticos, além das condições ambientais às quais as sementes são expostas (DELOUCHE et al., 1980).

Dentre os fatores que afetam o potencial fisiológico e sanitário das sementes de soja destacam-se o momento da colheita e as condições do ambiente durante o período que as sementes permanecem no campo. Em vários trabalhos de pesquisa tem sido enfatizada a perda da qualidade das sementes quando ficam expostas às condições adversas de umidade relativa e temperatura do ambiente, durante o processo de maturação, após o ponto de maturidade fisiológica e também no período de pós-colheita. Quando há atraso na colheita associado à variação da umidade relativa do ar, a alternância de ganho e perda de água pelas sementes causa prejuízos como o aumento das porcentagens de rachadura e enrugamento do tegumento (SEDYAMA et al., 1972; ROCHA, 1982; VIEIRA et al., 1982; MARCOS FILHO et al., 1986), aumentando, dessa forma, o processo de deterioração, em virtude de maior facilidade de penetração de patógenos e maior exposição do tecido embrionário ao ambiente (ZITO, 1994).

Diversos autores relataram as dificuldades para a obtenção de sementes de soja de qualidade aceitável e que mantenham a viabilidade e o vigor durante o armazenamento, quando produzidas em regiões com características climáticas de flutuações de pluviosidade e altas temperaturas durante o período de colheita (CARTTER; HARTWIG, 1962; CAVINESS, 1978; SILVA et al., 1979; DASSOU; KUENEMAN, 1984; PAOLINELLI et al., 1984a; COSTA et al., 1987).

Segundo Sedyama et al. (1981), a colheita da soja deve ser feita, de preferência, logo após a maturidade fisiológica. Entretanto, nem sempre isto é possível, principalmente se a colheita coincide com períodos chuvosos, que podem causar danos irreparáveis à qualidade das sementes. Em condições climáticas favoráveis, os problemas podem não se manifestar, porém a ocorrência de chuvas ou orvalho, associada a temperaturas altas, reduz a qualidade das sementes, à medida que a colheita é retardada.

No período em que permanecem no campo, até atingirem o teor de água adequado para a colheita, as sementes de soja estão sujeitas à deterioração. Para SEDIYAMA et al. (1981), o nível de tolerância à deterioração em campo difere entre cultivares e entre ambientes, porém o ambiente e, principalmente, as condições climáticas, como alta temperatura, precipitação pluvial e orvalho são mais importantes que o tempo de permanência da semente no campo após a maturidade fisiológica.

Abdul-Baki e Anderson (1973) definiram deterioração como toda e qualquer transformação degenerativa ocorrida na semente, tratando-se de um processo contínuo, de progresso variável entre espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes

do mesmo lote. Essas transformações podem ser de origem bioquímica, física ou fisiológica (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

A literatura tem indicado que a fase compreendida entre a maturidade fisiológica e a morfológica da semente pode ser considerada como um período de “armazenagem em campo”, durante o qual raramente as condições climáticas são favoráveis à preservação da qualidade da semente, neste caso, o termo qualidade tem sentido genérico, pois não é só o componente fisiológico que é alterado nesta condição. A utilização de variedades tolerantes às condições desfavoráveis, em campo durante seu desenvolvimento e no período pré-colheita, é citada por Costa (1977) e Wilcox et al. (1974) como condicionante para obtenção de sementes de boa qualidade.

No desenvolvimento das sementes ortodoxas, a tolerância à dessecação e a capacidade de germinação das sementes não são características expressas em todos os estádios de desenvolvimento das sementes, mas adquiridas após a histodiferenciação, em que há o aumento da massa de matéria fresca e deposição de reserva, e antes da fase de secagem, na maturação (BEWLEY; BLACK, 1994; KERMODE, 1997). A redução do teor de água nessas sementes proporciona a redução do metabolismo e a quiescência do embrião. As sementes no estado de quiescência resistem às condições adversas do ambiente e quando expostas às condições adequadas e na ausência de dormência, podem reiniciar o metabolismo para a germinação (BEWLEY; BLACK, 1994).

A retirada de água dos tecidos vegetais pode causar alteração nas membranas, devido ao acúmulo de substâncias citoplasmáticas anfifílicas, promovendo a união das membranas (CAFFREY et al., 1988). Por outro lado, a tolerância à dessecação é favorecida por meio da repressão controlada do metabolismo, prevenindo danos oxidativos, assim como pelo acúmulo de protetores moleculares, tais como os açúcares e proteínas, além da transição para o estado vítreo (HOEKSTRA et al., 2001).

Durante a desidratação também pode ocorrer a formação de moléculas reativas de oxigênio, que são potencialmente tóxicas. Porém, a presença de moléculas antioxidantes e sequestradoras de radicais livres, tais como ácido ascórbico e glutathione, contidas em altas concentrações em algumas sementes, podem neutralizar essas substâncias evitando danos às membranas (FRANZEN; HAAS, 1991).

A tolerância à dessecação é o resultado da interação de vários mecanismos que atuam em sinergismo e a ausência ou a deficiência de um deles determina o grau de sensibilidade das sementes ao processo de dessecação. Um mecanismo associado à tolerância à dessecação

durante o desenvolvimento de sementes é a expressão de proteínas específicas. Nas sementes tolerantes, proteínas hidrolíticas, como as "late embryogeneses accumulated", ou proteínas LEA como são conhecidas, são tipicamente acumuladas durante as fases finais da embriogênese, em resposta à secagem, à baixa temperatura, à salinidade ou ao tratamento exógeno de ABA, e sua expressão cessa rapidamente após a embebição (BLACKMAN et al., 1991). Essas proteínas inibem a desnaturação de macromoléculas e estabilizam as estruturas intracelulares sob condições de estresse, incluindo o hídrico (BLACKMAN et al., 1995; CLOSE, 1997).

A função dessas proteínas ainda não está esclarecida, mas a estabilidade, as propriedades físicas e a abundância em organismos que desidratam-se naturalmente sugerem a importância dessas proteínas na tolerância à dessecação (BLACKMAN et al., 1991), que dentre outras funções têm habilidade para atrair as moléculas de água, mantendo os tecidos hidratados ou até substituindo a água (BEWLEY; BLACK, 1985).

Diferentes processos e compostos são essenciais para que uma semente seja tolerante à dessecação, como por exemplo, o acúmulo de reservas solúveis e insolúveis, a desdiferenciação intracelular, a redução do metabolismo, a presença de um eficiente sistema antioxidante, o acúmulo de proteínas específicas e outros compostos protetores como oligossacarídeos e operação de um sistema de reparo durante a reidratação (PAMMENTER; BERJAK 1999).

Durante a maturação de sementes, a aquisição da tolerância à dessecação pode coincidir com a maturidade fisiológica. A transição de intolerância para tolerância à dessecação tem sido usualmente reportada como uma mudança drástica, ocorrendo em alguns dias e determinada como a tolerância para um nível de secagem (FISCHER et al., 1988; KERMODE; BEWLEY, 1985; LONG et al., 1981).

A secagem lenta promove melhor tolerância à dessecação, presumivelmente devido ao tempo suficiente que é concedido para a indução e a operação dos mecanismos de proteção. OLIVER; BEWLEY (1997) sugeriram que a secagem rápida impede os processos de recuperação e é necessário mais tempo para os reparos na reidratação.

O estabelecimento de dada espécie está ligado à capacidade das sementes germinarem rápida e uniformemente, a fim de suplantarem a concorrência de outras espécies presentes no local, ou pela capacidade de se manterem viáveis por períodos mais longos até que condições ambientais sejam propícias ao desenvolvimento das plântulas (BORGES, 2003). Para tanto, nessas espécies há a mobilização de determinadas reservas que serão úteis para a formação de

estruturas físicas, como a parede celular, ou para a respiração, sintetizando intermediários metabólicos com finalidades diversas (BORGES; RENA, 1993; BORGES, 2003; BUCKERIDGE et al., 2004).

As principais substâncias de reserva das sementes são carboidratos, proteínas e lipídios. A proporção dessa composição pode variar de espécie para espécie e até entre espécies de uma mesma família (BORGES; RENA, 1993; BEWLEY; BLACK, 1994). Essas substâncias são mobilizadas durante a germinação e no decorrer do desenvolvimento das plântulas os produtos degradados são usados para diferentes propósitos, como a geração de energia e a produção de matéria-prima para a construção de novas células e tecidos (MAYER; POLJAKOFF – MAYBER, 1975).

Segundo Laboriau (1970), a germinação de sementes consiste na retomada do crescimento do eixo embrionário que é, inicialmente, determinada pela embebição, seguida pela mobilização de reservas para formação de novas estruturas celulares.

A semente apresenta composição química variável, assim como os demais órgãos da planta. A semente, por ser um órgão formado no final do ciclo vital da planta, caracteriza-se por apresentar, basicamente, dois grupos de componentes químicos: os que são constituintes dos demais tecidos da planta e os que são materiais de reserva. Tais componentes originam-se de elementos acumulados em outras partes da planta que, por translocação, são enviados a este órgão, ou fotossintetizados, por ocasião da formação e do desenvolvimento da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

O conhecimento da composição química é de interesse prático da Tecnologia de Semente, pois tanto o vigor como o potencial de armazenamento das sementes são influenciados pelo teor dos compostos presentes (SINCLAIR; WIT, 1975). Outro aspecto importante é a influência da composição química da semente no gasto das plantas em energia para produzi-las (SINCLAIR; WIT, 1975).

A quantidade total de reservas da semente disponível para uma plântula não é determinada somente pela sua massa, mas é também influenciada pela composição química (KITAJIMA, 1996).

As sementes têm sido estudadas quanto à composição química de suas reservas e tal interesse não se dá apenas por seu teor nutritivo, mas por serem úteis para a produção de produtos industrializados (BUCKERIDGE et al., 2004), entre diversos fins. É interessante o fato de parecer haver relação inversa em sementes oleaginosas entre o conteúdo de óleo e o de proteína (GUIMARÃES, 1999).

A soja é um produto com expressão significativa para a economia externa e interna do Brasil, não só pelo seu valor como grão para consumo, mas pelas possibilidades de utilização devido aos seus teores altos de óleo e proteína e, também, à valorização comercial dos resíduos (RIBEIRO et al., 2004).

Atualmente, o farelo de soja é um dos principais produtos das indústrias no Brasil e a maior parte é para a exportação. O teor de proteína no farelo influencia a determinação de seu valor comercial. Assim, é necessário o desenvolvimento de variedades produtivas e com teor alto de proteína (PIOVESAN, 2000).

A crescente demanda pelo grão é também devido ao fato de a espécie apresentar teores significativos de óleo (cerca de 20%) e proteína (cerca de 40%), essenciais à produção de alimentos no combate da fome mundial, juntamente com elevados níveis de produtividade de grãos (em média 3.000 kg.ha^{-1}). Aliado a estes fatores, a cultura da soja é impulsionada por um novo e potencial mercado, o de Biocombustíveis.

Lípídeos são biomoléculas insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, como o álcool, benzina, éter e clorofórmio. A família de compostos designados por lípídeos é muito vasta. Cada grama de lipídio armazena nove calorias de energia cinética, enquanto cada grama de glicídio ou proteína armazena somente quatro calorias. Os lipídios possuem funções essenciais para o metabolismo celular, tais como auxiliar a manutenção da temperatura dos animais endotérmicos, por meio de uma camada de tecido denominado hipoderme, a qual protege o indivíduo das variações de temperatura e são os compostos bioquímicos mais calóricos em animais e sementes oleaginosas, sendo a principal forma de armazenamento e geração de energia metabólica através da β -oxidação de ácidos graxos.

Os lipídios ocorrem nos vegetais, com mais frequência nas sementes, frutos, folhas e, em menor proporção, em raízes, caules e flores, além de serem uma importante forma de armazenar carbono em muitas sementes de (VOELKER; KINNEY, 2001).

O óleo corresponde, em média, a 20% da matéria seca dos grãos de soja, enquanto que a maioria das Fabaceas contém de 2 a 14% de óleo. Aproximadamente 40% das calorias da soja são fornecidas pelo óleo. A maior parte do óleo de soja é composto por gordura insaturada. Ácidos graxos poliinsaturados (ácido linolênico e linoléico), monoinsaturados (ácido oléico) e saturados (ácido palmítico e esteárico) correspondem, em média, a 61%, 25% e 15%, respectivamente. O ácido linolênico (componente da fração poliinsaturada do óleo), que corresponde, em média, a 7% da composição do óleo, é um ácido graxo ômega-3.

As proteínas são constituintes do protoplasma vivo e assim participam de todos os processos vitais. Das proteínas ingeridas através da dieta humana provêm os aminoácidos necessários tanto para a síntese protéica, que leva à formação de novos tecidos, quanto para a restituição das proteínas que foram catabolizadas. A qualidade nutricional de qualquer proteína está ligada à sua composição de aminoácidos, digestibilidade e capacidade de fornecer aminoácidos essenciais nas quantidades requeridas pela espécie que consome a proteína.

Proteínas de reserva são definidas como sendo aquelas proteínas que possuem como única função conhecida servirem como reserva de aminoácidos, as quais, durante a germinação da semente, são degradadas por enzimas proteolíticas para fornecerem os aminoácidos necessários ao desenvolvimento do embrião (TEIXEIRA, 2003).

As proteínas de reserva disponibilizam os aminoácidos para a formação de novas proteínas durante a germinação (PERNOLLET; MOSSÉ, 1983), porém, podem ter a fração carbonada dos aminoácidos utilizada para consumo respiratório. As enzimas constituem um grupo de proteínas que exerce função importante na catalização de reações químicas de oxidação das substâncias de reserva no suprimento energético e na síntese de novos compostos (CLIFFORD, 1985; BEWLEY; BLACK, 1994).

Nos últimos anos, pesquisas foram desenvolvidas visando a obtenção de grãos com características nutricionais mais interessantes para o consumo humano, utilizando tanto o melhoramento convencional como a biotecnologia. As variações na composição dos grãos de soja, tanto devido ao genótipo quanto ao ambiente, são interessantes para a alimentação, devido à diferença nas características nutricionais, sendo possível utilizar a soja com diferentes finalidades na dieta.

A proporção relativa dos constituintes químicos, contudo, pode variar de acordo com a manipulação genética, práticas agronômicas, manejo pós-colheita e de armazenamento, idade da semente e tratamento aplicado no processo na preparação das sementes para o consumo humano. É influenciada, ainda, pelas condições do ambiente a que foram submetidas às plantas que as originaram (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

Nos Estados Unidos da América, HARTWIG (1973) verificou que as sementes de soja têm teores médios de proteína e de óleo de 40,5 e 21%, respectivamente, enquanto no Estado de São Paulo, Mascarenhas et al. (1982) observaram teores de 35 e 24% respectivamente. As diferenças entre os genótipos cultivados nos dois países com relação a esses compostos são provavelmente decorrência dos fatores ambientais (MASCARENHAS et al., 1991; TANAKA

et al., 1995; TANAKA; MASCARENHAS 1995). Para Hiromoto e Vello (1986), razões genéticas podem ser descartadas, pois, os cultivares recomendados em ambos os países tem bases genéticas semelhantes.

Historicamente, a soja foi melhorada geneticamente com intuito de aumentar a produtividade e o conteúdo de óleo nos grãos. Recentemente alguns programas de melhoramento de soja têm enfatizado o desenvolvimento de variedades mais produtivas, contendo teores altos de proteína (SOARES, 2004).

Segundo Wilcox e Cavines (1992) e Rao et al. (1993), as quantidades de óleo e de proteína também podem ser influenciadas pelo ambiente no qual o vegetal é cultivado. O efeito da temperatura pode explicar as variações na concentração de proteínas, tanto entre locais, como entre anos em um mesmo local (PÍPOLO, 2002).

Helms e Orf (1998) avaliaram o ganho para o aumento do teor de proteína por seleção direta e a resposta correlacionada à produtividade e ao teor de óleo. Os resultados indicaram que, em média, a seleção para alto teor de proteína resultou em diminuição do teor de óleo e da produtividade.

De acordo com Brim (1973), grãos de soja apresentam relação 2:1 entre os teores de proteína e de óleo, respectivamente, enquanto nos grãos de outras espécies esse índice é o inverso. Hartwig (1973) conseguiu aumentar, através do melhoramento, até 50% a concentração de proteínas, mas diminuiu a concentração de óleo e a produtividade de grãos.

Wilcox e Cavins (1995) estudando as correlações entre o teor de proteína e a produção de grãos, por meio de uma série crescente de retrocruzamentos entre dois progenitores contrastantes para estas duas características, verificaram correlação negativa decrescente entre o teor de proteína e a produção de grãos. À medida que os retrocruzamentos foram feitos, obtendo ao final do terceiro retrocruzamento linhagens produtivas e com teor alto de proteína.

A clorofila é a principal responsável pela coloração verde dos vegetais. Uma série de outros pigmentos chamados carotenóides confere a coloração amarela, laranja ou vermelha em muitas flores, folhas senescentes, frutos, sementes e algumas raízes.

As clorofilas a e b, juntamente com alguns carotenoides são pigmentos que captam a energia luminosa necessária para a fotossíntese. Quimicamente, a clorofila é um composto heterocíclico com estrutura tetra – pirrólica chamado porfirina (BOBBIO; BOBBIO, 1989), que ocorre numa variedade de moléculas orgânicas naturais. É uma mistura de duas substâncias relacionadas, clorofila a (verde azulada) e clorofila b (verde amarelada), que se encontram sempre na proporção 3:1 (clorofila b : clorofila a), (BOBBIO; BOBBIO, 1989). A

única diferença entre elas é que a metila (-CH₃) na cadeia lateral da clorofila a é substituída por um grupo aldeído (-CHO) na clorofila b.

Sinnecker (2002), revisando o assunto verificou que as clorofilas são ésteres, solúveis na maioria dos solventes orgânicos (etanol, acetona, benzeno, éter e clorofórmio), mas não são solúveis em água. São extremamente lábeis, sensíveis à luz, ao calor, ao oxigênio e à degradação química e, quando em solução, são fluorescentes. Durante a fotossíntese, parte da energia luminosa absorvida pelos pigmentos cloroplastídicos da folha é reemitida como fluorescência (GLYNN et al., 2003).

Semente de soja pode apresentar a coloração esverdeada, resultado de diversos fatores. A intensidade da ocorrência de sementes esverdeadas em um lote é variável, em função do tipo, da intensidade e de quando ocorrem os estresses, que resultam na morte prematura ou na maturação forçada da planta (PALMER; KILEN, 1987).

Diferentes graus da coloração verde podem ocorrer em sementes de soja, dependendo da fase e da intensidade dos estresses, que possam causar a morte ou a maturação forçada da planta: se a morte prematura da planta ocorrer no final da fase de formação das sementes, a coloração verde estará restrita ao tegumento e poderá diminuir durante o armazenamento, se ocorrer no início ou no meio da fase de formação das sementes, essa coloração se distribuirá por toda a semente e permanecerá estável, mesmo após o armazenamento (MANDARINO, 2005). Bohner (2005), trabalhando nos EUA, descreveu dois tipos de semente esverdeada. Se o tegumento apresenta cor verde e os cotilédones, cor amarela, essa semente será classificada como “Classe 2”; se toda a semente apresenta coloração esverdeada, será classificada como “Semente Danificada”.

O teor de clorofila em sementes de soja é determinado pelo genótipo e tem variação significativa entre os cultivares. O teor pode ser afetado, tanto pelo estágio de maturação como pelas condições de secagem, ou pelas condições climáticas que podem interferir na maturação normal em campo (SINNECKER, 2002).

A existência de sementes verdes de soja pode ser dividida à desuniformidade de maturação e aos ataques de insetos, principalmente percevejos que mantém a haste verde (CÂMARA; HEIFFIG, 2000). Outros fatores que predispõem a soja à expressão de sementes esverdeadas, de acordo com França Neto et al. (2005), são os estresses bióticos e abióticos (déficit hídrico, principalmente quando associado com elevadas temperaturas e a ocorrência de geada intensa), que resultam na morte prematura da planta ou em maturação forçada. Além destes fatores, as doenças da raiz (como fusarioses), do colmo (como cancro da haste) e das

folhas (como a ferrugem asiática) também contribuem para que as sementes permaneçam verdes. O manejo inadequado de lavouras de soja também pode resultar na produção de semente esverdeada. A distribuição inadequada de calcário ou de fertilizantes pode causar a desuniformidade de maturação, o que, por sua vez, resultará na colheita de semente imatura e esverdeada, mesclada com semente amarela e madura.

Guiamét et al. (1991) considerou que a degradação da clorofila é a mais notável das mudanças que ocorrem durante a senescência e é frequentemente usada como um indicador deste processo. Durante o desenvolvimento de sementes de soja o embrião, o tegumento da semente, a parede das vagens e das folhas, normalmente, são verdes e amarelecem durante o processo de maturação da semente. O desenvolvimento das sementes está relacionado com o amarelecimento das paredes das vagens e das folhas, as quais são partes da síndrome da senescência monocárpica. Todavia, para Noodén (1984) a relação entre o desenvolvimento das vagens e a senescência das folhas dificulta a distinção.

Para a maioria das espécies, a quantidade de clorofila nas sementes diminui durante o processo de maturação, ao mesmo tempo a cor da semente muda de verde para uma cor que depende da espécie e varia com a cultivar. Esse processo é chamado “degreening” (WARD et al., 1995; JALINK et al., 1998).

O “degreening” da semente é importante para reduzir a possibilidade da clorofila produzir elétrons livres, os quais podem causar danos oxidativos. A deterioração de sementes durante o armazenamento, frequentemente, é relacionada aos danos oxidativos de radicais livres em proteínas, ácidos nucleicos e membranas (JALINK et al., 1999).

Apesar da importância da transformação da clorofila em seus derivados durante a maturação de sementes de soja, pouco se conhece sobre a fisiologia e a bioquímica de degradação da clorofila (WARD et al., 1992, 1995), durante o processo de maturação e armazenamento de sementes.

No período de maturação das sementes os níveis de clorofila presentes na semente, na fase de colheita, são afetados tanto pelo genótipo como pelas condições climáticas (McGREGOR, 1991). Resultados indicaram que a degradação da clorofila está relacionada com os níveis de teor de água e de etileno (HEATON; MARANGONI, 1996), e que há atuação simultânea desses três fatores durante a maturação da semente.

A degradação completa da clorofila somente pode ser obtida se a soja for colhida a partir do estágio R7 (maturidade fisiológica) e pode ser afetada pelo estágio de maturação,

pelas condições de secagem, por condições climáticas e por produtos químicos dessecantes. (HEALTON; MARANGONI, 1996; SINNECKER, 2002; WARD et al., 1992, 1995).

A maturação das sementes é importante para reduzir a possibilidade da clorofila produzir radicais livres, os quais podem causar danos oxidativos (JALINK et al., 1999) determinantes na longevidade da sementes. As reações oxidativas são em parte responsáveis pela deterioração das sementes armazenadas e envolvem enzimas que podem funcionar em baixa atividade de água (VERTUCCI; LEOPOLD, 1987).

A hipótese que, de forma provável justifica a alteração de fisiologia das sementes, é a ocorrência de estresse hídrico, associado às condições do microclima, a exemplo da alta temperatura do ar (acima de 30°C), baixa umidade relativa (abaixo de 50%), elevada intensidade luminosa, baixa retenção de água no solo, principalmente em solos arenosos e, alta taxa de evaporação, no período considerado fundamental, para a degradação da clorofila, o qual de acordo com Fukushima e Lanfer Marquez (2000), transcorre na passagem do estádio R6 para o estádio R7.

Portanto, sementes imaturas podem apresentar coloração esverdeada, indicando a não completa metabolização da clorofila devido a incompleta formação da semente. Porém a avaliação visual pode ser subjetiva, sujeita, portanto, a erros que nem sempre são percebidos. Assim, torna-se imprescindível a quantificação do teor de clorofila nas sementes (clorofila não degradada), a qual pode ser obtida através da técnica de fluorescência de clorofila.

Adams et al. (1983), estudando soja e Ward et al. (1992, 1995) canola, observaram em campo, que quando a colheita foi realizada em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa, com rápida perda de umidade, ou quando foram aplicados produtos químicos dessecantes na cultura para acelerar o amadurecimento, houve a ocorrência de sementes verdes. Semente esverdeada poderá ocorrer, caso o dessecante venha a ser aplicado antes do estádio ideal, ou quando a sua aplicação é necessária para corrigir situações em que exista desuniformidade de maturação de plantas. Essa prática também é ressaltada por Zorato et al. (2003b) como possível fator que contribui para a produção de semente esverdeada.

A degradação parcial da clorofila em soja deixa como consequência cotilédones esverdeados e tem causado preocupação aos produtores brasileiros, por trazer prejuízos tanto para a indústria de óleos comestíveis como para a produção de sementes.

A presença de grãos esverdeados, além de reduzir o valor comercial (descontos) pode ainda trazer maiores problemas na comercialização de grãos para exportação. Essa hipótese se fundamenta no fato de que para promover as relações de comercialização da soja entre

produtores e compradores, tanto nos mercados nacionais como nos internacionais, cada país desenvolveu suas próprias normas quanto aos procedimentos de padrões de classificação. No Brasil, os limites de tolerância no padrão básico de classificação são menos rigorosos sendo aceitos até 10% de grãos esverdeados. Entretanto, nos Estados Unidos os padrões para grãos de cores que não a amarela é de apenas 1%. O mercado nacional pode se tornar restritivo aos grãos verdes e isto ser relevante para a exportação da soja brasileira (SINNECKER, 2002).

Já para a indústria de óleo a presença de grãos esverdeados causa perdas porque o óleo, com elevado teor de clorofila, proveniente da extração de grãos verdes, tem menor estabilidade oxidativa, causando rancificação e, conseqüentemente, reduzindo a vida útil de prateleira. Além disso, a coloração é mais escura, e comercialmente inadequada e diminui o processo de hidrogenação. A remoção dos pigmentos verdes por adsorção em agentes clarificantes eleva o custo de refinação (ENDO et al., 1984; JALINK et al., 1999; SINNECKER, 2002; USUKI et al., 1984; WARD et al., 1992; WARD et al., 1995).

De acordo com Mandarin (2005), grãos verdes apresentam basicamente o mesmo percentual de proteína que grãos amarelos, entretanto, em média, apresentam de 2% a 3% a menos de óleo, óleo esse que apresentará maior acidez, além de ter um custo maior de refino, pois a remoção da clorofila do óleo exige processos específicos. Como as clorofilas são potentes agentes oxidantes, a qualidade do óleo contaminado com clorofila poderá ser prejudicada, caso o mesmo seja armazenado na presença de luz. Além disso, grãos verdes proporcionam um menor rendimento na produção de isolados protéicos.

Desta forma, é fundamental a compreensão dos fatores que influenciam a qualidade das sementes, pois esta influenciará na população e no desempenho das plantas e na produtividade da cultura. Concomitante a isso, é importante que, em um lote de sementes, seja realizada a remoção das sementes esverdeadas, pois a presença de clorofila afeta de forma negativa a qualidade das sementes.

A lignina é um polímero natural, não carboidrato, constituinte da parede celular dos vegetais, normalmente considerada indigestível e também inibidora da digestibilidade da parede celular das plantas, acentuando a sua ação, à medida que o vegetal amadurece (LEWIS; YAMAMOTO, 1990). Segundo Panobianco (1997), a estrutura química da lignina é muito complexa e ainda não muito bem definida. Em estudos tem sido relatado que as ligninas são polímeros derivados de álcoois “p-coumaryl”, “conyferyl” e “sinapyl”. A lignina é impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica, sendo depois da celulose, o

polímero vegetal mais abundante, encontrando-se em maior quantidade na parede celular, cerca de 60% a 90% (EGG-MENDONÇA, 2001).

A deposição de lignina é importante não só para conferir rigidez e resistência aos tecidos vegetais da planta, tais como caule e folhas, mas especialmente para o tegumento de sementes de soja, sendo correlacionada com a resistência ao dano mecânico (PANOBIANCO, 1997), conferindo ao tecido resistência mecânica e proteção à parede celular contra infestações por microrganismos (RIJO; VASCONCELOS, 1983).

O tegumento apresenta uma função muito importante quanto à resistência das sementes a deterioração (DASSOU; KUENEMAN, 1984). O tegumento 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). O tegumento das sementes também exerce papel importante no processo de germinação, pois é um fator regulador do processo de absorção de água (McDONALD et al., 1988a). Quando esta é impedida, em virtude da impermeabilidade do tegumento, a germinação não ocorre (BRADFORD, 1995). Quando permite a entrada de água na semente, algumas características morfológicas do tegumento podem influenciar o tempo de penetração da água pela interferência exercida no mecanismo de controle de troca de umidade (COSTA et al., 1994). Assim o tegumento é um dos principais condicionantes da germinação, vigor e longevidade de sementes, sendo que suas características, como impermeabilidade à água e teor de lignina, podem estar associadas a suscetibilidade a danos mecânicos, longevidade e potencial de deterioração das sementes, que podem ser influenciadas pelo teor de lignina (CALERO et al., 1981; McDONALD et al., 1988).

O tegumento da semente é proveniente dos integumentos do óvulo, e o integumento externo, ou primina, origina a testa, enquanto o integumento interno, ou secundina, origina o tégmen. Em um corte transversal da testa de uma semente de soja, podem ser distinguidas quatro camadas a partir da superfície: cutícula, epiderme (células paliçádicas ou macroesclerídeos), hipoderme (células em ampulheta ou células pilares ou osteoesclerídeos) e células parenquimatosas (SWANSON et al., 1985). De acordo com Caviness e Simpson Junior (1974), a espessura do conjunto das quatro camadas da testa da semente de soja pode variar de 70 a 100 μm , e pode haver variação entre cultivares. Essa característica é constante dentro de cada cultivar e é controlada geneticamente.

Carboidratos, também conhecidos como hidratos de carbono, são as biomoléculas mais abundantes na natureza, constituídas principalmente por carbono, hidrogênio e oxigênio

podendo apresentar nitrogênio, fósforo ou enxofre na sua composição. Além disso, os carboidratos tem grande importância, devido à sua abundância, além da multiplicidade de usos pelo homem (como fonte de energia).

Dentre as diversas funções atribuídas aos carboidratos, a principal é a energética. Também atuam como elementos estruturais e de proteção na parede celular das bactérias, fungos e vegetais. Os carboidratos são classificados em função do número de átomos de carbono que possuem. A sacarose é o açúcar mais abundante e universal das plantas, devido à sua estabilidade estrutural e solubilidade em água, que o fazem ser o principal carboidrato translocável nas plantas (DIETRICH et al., 1988).

Oligossacarídeos como a rafinose e estaquiose são encontrados em todas as partes das plantas, principalmente nos órgãos de reserva. Estes açúcares, assim como a sacarose, atuam como compostos de reserva de rápida disponibilidade para a planta, como pode ser observado no processo de germinação, onde a rafinose é um dos primeiros compostos metabolizados (BEWLEY; BLACK 1985). Estes mesmos autores afirmam ainda que carboidratos da semente servem como substrato da respiração durante o período pré-germinativo.

Os oligossacarídeos também têm sido relacionados à proteção contra estresses ambientais, evitando a cristalização da sacarose, auxiliando na formação de um estado vítreo, importante processo na tolerância à dessecação em sementes (CAFFREY et al., 1988).

Muitas vezes, a qualidade fisiológica das sementes está relacionada com o momento da colheita. Quando esta é antecipada em relação ao ponto de maturidade fisiológica pode acarretar em menor vigor e quanto mais atrasada estiver em relação a esse ponto, mais avançado será o processo de deterioração. Assim, o potencial de armazenamento das sementes é proporcionalmente reduzido, ficando as mesmas vulneráveis a condições adversas do ambiente (CARVALHO; NAKAGAWA, 1983; BEWLEY; BLACK, 1985). O uso de dessecantes pode constituir em alternativa para superação desses problemas por promover a secagem e queda das folhas, além de fazer com que as sementes percam água rapidamente, possibilitando a realização da colheita em período mais próximo ao ponto de maturidade fisiológica. Contudo, se a aplicação de dessecantes for feita de maneira adequada, poderá haver maior uniformidade de maturação da lavoura, antecipar a colheita em alguns dias e ainda obter sementes de maior qualidade fisiológica e sanitária.

Assim, no processo de produção de sementes, o estabelecimento do momento correto da colheita permite a obtenção de sementes de melhor qualidade fisiológica e sanitária, por evitar danos que possam ocorrer no campo devido às condições climáticas adversas, como

chuvas na pré-colheita, bem como as interferências negativas da ação de pragas e de microrganismos. Além disso, a determinação do momento da colheita permite um melhor planejamento de rotação e sucessão de culturas e a otimização das estruturas de recepção, secagem e beneficiamento de sementes. No entanto, quando as sementes são colhidas antes que a planta complete seu ciclo as mesmas podem apresentar diferenças significativas nos conteúdos de água, óleo e proteína.

Em relação ao fator planta cultivada, o conhecimento sobre as sucessivas etapas de seu desenvolvimento (Fenologia), funcionalidade da espécie (Fisiologia) e interações com o ambiente em que se encontra (Eco fisiologia), é condição básica e necessária para se atingir elevados níveis de produtividade.

Assim, neste trabalho foram utilizados cultivares atualmente produzidas e comercializadas no Brasil, que apresentam sementes com características físicas e nutricionais que podem ser destinadas ao consumo humano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos anos de 2009 e 2010, na área experimental e no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), ambos pertencentes ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil (latitude: 22°42’30”S; longitude: 47°38’00”W; altitude 546m) (Figura 1). Neste local o clima é classificado como Cwa, caracterizado por clima subtropical/tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (KOPPEN, 1938) e o solo classificado como Nitossolo vermelho, eutroférico típico, textura argilosa, “A” moderado. A determinação de proteína, clorofila e carotenoides foi realizada no Centro de Biotecnologia Agrícola (CEBTEC, ESALQ – USP), a determinação de óleo foi realizada na Embrapa Soja (Londrina, PR) e a determinação de carboidratos e lignina foi realizada no Laboratório de Genética e Fisiologia, Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP).

Figura 1 - Mapa de localização da área experimental (GOOGLE, 2012)

A pesquisa foi realizada com dois cultivares de soja, CD – 202 e CD – 224, com quatro repetições cada, distribuídas em blocos casualizados. Os tratamentos foram compostos por momentos de colheita (ao longo do processo de formação das sementes) e pela utilização da secagem artificial. As parcelas experimentais foram constituídas de sete linhas, quatro

metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m entre si. A área útil de cada parcela consistiu de 4,5 m², sendo determinada através da eliminação das duas linhas externas, bem como 1,0 m de cada extremidade das linhas centrais como bordadura. A semeadura foi realizada no dia 04 de novembro do ano de 2009, dentro da época indicada para a semeadura da cultura da soja no estado de São Paulo (COODETEC, 2009). A densidade de semeadura foi calculada de acordo com a germinação das sementes, de forma a obter a população equivalente a 330.000 plantas.ha⁻¹.

A adubação foi fundamentada na análise química do solo e na expectativa de rendimento esperado da ordem de 3.500 Kg.ha⁻¹ (IAC. Boletim Técnico, 100). Foram utilizados 400 Kg.ha⁻¹, da fórmula fertilizante 00 – 20 – 15, correspondendo à recomendação por hectare de 80 Kg de P₂O₅ e 60 Kg de K₂O. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Vitavax[®] - Thiram 200 sc (Carboxina - 20% m.v⁻¹ + Tiram - 20% m.v⁻¹, 300mL.100Kg sementes⁻¹), inseticida Cruiser[®] (Tiametoxam – 35% m.v⁻¹, 300mL.100Kg sementes⁻¹) e inoculadas com Gelfix 5[®] (*Bradyrhizobium japonicum*, estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, com 5x10⁹ unidades formadoras de colônias por mL⁻¹ – 200mL.100Kg sementes⁻¹).

As plantas daninhas foram controladas por meio de capina mecânica e, também, por aplicações químicas, com utilização de Trifluralina Nortox[®] (2,4L.ha⁻¹), Pivot[®] (1,0L.ha⁻¹) e Fusilade 250 EW[®] (2,0L.ha⁻¹).

O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva (e curativa, quando necessário), com os inseticidas Dimilin 80 WG[®] (60g.ha⁻¹), Engeo Pleno[®] (250mL.ha⁻¹) e Tamaron BR[®] (800mL.ha⁻¹) e os fungicidas Opera[®] (0,6L.ha⁻¹) e Nativo[®] (0,6L.ha⁻¹).

As alterações do clima, umidade relativa e temperatura do ar e precipitação, durante o cultivo das plantas de soja foram registradas e disponibilizadas pelo posto meteorológico, gerenciado pelo Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP.

A colheita das sementes foi realizada manualmente, a cada sete dias, baseada nos resultados descritos por Fehr e Caviness (1977), Tabela 1, com início aos 30 dias após o início da floração, período em que as sementes começaram a se formar (R5.1, CD – 202, e R5.2, CD 224), e a última realizada aos 21 dias após o estágio R9, quando as plantas tinham 95% de vagens com a cor da vagem madura, compreendendo 11 momentos de colheita. No entanto, a determinação dos estádios fenológicos das plantas em campo foi baseada na escala de Ritchie et al. (1982), Tabela 2.

Após a colheita, as sementes foram separadas das vagens de forma manual e metade de cada amostra de sementes coletada foi destinada, imediatamente, à realização dos testes fisiológicos (sementes sem secagem ou úmidas). As sementes colhidas foram avaliadas quanto à massa e ao teor de água.

A outra metade de cada uma das amostras foi submetida ao processo de secagem (sementes com secagem ou secas), a 32°C em estufa com circulação de ar. Durante a secagem o teor de água das sementes foi monitorado por meio da aferição da variação da massa das sementes que estavam na estufa, para determinar o momento em que as sementes atingiriam o teor de água de, aproximadamente, 9% para, posteriormente, serem analisadas.

Tabela 1 - Número de dias necessários para alteração dos estádios reprodutivos de desenvolvimento da planta de soja, estabelecido por Fehr e Caviness (1977)

	Número médio de dias	Intervalo de dias
R1 - R2	3	0 a 07
R2 - R3	10	5 a 15
R3 - R4	9	5 a 15
R4 - R5	9	4 a 26
R5 - R6	15	11 a 20
R6 - R7	18	9 a 30
R7 - R8	9	7 a 18

Tabela 2 - Descrição dos estádio reprodutivos da cultura da soja, baseado nas características da planta, dos frutos e das sementes, de acordo com a escala de Ritchie et al. (1982) (adaptada por TRZECIAK et al., 2012)

Estádios Fenológicos	Denominações	Características
R1	Início da floração	Até 50% das plantas com uma flor.
R2	Floração plena	Maioria dos ráceros com flores abertas.
R3	Início da frutificação	Vagens com até 1,5cm de comprimento, no terço superior da haste principal.
R4	Frutificação plena	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 2 – 4cm (“canivete”).
R5.1	Fase inicial de acúmulo de massa	Sementes perceptíveis ao tato: sementes com 10% de volume, no terço superior da haste principal.
R5.2	Fase inicial de acúmulo de massa	Maioria das sementes com volume entre 11 – 25%, no terço superior da haste principal.
R5.3	Fase intermediária de acúmulo de massa	Maioria das sementes com volume entre 26 – 50%, no terço superior da haste principal.
R5.4	Fase intermediária de acúmulo de massa	Maioria das sementes com volume entre 51 – 75%, no terço superior da haste principal.
R5.5	Fase final de acúmulo de massa	Maioria das sementes com volume superior a 75%, no terço superior da haste principal.
R6	Semente formada	Sementes com volume de 100%, no terço superior da haste principal, e folhas verdes.
R7.1	Fase inicial de alteração da cor da vagem	Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
R7.2	Fase inicial de intermediária da cor da vagem	Entre 51 – 75% de folhas e vagens amarelas.
R7.3	Fase inicial de final da cor da vagem	Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
R8.1	Fase inicial da desfolha	Início a 50% de desfolha.
R8.2	Fase final da desfolha	Mais de 50% de desfolha.
R9	Ponto de colheita	95% de vagens com a cor da vagem madura.

Figura 2 - Estádios reprodutivos da planta de soja, baseados na escala de RITCHIE et al. (1982), destacando o desenvolvimento dos frutos e das sementes no interior das vagens, a partir de R3 (BOLETIM DE PESQUISA DE SOJA, FUNDAÇÃO MT, 2006)

R1 – Até 50% das plantas com uma flor; R2 – Maioria dos ráceros com flores abertas; R3 – Vagens com até 1,5cm de comprimento, no terço superior da haste principal; R4 – Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 2 – 4cm (“canivete”); R5.1 – Sementes perceptíveis ao tato: sementes com 10% de volume, no terço superior da haste principal; R5.2 – Maioria das sementes com volume entre 11 – 25%, no terço superior da haste principal; R5.3 – Maioria das sementes com volume entre 26 – 50%, no terço superior da haste principal; R5.4 – Maioria das sementes com volume entre 51 – 75%, no terço superior da haste principal; R5.5 – Maioria das sementes com volume superior a 75%, no terço superior da haste principal; R6 – Sementes com volume de 100%, no terço superior da haste principal, e folhas verdes; R7.1 – Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens; R7.2 – Entre 51 – 75% de folhas e vagens amarelas; R7.3 – Mais de 76% de folhas e vagens amarelas; R8.1 – Início a 50% de desfolha; R8.2 – Mais de 50% de desfolha; R9 – 95% de vagens com a cor da vagem madura.

Em campo foram realizadas as seguintes determinações:

Número de dias para a emergência da plântula (EP) – refere-se ao período entre a semeadura até que 50% das plântulas plantas da área útil emergissem (EP).

Número de dias para a floração (EP – IF) – compreendeu o período entre a emergência das plântulas (EP) e até que 50% das plantas da área útil apresentassem pelo menos uma flor aberta, ou seja, estágio R1 (IF), da escala de Ritchie et al. (1982).

Número de dias para floração plena (IF – FP) – compreendeu o período entre R1 (IF) até que 50% das plantas da área útil ainda tivessem flores, ou seja, estágio R2 (FP) da escala de Ritchie et al. (1982).

Número de dias para a colheita (EP – C) – refere-se ao período entre a emergência das plântulas (EP) até a colheita (C), de acordo com a data estipulada para a realização de cada uma, baseada na escala de Ritchie et al. (1982).

Em laboratório foram realizadas as seguintes determinações:

Produtividade – a produção de sementes da área útil de cada parcela foi determinada pela aferição da massa das sementes e a partir destes dados foi calculado o rendimento ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Para o cálculo do produtividade, o teor de água das sementes foi corrigido para 12%.

Teor de água das sementes - foi determinado pelo método de estufa a 105°C , por 24 horas, com quatro sub-amostras, por cultivar e momento de colheita conforme Brasil (2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de água.

Massa de mil sementes – foram empregadas oito sub-amostras de 100 sementes, por cultivar e momento de colheita, por repetição, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados ajustados para 12% de água e expressos em gramas.

Teste de germinação – foram utilizadas quatro sub-amostras, de 50 sementes, por cultivar e momento de colheita. A semeadura foi realizada em rolo de papel, marca Germitest, umedecido com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco e mantido em germinador em temperatura constante de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram efetuadas conforme critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Primeira avaliação de germinação – foi calculada pela avaliação do percentual de plântulas normais obtidas na primeira avaliação do teste de germinação.

Teste de tetrazólio - foram utilizadas quatro sub-amostras de 25 sementes, por cultivar e momento de colheita. As sementes foram hidratadas com água destilada, em papel, por 16 horas à temperatura média de 25°C . Após o período de hidratação, as sementes foram colocadas em copos plásticos, submersas em solução 0,075 % de sal de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio, por 3 horas, à temperatura de $35^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, em estufa no escuro. Após o período de coloração, a solução foi drenada e as sementes foram lavadas em água corrente. As avaliações de viabilidade foram realizadas de acordo com os critérios de França Neto et al. (1998). Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

Coloração do tegumento – foram utilizados os mesmo procedimento para realização do teste de tetrazólio e após o período de coloração, a solução foi drenada e as sementes foram lavadas

em água corrente. As sementes foram avaliadas individualmente e foram registradas as que tinham o tegumento com coloração vermelha. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes com tegumento colorido.

Teste de envelhecimento acelerado - foram utilizadas quatro sub-amostras de 50 sementes, por cultivar e momento de colheita. As sementes foram distribuídas, em camada única e uniforme, sobre uma tela de alumínio fixada no interior de caixa plástica transparente, (com tampa, capacidade para 250 mL e medidas 11x11x3,5 cm), contendo 40mL de água destilada e a seguir colocadas em câmara tipo BOD, regulada a $41^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por 48 horas. Após foi conduzido o teste de germinação, com avaliação aos cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de condutividade elétrica – as sementes, com massa previamente determinada, foram submetidas ao teste de condutividade elétrica, utilizando quatro repetições de 50 sementes, por cultivar e momento de colheita. As sementes foram colocadas em recipientes plásticos (para hidratar), contendo 75mL de água destilada, por período de 24 horas à temperatura de 20°C . Após esse período foi realizada a leitura da condutividade elétrica e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g de semente}^{-1}$.

Emergência da plântula em areia – foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes, por cultivar e momento de colheita, dispostas em caixas plásticas (com volume de oito litros), sendo três partes de areia e uma de solo. A avaliação foi realizada em uma única vez, no décimo dia após a semeadura, registrando o número de plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em percentual de plântulas emersas.

Teor de óleo – para essa determinação as amostras foram coletadas, a seguir congeladas em nitrogênio líquido, a -196°C , por, aproximadamente, 1h, e, então, mantidas em ultra freezer, a -80°C , por, aproximadamente, seis meses. Antes da realização das análises, as sementes foram liofilizadas, a -50°C , por, aproximadamente, 40h. Ao término do processo de liofilização, para cada cultivar e momento de colheita, foram avaliadas quatro repetições de 1,5g de sementes de soja previamente moídas (moinho tipo micro – Wiley – Marconi, com classificação por tamanho em peneira de 60 *mesh*). A determinação do teor de óleo foi realizada por meio do método de extração química, em aparelho de Soxhlet e o solvente

utilizado foi o N – hexano (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). Os resultados foram expressos em percentual de óleo em base seca.

Quantidade de óleo – os resultados foram obtidos através da relação entre teor de óleo (%) e produtividade (kg.ha^{-1}) e foram expressos em litros de óleo. ha^{-1} .

Teor de proteína – para essa determinação as amostras foram coletadas, a seguir congeladas em nitrogênio líquido, a -196°C , por, aproximadamente, 1h, e, então, mantidas em ultra freezer, a -80°C , por, aproximadamente, seis meses. Antes da realização das análises, as sementes foram liofilizadas, a -50°C , por, aproximadamente, 40h. Ao término do processo de liofilização as sementes foram moídas em moinho tipo Micro – Wiley (Marconi), com classificação por tamanho em peneira de 60 *mesh*. De cada tratamento foi coletado 1,0 g de material vegetal, ao qual foram adicionados 2,0 mL da solução de extração, feita com tampão TRIS – HCl (50 mM, pH 7,5), Mercaptoetanol (2 mM) e EDTA (1 mM). Esse material foi homogeneizado, transferido para tubos “Eppendorf” e centrifugado a 10.000 rpm, durante 10 minutos, a 4°C . O sobrenadante foi transferido para outro “Eppendorf”, para a homogeneização por agitação mecânica, por 15 minutos. Em seguida, foi determinada a concentração de proteína. Para a determinação da concentração de proteína total solúvel (PTS) foi utilizado método descrito por Bradford (1976). A reação foi feita com 20 μL do extrato e 1,0 mL de reagente de Bradford e a leitura da quantidade de proteína total solúvel foi realizada em espectrofotômetro Hitachi, modelo U – 3210, a 595 nm. Os teores de proteína das amostras foram calculados a partir da curva padrão preparada com albumina de soro bovino (BSA), Figura 3. Os resultados foram expressos em percentual de proteína em base seca.

Figura 3 - Relação entre a absorbância e a quantidade de albumina (mg) de soro bovino

Quantidade de proteína – os resultados foram obtidos através da relação entre o teor de proteína (%) e produtividade ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) e foram expressos em Kg de proteína. ha^{-1} .

Determinação da clorofila – Para determinação da quantidade de clorofila foram utilizados os métodos de Lee et al. (1987) e Moran (1982), modificados. Para tanto, foi utilizado 1g de sementes, por cultivar e momento de colheita. As sementes foram coletadas e congeladas em nitrogênio líquido, conservadas em ultra freezer -80°C e depois liofilizadas. Ao término do processo de liofilização as sementes de cada amostra foram moídas em moinho tipo micro-wiley (Marconi), e, em seguida, esse material foi classificado, utilizando peneira de 60 *mesh*, de acordo com os métodos ASTM E 1757-01 (2001) e TAPPI T264 (1999). O material moído foi incubado no escuro à temperatura ambiente em frascos tipo “Eppendorf” contendo 1,0 mL de N,N – Dimetilformamida, durante 72 horas. Após este período, os pigmentos foram determinados em espectrofotômetro, marca Hitachi, modelo U – 3210, com leituras em 646,8 e 663,8 nm. O resultado de clorofila foi composto pelo somatório da clorofila “a” com a clorofila “b”. Os valores de absorbância foram aplicados nas equações (1) e (2) para determinação da quantidade de clorofila “a” e clorofila “b” de cada amostra. Os resultados foram expressos em percentual de clorofila em base seca.

$$\text{Clorofila } a = 12 \times \text{ABS}_{663,8} - 3,11 \times \text{ABS}_{646,8} \quad (1)$$

$$\text{Clorofila } b = 20,78 \times \text{ABS}_{646,8} - 4,88 \times \text{ABS}_{663,8} \quad (2)$$

$$\text{Clorofila Total} = \text{Clorofila } a + b$$

Determinação de carotenoides – Para determinação do teor de carotenóides foram utilizados os métodos de Lee et al. (1987) e Moran (1982). Para tanto, foi utilizado 1g de sementes, por cultivar e momento de colheita. As sementes foram coletadas e congeladas em nitrogênio líquido, conservadas em ultra freezer -80 °C e depois de liofilizadas. Ao término do processo de liofilização as amostras foram moídas, em moinho tipo micro – wiley (Marconi), e em seguida, esse material foi classificado, utilizando peneira de 60 *mesh*, de acordo com os métodos ASTM E 1757 – 01 (2001) e TAPPI T264 (1999). O material moído foi incubado no escuro a temperatura ambiente em frascos tipo “Eppendorf” contendo 1,0 mL de N,N – Dimetilformamida + HCl, durante 72 horas. Após este período os pigmentos foram determinados em espectrofotômetro, marca Hitachi, modelo U – 3210, com leituras em 480 nm. O teor de carotenóides foi calculado com a eq. (3) e o resultados foram expressos em percentual de carotenoides em base seca.

$$\text{Carotenóides} = 1.000 \times \text{ABS}_{480} - 1,12 \times \text{Cl } a - 34,07 \times \text{Cl } b/245 \quad (3)$$

Teor de carboidratos e lignina – para essa determinação as amostras foram coletadas, a seguir congeladas em nitrogênio líquido, a -196°C, por, aproximadamente, 1h, e, então, mantidas em ultra freezer, a -80°C, por, aproximadamente, seis meses. Antes da realização das análises, as sementes foram liofilizadas a -50°C por, aproximadamente, 40h. Ao término do processo de liofilização, para cada cultivar e momento de colheita, quatro repetições de 0,5g de sementes de soja previamente moídas (moinho tipo micro – Wiley – Marconi, com classificação por tamanho em peneira de 60 *mesh*), de acordo com os métodos ASTM E 1757 – 01 (2001) e TAPPI T264 (1999). O teor de água do material foi determinado utilizando a estufa (104°C) (SLUITER et al., 2005). O teor de carboidratos constituiu a soma dos resultados dos carboidratos não estruturais e estruturais.

Para a determinação dos carboidratos não estruturais (glicose, frutose e sacarose) foi aferida massa de, aproximadamente, 100 mg de sementes moídas em tubos “Eppendorf” de 2mL e adicionados 1,5 mL de água ultrapura. Os tubos foram incubados por uma hora em banho-maria (80°C) e, em seguida, os materiais foram centrifugados a 14.000 rpm, por 20 minutos. O sobrenadante resultante foi utilizado para a determinação da composição dos carboidratos solúveis por cromatografia líquida de alta eficiência de troca aniônica com detecção por amperometria pulsada,

utilizando o HPAE – PAD (*High Performance Anion Exchange – Pulsed Amperometric Detection*) (FARDIM; DURÁN, 2001; ASTM E 1758 – 01, 2001). As curvas de concentração para os carboidratos foram construídas com os respectivos padrões: D-glicose, frutose e sacarose, todos da Sigma®. As determinações foram realizadas no equipamento ICS 2500, HPAE-PAD Dionex® equipado com DS50 gradiente; detector amperiométrico ED50 com eletrôdo de ouro e um amostrador automático AS50. Os eluentes utilizados 20mM de NaOH (para arraste) e 200mM de NaOH (para limpeza), com fluxo de 0,25 mL min⁻¹ e 1.500 psi de pressão no sistema. A coluna utilizada foi a de troca aniônica Dionex® CarboPac PA1 (4 x 250 mm) com coluna-guarda CarboPac PA10 (4 x 50mm), e o detector amperométrico associado ao eletrôdo de ouro foi ajustado com os seguintes potenciais: +100mV (0 a 200ms), +100mV de integração (200 a 400ms), -2000mV (410 a 420ms), +600mV (430ms) e -100mV (440 a 500ms).

As sementes moídas, ainda em meio aquoso, após a retirada dos carboidratos não estruturais, foram utilizadas para a determinação dos carboidratos componentes da parede celular (fucose, arabinose, ramnose, galactose, glicose e xilose). Para determinação destes componentes foi utilizada a hidrólise ácida (H₂SO₄ 12 mol.L⁻¹) dos carboidratos de acordo com a método descrito por Effland (1977), e com a norma ASTM E 1758 – 01 (2001). O ácido sulfúrico utilizado nos experimentos foi padronizado (24 N, densidade de 1,6338g.cm⁻³ à temperatura de 10°C) de acordo com as normas TAPPI T222 om – 88 (1998).

Em tubos de 30 mL, foi aferida massa de, aproximadamente, 100 mg de matéria seca (triplicata) das sementes (livre de extrativos). Foram adicionados 1 mL de H₂SO₄ (12 mol.L⁻¹) e mantidas ao banho maria (30°C) por 1 hora, com agitação com bastão de vidro em intervalos de 10 minutos. Após este período foram adicionados 28 mL de água ultrapura. As amostras foram submetidas a um processo de autoclavagem (121°C, 15 psi) por 1 hora, seguido de resfriamento em banho de gelo, para completa paralisação do processo de hidrólise. O resíduo proveniente do processo de autoclavagem foi filtrado com membrana de microfibras de vidro GF-1 (47 mm) (*Macherey-Nagel*) acoplada ao copo de filtragem (placa porosa), utilizando uma bomba de vácuo. Ao filtrado foram adicionados 200 mL água ultrapura. Após a hidrólise ácida o hidrolisado (filtrado) foi utilizado para a determinação da composição dos carboidratos estruturais (fucose, arabinose, ramnose, galactose, glicose e xilose), por cromatografia líquida de alta eficiência de troca aniônica com detecção por amperometria pulsada, utilizando o HPAE-PAD (*High Performance Anion Exchange – Pulsed Amperometric Detection*) (FARDIM; DURÁN, 2001; ASTM E 1758 – 01, 2001). As

curvas de concentração para cada monossacarídeo foram elaboradas com os respectivos padrões: L- fucose, L-arabinose, L-rhamnose, D-galactose, D-glicose e D-xilose, todos da Sigma[®].

A lignina foi determinada por método gravimétrico. O resíduo proveniente da filtragem do carboidratos estruturais, ou seja, a fração residual retida na membrana foi determinada como teor de lignina (ASTM D 1106-96, 2001). Os resultados obtidos foram expressos em percentual de carboidratos e lignina em base seca.

Método estatístico

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em que cada bloco continha uma unidade experimental de cada cultivar, distribuída de forma casualizada, em esquema fatorial de onze (momentos de colheita) x dois (sem secagem e com secagem), com quatro repetições.

Dados contínuos

Aos dados que consistiam de variáveis contínuas, foram ajustados modelos normais, com posterior verificação das pressuposições do modelo: homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos. Quando necessário, os dados foram transformados. A verificação de normalidade foi feita com o teste de Shapiro – Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e a homogeneidade de variâncias foi testada com o teste de Hartley (HARTLEY, 1950).

Os dados referentes à condutividade elétrica foram analisados com transformação logarítmica ($\log(x + 0,5)$).

As variáveis produtividade, teor de água, massa de 1000 sementes e quantidades de óleo e de proteína atenderam as pressuposições do modelo matemático (homogeneidade de variâncias e distribuição normal).

Os dados foram submetidos à análise de variâncias e para as variáveis que apresentaram significância, as comparações múltiplas foram feitas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Dados de proporções

Dados de proporções, em geral, são analisados usando um modelo de regressão binomial que é um modelo linear generalizado (NELDER; WEDDERBURN, 1972). Se

supomos que o número de sucessos Y_i , de um total de m_i ensaios, $i = 1, 2, \dots, n$, são variáveis aleatórias, o modelo binomial padrão assume que $Y_i \sim \text{Bin}(m_i, \pi_i)$, em que π_i é a probabilidade de ocorrer um sucesso, com média $\mu_i = E(Y_i) = m_i \pi_i$ e variância $\text{Var}(Y_i) = m_i \pi_i (1 - \pi_i)$. O modelo linear generalizado permite modelar as proporções esperadas π_i em termos de variáveis explanatórias x_i (efeitos de tratamentos e covariáveis) através de $g(\pi_i) = x_i' \beta$, em que g é uma função de ligação adequada e β é o vetor de parâmetros. A função de ligação mais comum é a logit, isto é, $g(\pi_i) = \ln[\pi_i / (1 - \pi_i)]$, mas outras escolhas comuns são o probito e o complemento log – log.

Para um modelo bem ajustado, a *deviance* residual (uma medida do ajuste do modelo) tem que ser igual ao número de graus de liberdade do resíduo. Quando isso não acontece, uma explicação é que a variação pode, simplesmente, ser maior que a esperada pelo modelo e este fenômeno é descrito como superdispersão (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Uma maneira de modelar a superdispersão é mudar a função de variância do modelo original por uma forma mais geral dada por $\text{Var}(Y_i) = \phi m_i \pi_i (1 - \pi_i)$ e usar um método de quase – verossimilhança para estimar β e o parâmetro adicional ϕ (chamado fator de heterogeneidade).

Os dados referentes aos testes de germinação, tetrazólio, emergência da plântula, primeira avaliação da germinação e envelhecimento acelerado e aos teores de óleo, de proteína, de clorofila, de carotenoide, de lignina e de carboidrato foram analisados com um modelo linear generalizado do tipo quasi – binomial.

As comparações múltiplas foram feitas a partir dos intervalos de confiança obtidos para as médias, segundo o modelo utilizado.

As análises estatísticas foram realizadas com o *software* R, em sua versão 2.13.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima é condicionado pela pressão atmosférica e geralmente em altitude elevada o ar é mais rarefeito e o vapor d'água é menos abundante, favorecendo a obtenção de sementes de soja de melhor qualidade. Uma vez que, essas sensíveis aos ambientes quentes e úmidos no período de maturação, que causam a redução da qualidade das sementes produzidas (DAJOZ, 1981). Essa situação é agravada, principalmente, se tais condições estiverem associadas a temperaturas superiores a 24°C (COSTA et al., 1994).

Em relação à umidade relativa do ar (UR) (Figura 4), é possível observar que a mesma permaneceu ao redor de 90% até o início do período de formação das sementes (R5.1 – 3º decêndio de janeiro), com valores entre 60 e 100%. A partir deste período, ou seja, do meio para o final do ciclo de cultivo, ocorreu decréscimo da umidade relativa do ar, com valores de 55 a 100%.

Figura 4 - Variações de umidade relativa do ar, durante a produção de sementes de soja, cultivares CD – 202 e CD – 224

A temperatura do ar (Figura 5) durante o cultivo da soja, dos cultivares CD – 202 e CD – 224, manteve-se ao redor de 25 °C, desde o período de semeadura até meados de março, entre 20 a 30 °C, aproximadamente. Após este período ocorreu decréscimo na temperatura, sendo de 20 °C, aproximadamente, com valores entre 15 e 25 °C, até o final das colheitas. As

temperaturas mais altas foram as dos meses de novembro e fevereiro, correspondendo aos períodos de semeadura e formação de sementes, respectivamente.

A planta de soja é influenciada pelo comprimento do dia, ou melhor, pela extensão do período de ausência de luz para a indução floral, pois a duração do período de escuridão determina a indução ao florescimento e não o número de horas de luz. Porém, a floração da soja é somente induzida quando a temperatura é superior a 13°C (EMBRAPA, 2003).

As diferenças de data de floração, entre anos, apresentadas por um cultivar semeado em uma mesma época, são devidas às variações de temperatura. Assim, a floração precoce ocorre, principalmente, em decorrência de temperaturas mais altas, podendo causar redução da altura de planta. Esse problema pode ser agravado se, paralelamente, houver insuficiência hídrica e, ou, fotoperiódica durante a fase de crescimento (EMBRAPA, 2003). Quando a planta de soja é cultivada em regiões com menor latitude ou quando a semeadura é retardada, há redução do porte das plantas, da altura de inserção da primeira vagem, da área foliar e da produtividade (SEDIYAMA et al., 1972). Com o aumento da latitude também pode ocorrer retardamento da floração.

A temperatura ideal para o cultivo da soja oscila entre 20°C e 30°C. A semeadura não deve ser realizada quando a temperatura do solo for inferior a 20°C, pois a germinação da semente e a emergência da plântula serão comprometidas. Para que a emergência da plântula seja rápida e uniforme, a temperatura ideal do solo para semeadura é de 25°C. Temperaturas inferiores a 10°C são impróprias ao cultivo da soja, pois o crescimento vegetativo da planta é pequeno ou nulo. Por outro lado, temperaturas superiores a 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento (EMBRAPA, 2006).

A data de floração é influenciada pela temperatura. Durante o ciclo de desenvolvimento da planta quando é inferior a 24°C ou superior a 38°C há atraso da floração (VERNETTI, 1983).

Figura 5 - Variações de temperatura do ar, durante a produção de sementes de soja, cultivares CD – 202 e CD – 224

Para as condições tropicais brasileiras, em que predominam temperaturas altas e excesso de chuvas no período de maturação da soja, Costa et al. (1994), França Neto e Krzyzanowski (2000) e Costa et al. (2001) argumentaram que a alternativa mais viável para produção de sementes de alta qualidade, é a escolha de regiões com altitude superior a 700m, onde predomine clima ameno e seco no período da maturação à colheita, ou ajustar a data de semeadura, para ocorrência da maturação em condições ambientais favoráveis. Buscando alternativas para a produção de sementes de soja de elevada qualidade, hoje em dia produtores de sementes realizam a produção em um estado ou região diferente do qual será realizada a comercialização e a utilização destas sementes.

A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da planta de soja, germinação-emergência da plântula e floração-formação das sementes (EMBRAPA, 2003).

Nesta pesquisa, no início do ciclo de cultivo das plantas de soja a quantidade de precipitação pluvial (Figura 6) foi crescente, sendo de $6,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, atingindo o máximo em meados de dezembro ($8,5 \text{ mm.dia}^{-1}$) e decrescendo ao longo do ciclo sendo em, aproximadamente, $1,0 \text{ mm.dia}^{-1}$, no final das colheitas. No 1º decêndio de novembro, época da semeadura, houve precipitações de, aproximadamente, $6,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, sendo crescente até os primeiros dias de dezembro, atingindo $8,0 \text{ mm.dia}^{-1}$. Neste período foi utilizado sistema de irrigação (por aspersão), pois a disponibilidade de água é fundamental para uniformizar a

germinação das sementes e a emergência das plântulas. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar a germinação e deste período até a emergência da plântula, tanto o excesso quanto o déficit de água são prejudiciais à uniformidade da população de plantas. Nessa fase, o conteúdo de água do solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50% (EMBRAPA, 2003).

No 3º decêndio de dezembro (Figura 6), quando ocorreu a floração, para as plantas dos dois genótipos, ocorreram precipitações de, aproximadamente, $8,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, não sendo necessária a utilização de irrigação, para suprir a necessidade de água. Finalmente, já no período de formação das sementes, a partir do 3º decêndio de janeiro até o fim do ciclo das plantas, houve redução na precipitação e foi necessária a irrigação para suprir a deficiência de água.

De maneira geral as condições de clima foram favoráveis ao crescimento das plantas, à frutificação e à formação e maturação das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224.

Figura 6 - Precipitação pluvial total (mm.decêndio^{-1}), durante o cultivo das plantas de soja, cultivares CD – 202 e CD – 224

O uso de uma linguagem unificada para a descrição dos estádios de desenvolvimento das plantas agiliza o entendimento, porque facilita a comunicação entre o diversos públicos envolvidos na cadeia produtiva da soja, uniformizando a linguagem e eliminando as interpretações subjetivas, que porventura possam existir. Portanto, o método de descrição dos

estádios de desenvolvimento da planta de soja deve ser única e objetiva, precisa e universal, capaz de descrever um único indivíduo ou uma lavoura inteira e ser capaz de descrever qualquer cultivar.

O método para a descrição dos estádios de desenvolvimento proposto por Fehr e Caviness (1977), durante muito tempo, foi o mais utilizado no mundo. Porém houve a necessidade, por parte de pesquisadores, agentes de assistência técnica pública e privada e produtores, de subdividir estes estádios, para precisão ao determinar algum evento durante o ciclo de cultivo da soja. Esta alteração foi proposta por Ritchie et al. (1982) e utilizada neste trabalho para identificação dos estádios fenológicos das plantas de soja.

Observando os dados referentes às datas de semeadura e às das colheitas, dos dias para a floração, dos ciclos e dos estádios fenológicos de cada cultivar (Tabela 3) há variação entre os cultivares, no que se refere ao número de dias para a floração. As plantas do cultivar CD – 202 floresceram aos 37 dias após a emergência da plântula, dois dias antes das plantas do cultivar CD – 224. O período para atingir o florescimento pleno, foi de 43 e 45 dias, respectivamente. Foi possível observar que o número de dias para atingir o florescimento pleno está dentro dos intervalos descritos pela COODETEC (2012), que são de 46 a 60 dias para o cultivar CD – 202 e 48 a 68 dias para o cultivar CD – 224.

Apesar das plantas do cultivar CD – 224 terem atingido a fase reprodutiva dois dias após as do CD – 202, não houve diferença em relação à duração da fase reprodutiva e as colheitas foram em estádios fenológicos equivalentes. Já, em relação ao ciclo e ao período entre a emergência das plântulas e a colheita das sementes, houve a mesma diferença em dias, uma vez que o cultivar CD – 202 atingiu a fase reprodutiva dois dias antes do CD – 224, evidenciando a diferença na fase vegetativa.

A duração dos ciclos das plantas foi de 122 dias para o cultivar CD – 202 e de 124 dias para o cultivar CD – 224. Estes resultados estão de acordo com os intervalos descritos para estes cultivares, que são de 116 a 130 e 116 a 134 dias, respectivamente (COODETEC, 2012).

De acordo com os dados propostos por Fehr e Caviness (1977), Tabela 1, o intervalo entre os estádios fenológicos das plantas de soja é de sete dias. No entanto, os resultados desta pesquisa (Tabela 3) e da escala proposta por Ritchie et al. (1982), Tabela 2, indicaram que o ideal, para estudos de maturação, é a colheita das plantas em intervalo de três dias.

Tabela 3 - Estádios fenológicos, datas da semeadura (S) e da emergência da plântula (EP), período (dias) compreendido entre a emergência da plântula e o início da floração (EP – IF), data do início da floração (IF), período (dias) entre o início da floração (IF) e o florescimento pleno (FP), data do florescimento pleno (FP), colheita (dias após a antese – DAA) e data e período (dias) entre a emergência da plântula (EP) e as colheitas (C), das sementes de soja, dos cultivares CD – 202 e CD – 224

Cultivar	Estádio Fenológicos	Data S	Data EP	EP - IF	IF	IF - FP	FP	Colheita		EP - C
								DAA	Data	
CD - 202	R5.1							30	22 jan 2010	73
	R5.3							37	29 jan 2010	80
	R5.4							44	05 fev 2010	87
	R6							51	12 fev 2010	94
	R7.1							58	19 fev 2010	101
	R7.3			37	17 dez 2009	6	23 dez 2009	65	26 fev 2010	108
	R8.2							72	05 mar 2010	115
	R9							79	12 mar 2010	122
	R9+1							86	19 mar 2010	129
	R9+2							93	26 mar 2010	136
	R9+3	04 nov 2009	10 nov 2009					100	02 abr 2010	143
CD - 224	R5.2							30	24 jan 2010	75
	R5.4							37	31 jan 2010	82
	R5.5							44	07 fev 2010	89
	R6							51	14 fev 2010	96
	R7.1							58	21 fev 2010	103
	R7.2			39	19 dez 2009	6	25 dez 2009	65	28 fev 2010	110
	R8.1							72	07 mar 2010	117
	R9							79	14 mar 2010	124
	R9+1							86	21 mar 2010	131
	R9+2							93	28 mar 2010	138
	R9+3							100	04 abr 2010	145

Analisando as sementes quanto ao teor de água (Tabela 4), houve similaridade de resultados para os dois cultivares e os valores foram significativamente superiores no início do processo de formação das sementes (CD – 202, 81,00% e CD – 224, 80,98%), decrescendo até o estágio R9 (CD – 202 14,70% e CD – 224 16,61%). A partir deste estágio, para os dois cultivares, ocorreu aumento no conteúdo de água das sementes, proveniente de flutuações diárias da umidade relativa do ar (Figura 4) e a ocorrência de precipitações (Figura 6).

Quando as sementes começaram a se formar tinham teor alto de água, ao redor de 80%, pois essa é fundamental para que ocorra o transporte de substâncias. No decorrer desse processo as sementes “trocam” água por fotoassimilados, causando a redução do teor de água e o aumento da matéria seca. Isto ocorreu, geralmente, até o estágio R7, quando, a partir desse estágio as alterações no conteúdo de água relacionaram-se às alterações da umidade relativa do ar e à ocorrência de precipitações.

O teor alto de água no início do processo de formação das sementes pode ser explicado pelo fato de que nos estádios iniciais do processo de formação das sementes há aumento das dimensões características dos frutos e das sementes, em razão do acúmulo de matéria seca e a menor perda de água (MENDES et al., 2006; CARVALHO et al., 2008). De acordo com Corvello et al. (1999) a manutenção do teor alto de água nas sementes no início do processo de maturação é necessário para que os produtos fotossintetizados nas folhas sejam depositados nas sementes em desenvolvimento, para serem utilizados como fonte de formação e, posteriormente, como reserva.

Em relação à massa de 1000 sementes (Tabela 4), ocorreu variação crescente ao longo do processo de formação das sementes, que para as sementes do cultivar CD – 202 aumentou até o estágio R9 enquanto que para as do cultivar CD – 224 até o estágio R8.1. As sementes apresentaram aumento da massa de 1000 sementes ao longo do ciclo de formação, devido à translocação e ao acúmulo de fotoassimilados. Geralmente as sementes ganham massa até o estágio R7, pois a partir desse momento atingem a maturidade fisiológica e desligam-se da planta mãe, interrompendo assim o transporte de substâncias da planta para as sementes. Porém é possível observar, pelos dados da Tabela 4, que a massa de 1000 sementes aumentou mesmo após a maturidade fisiológica, estádios R9+1 (CD – 202) e R8.1 (CD – 224). Desta forma, não ocorreu interrupção do fluxo de seiva da planta mãe para as sementes, ou seja, as sementes permaneceram ligadas à planta não somente fisicamente mas, também, fisiologicamente.

De acordo com Dias (2001) a semente recebe os produtos da fotossíntese, o que resulta em aumento no conteúdo de matéria seca, representada por proteínas, lipídios, açúcares e outras substâncias, até atingir valor máximo, quando cessa a translocação da planta para a semente.

Informações da literatura indicam que o ponto de maturidade fisiológica em sementes de soja é atingido quando a semente tem valores máximos de massa seca, germinação e vigor (BARROS, 1986; DELOUCHE; BASKIN, 1973; HOWELL et al., 1959; MARCOS FILHO, 1980, 1986; McDONALD Jr., 1975; POPINIGIS, 1985). Porém, Ellis e Pieta Filho (1992), trabalhando com sementes de cevada, sugeriram que o máximo potencial fisiológico das sementes de cevada e de trigo ocorre após o máximo acúmulo de matéria seca, razão para proporem o termo “maturidade de massa” para separar a ocorrência da máxima massa de matéria seca do máximo vigor das sementes. Assim, é possível considerar que o termo “maturidade de massa” também é aplicável às sementes de soja.

A planta de soja apresenta características de plasticidade, ou seja, capacidade de adaptar-se às condições ambientais e de manejo. Ventimiglia et al. (1999) estimaram a produtividade em lavouras de soja, através da quantificação das estruturas reprodutivas (flores e vagens) e afirmaram que a forma com que flores e vagens são fixadas pode ser explicada por duas teorias. Uma, indica que a fixação é limitada pela fonte ou tem uma limitação nutricional (causada pela capacidade fotossintética) e a outra, indica um controle hormonal, em que as estruturas mais desenvolvidas ou com prioridade de demanda, teriam, além da própria demanda, mecanismos que inibem a fixação de estruturas menos desenvolvidas. Relataram ainda, que se todas as flores presentes em R2 (florescimento pleno) se transformassem em vagens o rendimento poderia ter sido de 18.000 Kg ha⁻¹, ao passo que se todos os frutos formados até R5 (início do processo de formação das sementes) atingissem a maturidade o rendimento seria de 10.000 Kg ha⁻¹, enquanto o rendimento em R8 foi de 4.600 Kg ha⁻¹.

Os resultados relacionados à produtividade (Tabela 4) foram significativamente inferiores nos estádios R5.1 para as sementes do cultivar CD – 202 e R5.2 para as do cultivar CD – 224. No entanto, houve aumento significativo até R7 (maturidade fisiológica) quando a produtividade foi máxima. No estágio R9+3 ocorreu decréscimo da produtividade, para os dois cultivares, devido as perdas por deterioração em campo, causadas por precipitações pluviais.

Produtividades superiores somente são obtidas quando as condições ambientais são favoráveis durante todos os estádios de desenvolvimento da cultura (HERMAN, 1997). Nessa pesquisa, a produtividade obtida foi superior à média estadual (2.788 Kg.ha^{-1}) e nacional (3.115 Kg.ha^{-1}) (CONAB, 2012) e também superior à produtividade esperada (3.500 Kg.ha^{-1}), de acordo com a adubação realizada. Isto foi devido ao período correto de semeadura e ao fornecimento das condições necessárias para o desenvolvimento da planta (água, nutrientes, temperatura e radiação), bem como ao manejo utilizado (eliminação de plantas daninhas, aplicação de inoculante, fungicida e inseticida).

Os valores obtidos para massa de 1000 sementes (Tabela 4), ajustados para 12% de teor de água, 181,00g (R9+1) e 149,21g (R8.1), para as sementes dos cultivares CD – 202 e CD - 224, respectivamente, foram superiores aos valores médios descritos para estes cultivares, que são de 159g e 127g, respectivamente (COODETEC, 2012), confirmando dessa maneira a adequação dos fatores de produção relacionados ao cultivo das plantas de soja.

Desta forma, houve acúmulo da massa de 1000 sementes (Tabela 4) até os estádios R9+1 para as sementes do cultivar CD – 202 e R8.1 para as sementes do cultivar CD – 224, indicando que até estes estádios as sementes estavam ligadas à planta mãe. Paralelamente foi verificado decréscimo gradativo e contínuo do teor de água, ou seja, a planta mãe controlou o processo de dessecação das sementes (Tabela 4).

A massa de 1000 sementes é, dentre os coeficientes de rendimento, aquele que apresenta a menor variação percentual em função das alterações do ambiente. Pois, em condições adversas, a planta preferencialmente formará poucas vagens e poucas sementes nas vagens fixadas, ao invés de várias e mal formadas, pois biologicamente a planta garante a perpetuação da espécie.

Assim, a continuidade da translocação de fotoassimilados da planta para a semente, representada pelo aumento da massa de 1000 sementes não tem relação direta com a produtividade de massa pois, conforme sugeriram Heitholt et al. (1986) pode ocorrer a deiscência de vagens no final do ciclo, reduzindo assim o número total de sementes por planta e, conseqüentemente, não correspondendo ao aumento da produtividade.

Tabela 4 - Teor de água, massa de 1000 sementes (M 1000) e produtividade (P), (média $\pm$ EP), das sementes de soja, recém colhidas, dos cultivares CD – 202 e CD – 224, nos diferentes momentos de colheita

Estádios Fenológicos	Teor de água (%)	Massa 1000 Sementes (g) (12% água)	Produtividade (kg.ha ⁻¹) (12% água)
CD - 202			
R5.1	81.00 $\pm$ 1.16 a	19.64 $\pm$ 2.78 g	176.74 $\pm$ 3.98 g
R5.3	77.08 $\pm$ 0.88 ab	47.60 $\pm$ 6.98 f	1069.78 $\pm$ 3.81 f
R5.4	71.66 $\pm$ 0.51 bc	81.71 $\pm$ 4.37 e	1719.25 $\pm$ 3.41 e
R6	65.60 $\pm$ 0.42 cd	138.48 $\pm$ 4.51 d	3504.51 $\pm$ 2.07 cd
R7.1	61.74 $\pm$ 0.72 d	151.21 $\pm$ 6.85 c	4293.80 $\pm$ 4.83 a
R7.3	29.73 $\pm$ 0.81 e	152.14 $\pm$ 3.53 c	3359.59 $\pm$ 4.64 d
R8.2	18.53 $\pm$ 0.13 h	154.53 $\pm$ 8.28 bc	3814.96 $\pm$ 4.89 c
R9	14.70 $\pm$ 0.31 i	176.92 $\pm$ 5.22 a	4243.45 $\pm$ 2.77 a
R9+1	15.20 $\pm$ 0.83 i	181.00 $\pm$ 5.21 a	4119.81 $\pm$ 3.48 b
R9+2	21.42 $\pm$ 0.22 g	163.52 $\pm$ 8.73 b	4176.90 $\pm$ 3.06 ab
R9+3	24.66 $\pm$ 0.69 f	170.26 $\pm$ 2.37 ab	3898.28 $\pm$ 4.50 c
CD – 224			
R5.2	80.98 $\pm$ 0.62 a	22.04 $\pm$ 1.00 f	277.04 $\pm$ 1.21 f
R5.4	73.24 $\pm$ 0.57 b	46.42 $\pm$ 2.73 e	969.31 $\pm$ 3.37 e
R5.5	67.36 $\pm$ 0.72 c	84.56 $\pm$ 3.81 d	1945.11 $\pm$ 1.77 c
R6	63.36 $\pm$ 0.42 cd	103.05 $\pm$ 3.29 c	2135.31 $\pm$ 4.27 c
R7.1	60.03 $\pm$ 0.42 d	126.77 $\pm$ 3.78 b	2913.20 $\pm$ 2.34 b
R7.2	44.56 $\pm$ 1.45 f	134.97 $\pm$ 4.42 b	3122.12 $\pm$ 3.09 ab
R8.1	21.23 $\pm$ 0.72 g	149.21 $\pm$ 4.64 a	3258.02 $\pm$ 3.80 a
R9	16.61 $\pm$ 0.25 i	141.52 $\pm$ 3.76 ab	2951.26 $\pm$ 1.75 b
R9+1	19.02 $\pm$ 0.19 h	131.25 $\pm$ 1.92 b	2974.73 $\pm$ 4.15 b
R9+2	21.84 $\pm$ 0.18 g	144.84 $\pm$ 2.95 ab	2984.59 $\pm$ 2.79 b
R9+3	48.36 $\pm$ 0.51 e	146.56 $\pm$ 2.31 a	1011.22 $\pm$ 3.13 d

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

Para estudar a maturação, geralmente, as sementes, são colhidas em intervalos regulares após a antese, quando ainda úmidas (recém colhidas) ou secas, isto é, após o equilíbrio higroscópico com ambiente de baixa umidade relativa do ar (CARVALHO, 1974). Além disso, a secagem das sementes úmidas pode ser realizada dentro ou fora dos frutos. Resultados de pesquisa com sementes de soja (ADAMS; RINNE, 1981; MORAIS et al., 2001a) e caupi (MORAIS et al., 2001b), indicaram que quando a secagem das sementes foi realizada no interior do fruto a germinação das sementes foi preservada, quando comparada com a secagem realizada fora do fruto.

Em mucuna preta, Vieira et al. (1998) retiraram as sementes das vagens, deixando-as secar em ambiente de laboratório, antes de avaliarem a germinação. Nesses trabalhos, em função do método utilizado, os resultados foram diferentes para as sementes imaturas, com germinação superior para as sementes secas em relação as úmidas (CARVALHO, 1974). Em sementes de quiabeiro, cv. Santa Cruz – 47, Setúbal et al. (1996) verificaram que a secagem lenta das sementes dentro do fruto, igualou a germinação das imaturas em relação a das maduras.

Adams e Rinne (1981), trabalhando com sementes de soja, verificaram que sementes imaturas, recém colhidas, úmidas ou secas fora da vagem não eram viáveis, porém se secadas no interior das vagens, mesmo quando com somente 17% de seu tamanho normal (o que provavelmente corresponderia ao estágio R5.2, da escala RITCHIE et al., 1982), amadureceram e produziram plântulas normais. Constataram assim que, com a secagem da vagem em ambiente, as sementes em seu interior completam a expansão, mantém a atividade enzimática, algumas proteínas são modificadas e há continuidade da maturação das sementes imaturas.

Porém, neste trabalho as sementes foram retiradas das vagens logo após a colheita para que houvesse a caracterização exata do ponto de colheita, pois se as sementes ficassem no interior das vagens até atingirem o teor de água desejado (aproximadamente 16% - teor de água característico do ponto de colheita), não possibilitaria a caracterização da qualidade no estágio em que foi colhida.

De acordo com os resultados dos testes referentes à viabilidade das sementes (Tabela 5), pelos resultados do teste de germinação é possível observar que as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem produziram plântulas normais a partir do estágio R5.3 para o cultivar CD – 202 e R5.4 para o cultivar CD – 224. Houve aumento crescente da produção de plântulas normais do início do processo de formação

das sementes até a maturidade fisiológica (R7), sendo mantida até R9, para os dois cultivares. Após este estágio, houve redução da germinação devido à influência dos fatores ambientais adversos, principalmente provenientes de precipitação pluvial, em momentos que antecederam as colheitas (Figura 6). Os estádios em que as sementes apresentaram resultados superiores aos demais foram R7, R8, R9, para os dois cultivares. Isto ocorreu porque as sementes já estavam completamente formadas e próximas ao ponto de maturidade fisiológica (geralmente momento de qualidade máxima), possibilitando que expressassem o máximo potencial. A germinação aumentou na medida em que houve redução do teor de água, tanto para as sementes que foram avaliadas úmidas quanto para as que foram avaliadas secas. Assim, é possível observar que o avanço da maturação das sementes resultou em aumento da germinação, mostrando que a redução de água das sementes pode induzir a mudança metabólica de desenvolvimento para a germinação (KERMODE et al., 1989).

Já, nos estádios R5.1 (CD – 202) e R5.2 (CD – 224), Tabela 5, os resultados de germinação foram os menores, pois as sementes ainda não estavam completamente formadas, não tendo, desta forma, condições para produzir plântulas normais.

Apesar dos resultados significativamente superiores terem sido obtidos, inicialmente, nos estádios R7.3 (CD – 202) e R7.2 (CD – 224), é possível colher sementes destes dois cultivares até o estágio R9+1, sem alteração significativa da germinação das sementes.

A taxa de secagem influencia a resposta à desidratação de sementes ortodoxas em desenvolvimento e dos tecidos vegetativos. Em ambos os casos, a secagem lenta promove tolerância à desidratação, presumivelmente, devido ao tempo suficiente, que é concedido para a indução e a operação dos mecanismos de proteção (SILVA et al., 2006). Oliver e Bewley (1997) sugeriram que a secagem rápida impede os processos de recuperação e é necessário mais tempo para os reparos na reidratação.

Quando as sementes foram submetidas à secagem (Tabela 5) houve início da produção de plântulas normais a partir do estágio R5.4 para o cultivar CD – 202 e R5.2 para o cultivar CD – 224, com 15 e 11% de plântulas normais, respectivamente. Os resultados significativamente superiores foram obtidos já em R7.3 (CD – 202, com 29% de água) e R7.2 (CD – 224, com 44% de água). Estes resultados são similares aos obtidos por Ellis et al. (1987), que verificaram que a máxima qualidade da semente, após a colheita e a secagem, foi verificada na medida em que as sementes foram

formadas e quando o teor de água estava entre 45% e 50%. Para as sementes que não foram submetidas à secagem, no estágio R9+3 houve redução significativa da germinação, apresentando valores de 10% e 5 %, cultivares CD – 202 e CD – 224, respectivamente. Houve um decréscimo da germinação, no estágio R6, para as sementes dos dois cultivares, seguido de acréscimo. Para as sementes do cultivar CD – 202 ocorreu decréscimo da germinação no estágio R6 e para as do cultivar CD – 224 nos estádios R5.4 e R6. Os resultados de germinação nesses estádios foram significativamente inferiores aos dos estádios anteriores e também aos dos posteriores.

Quando são comparadas as sementes submetidas à secagem com as que não foram submetidas a esse processo (Tabela 5), dentro de cada estágio de desenvolvimento, para as sementes do cultivar CD – 202 a secagem inibiu a produção de plântulas normais nos estádios iniciais, talvez, devido insuficiência de alguns açúcares e proteínas, os quais conferem tolerância à dessecação. Já para o cultivar CD – 224 ocorreu o contrário, ou seja, as sementes que foram submetidas ao processo de secagem produziram plântulas normais em estágio anterior ao das sementes que não foram submetidas a este processo. Desta forma, a proteção conferida por algumas substâncias está diretamente relacionada aos fatores genéticos e é intrínseca para cada cultivar.

Foi possível observar também que o processo de secagem (Tabela 5) reduziu consideravelmente a germinação das sementes colhidas no estágio R6, as quais foram sensíveis à dessecação, para os dois cultivares.

O teste de tetrazólio estima a viabilidade das sementes e baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases em células vivas, catalisando a redução do sal de tetrazólio (2-3-5 trifenil cloreto de tetrazólio) de uma solução incolor, a um precipitado vermelho, insolúvel, conhecido por Formazan, possibilitando identificar a condição funcional das partes vitais das sementes examinadas (DELOUCHE, 1976; BRASIL, 2009).

A utilização deste teste é importante e cada vez mais comum nas análises de rotinas das empresas produtoras de sementes, pois é possível identificar também diferentes tipos de danos. De acordo com França Neto et al. (1998), dependendo do local e da extensão da área lesionada como, por exemplo, o eixo embrionário, a semente é incapaz de germinar, uma vez que essa região é vital pois contém os meristemas, como plúmula e sistema radicular, que originarão a plântula.

As sementes colhidas e mantidas úmidas, desde o estágio R5.1 até o estágio R9, quando avaliadas pelo teste de tetrazólio (Tabela 5) estavam vivas. Os resultados significativamente inferiores ocorreram no estágio R9+3, para as sementes dos dois cultivares, devido à deterioração em função das condições adversas de clima após a maturidade fisiológica das sementes. Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem, os estádios iniciais apresentaram resultados significativamente inferiores, quando comparados aos demais estádios, para as sementes dos dois cultivares. Com isso ficou evidente que houve aumento da quantidade de sementes viáveis ao longo do processo de formação das sementes, com declínio nos últimos estádios, também devido às condições de ambiente as quais as sementes foram expostas.

Quando comparados os resultados das sementes submetidas à secagem com as sementes úmidas (Tabela 5), dentro de cada estágio de desenvolvimento, foi possível observar que nas sementes secas houve redução significativa do percentual de sementes viáveis, no início do processo de formação das sementes (até o estágio R6 para as sementes do CD – 202 e R5.4 para as do CD – 224). No último estágio de colheita, devido ao fato de haver quantidade excessiva de água nas sementes, pela ocorrência de precipitações e elevada umidade relativa do ar, a secagem favoreceu as sementes, retirando a água em excesso, reduzindo assim a deterioração.

A avaliação geral dos resultados do teste de tetrazólio indicou que as sementes úmidas apresentaram resultados significativamente superiores aos das sementes secas, no entanto estes dados não são coerentes com os relacionados à produção de plântulas normais, como pode ser verificado pelos resultados do teste de germinação (Tabela 5). Dessa forma, o teste de tetrazólio não foi considerado eficiente para caracterizar a qualidade das sementes colhidas úmidas entre R5.1 e R6 para as sementes do cultivar CD – 202 e até R5.4 para as do cultivar CD – 224. Só é possível utilizar o teste de tetrazólio para estimar a viabilidade de sementes de soja destes dois cultivares, a partir do estágio R7, tanto para as sementes avaliadas úmidas como secas.

Assim, pelos resultados do teste de tetrazólio, foi possível constatar que a retirada de água no início do processo de formação das sementes, através da secagem, reduziu a viabilidade das sementes, para os dois cultivares.

O teste de emergência de plântulas é também rotineiramente utilizado, tanto pelas instituições de pesquisa como pelas empresas produtoras de sementes. Em relação aos resultados desse teste (Tabela 5), as sementes que não foram submetidas ao

processo de secagem originaram plântulas normais a partir do estágio R5.3 (CD – 202) e R5.2 (CD – 224), apresentando resultados crescentes até o estágio R7.1, para as sementes dos dois cultivares, os quais se mantiveram até o estágio R9. No estágio R9+3, para as sementes dos dois cultivares, houve redução dos resultados de emergência da plântula, devido à deterioração causada por ocorrência de precipitação (Figura 6).

Apesar dos resultados significativamente superiores terem sido obtidos, inicialmente, no estágio R7.1, para as sementes dos dois cultivares, foi possível colher as sementes até os estádios R9 (CD – 202) e R9+1 (CD – 224), sem alteração significativa dos resultados da emergência da plântula.

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 5) a capacidade das plântulas em emergirem foi estabelecida no início do ciclo, estádios R5.1 (CD – 202) e R5.2 (CD – 224). Os resultados significativamente superiores foram obtidos entre a maturidade fisiológica (R7) e o ponto de colheita (R9), para as sementes dos dois cultivares. Mesmo sendo crescente, cultivar CD – 202, ocorreu decréscimo na emergência de plântulas nos estádios R5.3 e R6, e cultivar CD – 224 nos estádios R5.4 e R6, apresentando estes estádios resultados significativamente inferiores aos anteriores e também aos posteriores, na escala fenológica. Talvez estes decréscimos identifiquem os estádios mais sensíveis à dessecação, no que se refere à emergência de plântulas. A partir do estágio R9+2, para as sementes dos dois cultivares, úmidas ou secas, ocorreu redução significativa da emergência de plântulas, caracterizada pela deterioração das sementes que permaneceram em campo.

Ao comparar as sementes submetidas à secagem com as que não foram submetidas a este processo (Tabela 5), em cada estágio de desenvolvimento, foi possível observar que a secagem proporcionou aumento da emergência da plântula no início do processo de formação das sementes (exceto nos estádios R5.3 e R6, cultivar e R5.4 e R6, cultivar CD – 224, sensíveis a retirada de água).

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem, os resultados dos testes de germinação e de emergência da plântula (Tabela 5), nos estádios R5.3 e R6 (cultivar CD – 202) e R5.4 e R6 (cultivar CD – 224) indicaram que as sementes foram sensíveis à dessecação, ou seja, tiveram redução da germinação e da emergência da plântula, pois nestes estádios as sementes apresentaram resultados significativamente inferiores aos dos estádios anteriores e, também, aos posteriores.

O fato de, nos primeiros estádios de desenvolvimento, terem sido obtidos resultados superiores a 90% no teste de tetrazólio e inferiores a 10% no de germinação (Tabela 5) indica que, não havia a possibilidade das sementes produzirem plântulas normais, embora os tecidos das sementes estivessem vivos. Na verdade os tecidos estavam vivos, mas a semente não estava formada e, assim, não produziu plântulas normais.

Analisando a estrutura das sementes pelo teste de tetrazólio (Tabela 5), foi possível constatar que o processo de secagem anulou a viabilidade das sementes nos estádios iniciais de formação. Esse resultado deve-se ao fato de que no teste de tetrazólio há coloração das células que estão vivas, mas, até o estágio R6 as sementes não estavam formadas (ou não tinham acumulado massa suficiente) e, assim, não tinham potencial para produzir plântulas normais em quantidade compatível aos resultados do teste de tetrazólio.

A redução de qualidade ocorrida após a maturidade fisiológica (R7) também foi relatada por alguns autores (VIEIRA et al., 1983; COSTA, 1984; TEKRONY et al., 1984), os quais consideraram que a desidratação e hidratação cíclicas da semente, após a maturidade fisiológica, são apontadas como uma das principais causas da redução da qualidade fisiológica.

Tabela 5 - Germinação, tetrazólio e emergência da plântula, (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Estádios Fenológicos	Germinação (%)		Tetrazólio (%)		Emergência da plântula (%)	
	Sem secagem	Com Secagem	Sem secagem	Com Secagem	Sem secagem	Com Secagem
CD - 202						
R5.1	0 $\pm$ 0,00 A f	0 $\pm$ 0,00 A g	94 $\pm$ 3,83 A ab	23 $\pm$ 1,89 B e	0 $\pm$ 0,00 B f	8 $\pm$ 3,16 A e
R5.3	3 $\pm$ 1,73 A e	0 $\pm$ 0,00 B g	99 $\pm$ 1,00 A a	37 $\pm$ 1,91 B d	4 $\pm$ 1,71 A e	0 $\pm$ 0,00 B f
R5.4	12 $\pm$ 1,26 A d	15 $\pm$ 3,32 A e	98 $\pm$ 1,15 A ab	66 $\pm$ 3,83 B c	15 $\pm$ 3,20 B de	27 $\pm$ 2,06 A d
R6	83 $\pm$ 1,26 A bc	3 $\pm$ 2,38 B f	99 $\pm$ 1,00 A a	69 $\pm$ 3,40 B c	69 $\pm$ 1,91 A c	19 $\pm$ 2,38 B de
R7.1	92 $\pm$ 2,16 A b	36 $\pm$ 2,94 B d	97 $\pm$ 1,91 A ab	89 $\pm$ 2,52 A b	96 $\pm$ 0,82 A a	48 $\pm$ 1,15 B c
R7.3	97 $\pm$ 1,25 A ab	98 $\pm$ 0,00 A a	95 $\pm$ 1,91 A ab	96 $\pm$ 1,63 A ab	95 $\pm$ 0,48 A ab	97 $\pm$ 1,29 A a
R8.2	100 $\pm$ 0,96 A a	97 $\pm$ 1,29 A ab	94 $\pm$ 1,15 A ab	98 $\pm$ 1,15 A a	95 $\pm$ 2,08 A ab	93 $\pm$ 3,32 A ab
R9	97 $\pm$ 1,29 A ab	89 $\pm$ 3,30 A b	94 $\pm$ 2,58 A ab	87 $\pm$ 4,43 A b	92 $\pm$ 2,58 A ab	97 $\pm$ 0,96 A a
R9+1	94 $\pm$ 1,71 A ab	87 $\pm$ 3,32 A b	88 $\pm$ 1,63 A b	87 $\pm$ 2,50 A b	88 $\pm$ 3,30 A b	92 $\pm$ 1,41 A ab
R9+2	68 $\pm$ 6,02 A c	62 $\pm$ 2,50 A c	83 $\pm$ 3,77 A b	68 $\pm$ 2,83 B c	74 $\pm$ 4,08 A c	73 $\pm$ 3,70 A b
R9+3	1 $\pm$ 1,00 B e	10 $\pm$ 2,22 A e	40 $\pm$ 4,32 B c	60 $\pm$ 1,63 A c	26 $\pm$ 4,24 A d	31 $\pm$ 3,70 A d
CD - 224						
R5.2	0 $\pm$ 0,00 B e	11 $\pm$ 2,36 A d	98 $\pm$ 1,15 A ab	57 $\pm$ 3,42 B c	2 $\pm$ 0,96 B d	35 $\pm$ 4,51 A c
R5.4	1 $\pm$ 0,58 B d	7 $\pm$ 2,08 A d	93 $\pm$ 3,00 A b	74 $\pm$ 1,15 B bc	8 $\pm$ 3,56 B d	17 $\pm$ 3,59 A d
R5.5	2 $\pm$ 0,82 B d	75 $\pm$ 4,20 A c	99 $\pm$ 1,00 A a	95 $\pm$ 1,91 A ab	23 $\pm$ 4,80 B c	79 $\pm$ 3,68 A b
R6	64 $\pm$ 3,46 A c	10 $\pm$ 3,86 B d	97 $\pm$ 1,91 A ab	87 $\pm$ 3,79 A b	26 $\pm$ 3,10 A c	12 $\pm$ 1,50 B d
R7.1	85 $\pm$ 3,86 A b	97 $\pm$ 2,22 A ab	99 $\pm$ 1,00 A a	98 $\pm$ 1,15 A ab	88 $\pm$ 4,57 A ab	87 $\pm$ 4,50 A b
R7.2	99 $\pm$ 1,50 A a	99 $\pm$ 0,96 A a	97 $\pm$ 1,91 A ab	99 $\pm$ 1,00 A a	94 $\pm$ 1,71 A a	96 $\pm$ 1,83 A ab
R8.1	97 $\pm$ 2,36 A ab	98 $\pm$ 1,15 A ab	99 $\pm$ 1,00 A a	99 $\pm$ 1,00 A a	93 $\pm$ 3,11 A ab	97 $\pm$ 1,73 A a
R9	99 $\pm$ 1,50 A a	94 $\pm$ 2,75 A ab	96 $\pm$ 0,00 A ab	97 $\pm$ 1,00 A ab	91 $\pm$ 2,52 A ab	95 $\pm$ 0,96 A ab
R9+1	97 $\pm$ 1,71 A ab	95 $\pm$ 1,73 A ab	96 $\pm$ 2,83 A ab	95 $\pm$ 1,00 A ab	92 $\pm$ 2,99 A ab	91 $\pm$ 1,29 A ab
R9+2	84 $\pm$ 2,75 A b	87 $\pm$ 3,00 A b	93 $\pm$ 4,73 A b	89 $\pm$ 3,42 A b	80 $\pm$ 3,56 A b	85 $\pm$ 3,10 A b
R9+3	2 $\pm$ 1,15 A d	5 $\pm$ 1,29 A d	19 $\pm$ 2,52 B c	43 $\pm$ 2,52 A d	21 $\pm$ 4,04 A c	23 $\pm$ 4,11 A c

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

A avaliação das sementes úmidas pelo teste de tetrazólio possibilitou identificar que o tegumento das sementes estava vivo, ou seja, é colorido pelo sal de tetrazólio desde o estágio R5.1 até R7.3 (CD – 202) e R5.2 até R7.2 (CD – 224), como indicam os resultados da Tabela 6 e as imagens correspondentes das figuras 7 e 8. Esses estágios correspondem ao início do acúmulo de massa até a maturidade fisiológica (R7). No entanto, quando as sementes de soja foram avaliadas após a secagem artificial (Tabela 5) não foi possível estabelecer essa característica relacionada à alteração da coloração do tegumento da semente.

Dessa forma, durante a formação das sementes de soja, sementes colhidas e avaliadas úmidas, entre os estágios R5.1 e R7, ou seja, que tinham entre 80% e 30% de água (Tabela 4), poderão ser avaliadas pelo teste de tetrazólio e, com base na coloração do tegumento associada ao teor de água, poderá ser estabelecido o nível de formação da semente.

Considerando os resultados do teste de tetrazólio é possível caracterizar a maturidade fisiológica (R7) das sementes de soja colhidas e avaliadas úmidas, independentemente do cultivar, em função da alteração da coloração do tegumento entre R6 e R7 (Tabela 6 e Figuras 7 e 8).

Tabela 6 - Quantidade (%) das sementes de soja com tegumento colorido pela solução do sal de tetrazólio (média $\pm$ EP), cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Coloração do tegumento (%)						
Estádios Fenológicos	Sem secagem			Com Secagem		
CD - 202						
R5.1	100	±	0.00	A	a	
R5.3	100	±	0.00	A	a	
R5.4	100	±	0.00	A	a	
R6	98	±	1.15	A	b	
R7.1	6	±	2.58	A	c	
R7.3	6	±	3.83	A	c	
R8.2	0	±	0.00	A	d	
R9	0	±	0.00	A	d	
R9+1	0	±	0.00	A	d	
R9+2	0	±	0.00	A	d	
R9+3	0	±	0.00	A	d	
CD - 224						
R5.2	100	±	0.00	A	a	
R5.4	100	±	0.00	A	a	
R5.5	100	±	0.00	A	a	
R6	94	±	3.46	A	b	
R7.1	36	±	2.49	A	c	
R7.2	2	±	2.00	A	d	
R8.1	0	±	0.00	A	e	
R9	0	±	1.00	A	e	
R9+1	0	±	0.00	A	e	
R9+2	0	±	0.00	A	e	
R9+3	0	±	0.00	A	e	

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

Figura 7 - Imagens de sementes de soja do cultivar CD – 202, colhidas nos diferentes estádios de formação (R5.1 até R9+3), avaliadas sem a secagem pelo teste de tetrazólio quanto à coloração do tegumento

Figura 8 - Imagens de sementes de soja do cultivar CD – 224, colhidas nos diferentes estádios de formação (R5.2 até R9+3), avaliadas sem a secagem pelo teste de tetrazólio quanto à coloração do tegumento

Avaliando os resultados dos testes referentes à avaliação do vigor das sementes (Tabela 7), foi possível observar que, em relação à primeira avaliação do teste de germinação, as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem começaram a produzir plântulas normais a partir do estágio R6, para os dois cultivares. Pois nos primeiros estádios as sementes ainda não estavam completamente formadas, não tendo, desta forma, potencial para produzir plântulas normais. A produção de plântulas normais aumentou ao longo do processo de formação das sementes, até o estágio R9+1.

Quando as sementes foram submetidas à secagem começaram a produzir plântulas normais a partir do estágio R5.4 (CD – 202) e R5.2 (CD – 224). Os resultados significativamente superiores foram obtidos desde a maturidade fisiológica (R7) até o estágio R9+1, para os dois cultivares.

Assim, para as sementes do cultivar CD – 202 ocorreu o decréscimo na produção de plântulas normais no estágio R6 e para as do cultivar CD – 224 nos estádios R5.4 e R6, sendo estes resultados significativamente inferiores aos dos estádios anteriores e também aos posteriores, na escala fenológica. Este resultado foi similar aos obtidos nos testes de germinação e emergência da plântula, sendo estes testes capazes de identificar os estádios de desenvolvimento em que as sementes são sensíveis à dessecação.

Quando são comparadas as sementes submetidas ao processo de secagem com as que não foram submetidas a este processo, dentro de cada estágio de desenvolvimento (Tabela 7), foi possível observar que a secagem proporcionou antecipação da produção de plântulas normais, independentemente do cultivar.

De acordo com AOSA (1983), embora a primeira avaliação do teste de germinação seja considerada um indicativo do vigor, durante o processo de deterioração das sementes, a redução da velocidade de germinação não está entre os primeiros eventos. Assim, considerando essa afirmação este teste, normalmente, não detectou diferenças de vigor, conforme pode ser observado pelos resultados da Tabela 7.

Na medida em que as sementes perdem água, naturalmente ou através do processo de secagem artificial, ocorre desorganização das membranas celulares e quando as sementes são colocadas em contato com substrato úmido, ocorre rápida e intensa liberação de eletrólitos, normalmente seguida por uma fase em que a quantidade de solutos vai decrescendo à medida que os tecidos são reidratados, até atingirem um estado de equilíbrio (SIMON; RAJA-HARUM, 1972). O teste de condutividade elétrica

é capaz de identificar e quantificar os íons lixiviados das sementes, fornecendo, desta forma, um parâmetro em relação ao vigor das sementes.

Avaliando o material lixiviado pelas sementes de soja (Tabela 7), pelos resultados do teste de condutividade elétrica, as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem apresentaram resultados decrescentes, quando colhidas desde o início do ciclo até a maturidade fisiológica, sendo que neste estágio os resultados foram significativamente inferiores, ou seja, vigor superior, independentemente do cultivar. Com o avanço do processo de maturação, houve o desenvolvimento e a organização estrutural dos sistemas de membranas celulares, o que explica a redução dos valores de condutividade elétrica.

Nas sementes colhidas em estágio de maturação mais avançado, os mecanismos de proteção de membranas em relação à dessecação estão presentes, podendo, assim, promoverem uma diminuição na lixiviação de solutos, indicando a adequação da estruturação das membranas (SUN; LEOPOLD, 1993). Porém, após o ponto de colheita, quando as sementes permaneceram em campo, o sistema de membranas entrou em declínio, tornando-se mais suscetível aos efeitos deletérios do O₂ e permitindo maior produção de lixiviados, à medida que as sementes são deterioradas (BEWLEY; BLACK, 1994). De acordo com Heydecker (1974), a falta de integridade das membranas pode causar a lixiviação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos e outras substâncias solúveis em água. Após o estágio R7 ocorreu acréscimo nos valores da condutividade elétrica. Os resultados significativamente superiores foram determinados nos últimos estágios de desenvolvimento, caracterizando assim a desestruturação das membranas e, conseqüentemente, a redução da qualidade das sementes.

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem, em relação ao teste de condutividade elétrica (Tabela 7), resultados significativamente superiores foram observados para as sementes colhidas no início e no final do processo de formação das sementes, para os dois cultivares. Os resultados significativamente inferiores foram observados na maturidade fisiológica (R7) e no ponto de colheita (R9), e, conseqüentemente, as sementes tinham a qualidade máxima. A redução dos resultados de condutividade elétrica à medida que as sementes se aproximaram do ponto de maturidade fisiológica caracterizou o estágio em que as sementes tinham completado a organização do sistema de membranas e, conseqüentemente, o vigor máximo. Estes resultados podem estar relacionados aos descritos por Alpert e Oliver (2002), que

relatarem que as membranas celulares possuem dois estados principais, um mais fluido ou “cristalino líquido” e outro menos fluido ou “gel”, permanecendo, quando organizadas, na fase cristalina. Nas sementes secas, as membranas estão na fase de gel e, portanto, não constituem barreira eficiente para conter a liberação de solutos. Quando as sementes são expostas à embebição rápida, a água penetra antes que a membrana possa ser revertida para a fase cristalina líquida, ocorrendo danos às células.

Ao comparar as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com as que não foram submetidas (Tabela 7), dentro de cada estágio de desenvolvimento, foi possível constatar que, com exceção dos momentos que antecederam a colheita (R8) e do ponto de colheita (R9), a secagem causou aumento significativo dos valores de condutividade elétrica, podendo estes valores estarem relacionados com danos de membrana celular, pois este processo causa alteração na estrutura das membranas e, quando as sementes ainda não estão completamente formadas, há aumento da quantidade de lixiviados. Esse padrão foi também observado por Powell (1986).

Baseado no teste de condutividade elétrica (Tabela 7), foi também possível observar que o máximo de qualidade foi obtido um estágio após para as sementes que foram secas, quando comparado com as sementes que não foram, para as sementes dos dois cultivares. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Rosa et al. (2000b), que afirmaram que a secagem artificial pode causar danos às sementes.

Os resultados obtidos (Tabela 7) mostram a tendência crescente de lixiviados liberados pelas sementes com o retardamento de colheita. Paiva Aguerro (1995) verificou que para sementes de soja, a condutividade elétrica não pode ser superior a $90 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, sendo que os valores padrões de condutividade para sementes de soja, segundo Vieira e Krzyzanowski (1999), devem ser até $80 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ para sementes de vigor alto.

Tanto para as sementes que foram submetidas ao processo de secagem como para as que não foram, os maiores valores de condutividade elétrica (Tabela 7) foram observados para as sementes colhidas no início do processo de formação das sementes e no final, para os dois cultivares. Evidenciando a desestruturação das membranas, seja pela não formação (início do processo de formação) bem como pela deterioração das sementes, últimas colheitas.

O teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja já está padronizado pela ISTA (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION), desde 2001, por

proporcionar resultados reproduzíveis, relacionados, muitas vezes, com a emergência de plântulas em campo e o potencial de armazenamento, além da facilidade de execução e baixo custo (AOSA, 2002; HAMPTON; TEKRONY, 1995; TOMES et al., 1988).

Avaliando os resultados do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 7), quando as sementes não foram submetidas ao processo de secagem começaram a produzir plântulas normais a partir do estágio R5.4 (CD – 202) e R5.5 (CD – 224) e apresentaram resultados crescentes até o estágio R8.2 (CD – 202) e R7.1 (CD – 224).

Sementes colhidas no início do processo de maturação, por ainda não estarem completamente formadas (até R5.3, CD – 202, e R5.4, CD – 224), não resistiram às condições do teste de envelhecimento acelerado e não produziram plântulas normais (Tabela 7). Da mesma forma, houve similaridade de resultados para as sementes colhidas no estágio R9+3, mas devido à permanência das sementes em campo e inadequação do clima que causaram redução significativa da qualidade das sementes.

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 7), em relação ao teste de envelhecimento acelerado, os resultados significativamente superiores foram obtidos na maturidade fisiológica (R7) e também no estágio R9 (CD – 202). No estágio R6 ocorreu decréscimo da produção de plântulas normais, sendo os resultados significativamente inferiores aos anteriores e, também, aos posteriores, na escala fenológica, para as sementes dos dois cultivares.

Ao comparar as sementes submetidas ao processo de secagem com as que não foram submetidas a este processo (Tabela 7), em relação ao teste de envelhecimento acelerado, dentro de cada estágio de desenvolvimento, é possível constatar que os resultados das sementes avaliadas úmidas foram significativamente superiores em quase todos os estádios.

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado foram eficientes para evidenciar a produção de plântulas normais, em função do estágio de formação das sementes (até o estágio R6) e dos efeitos da deterioração em campo (estádio R9+3), para as sementes dos dois cultivares, tanto para as que foram submetidas à secagem como para as que não foram.

Quando analisados os resultados da primeira avaliação do teste de germinação e do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 7) foi possível observar que as sementes colhidas nos estádios R5.4 (CD – 202) e R6 (CD – 202 e CD – 224) foram sensíveis à dessecação e quando as sementes não foram submetidas ao processo de secagem, os

resultados significativamente superiores foram obtidos já no estágio R7, resultado semelhante ao obtido nos testes de viabilidade (Tabela 5).

Quando as sementes tinham teor de água alto, no início do processo de formação das sementes e no final do ciclo, a secagem favoreceu o desempenho, quando comparadas com as sementes que não foram secas. Também foi possível constatar que as sementes mais vigorosas foram obtidas na maturidade fisiológica (R7).

Os baixos resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado, de acordo com Bewley e Black (1994), Basu (1995) e Desai et al. (1997), podem ser explicados pelas mudanças promovidas no sistema de membranas e pela rápida degradação das substâncias de reserva, promovidas pela intensa atividade de enzimas hidrolíticas, quando as sementes são submetidas a condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar. Por ocasião da deterioração de sementes, segundo Desai et al. (1997), o vigor é afetado mais rapidamente do que a viabilidade, fato comprovado também pelos resultados obtidos nesta pesquisa.

A deterioração pode ser definida como um processo que envolve mudanças citológicas, bioquímicas e físicas que, eventualmente, causam a morte das sementes. Este processo de deterioração foi caracterizado por Delouche (1982) como inexorável e irreversível e tem sido amplamente estudado, mas o mecanismo exato ainda permanece inexplicado.

A colheita, após o estágio R9 associada à variação da umidade relativa do ar, possibilita a alternância de ganho e perda de água pelas sementes, o que acarreta vários prejuízos como o aumento das porcentagens de rachadura e enrugamento do tegumento (SEDIYAMA et al., 1972; ROCHA, 1982; VIEIRA et al., 1982; MARCOS FILHO et al., 1986), aumentando, dessa forma, o processo de deterioração, em virtude da facilidade de penetração de patógenos e maior exposição do tecido embrionário ao ambiente (ZITO, 1994). Além dos problemas já citados, com o atraso da colheita também pode haver aumento da incidência de percevejos (MARCOS FILHO et al., 1987). Portanto, quanto maior o atraso da colheita, após a maturidade fisiológica (R7), maior é a possibilidade de deterioração das sementes.

Carraro et al. (1985), por sua vez, trabalhando com 20 cultivares de soja, verificaram que condições climáticas desfavoráveis na pré colheita, como excesso de chuva nos períodos de 14, 21 e 28 dias após o estágio R7, contribuíram de forma significativa para a deterioração fisiológica das sementes.

Estes relatos auxiliam para a compreensão da redução dos resultados de viabilidade e vigor obtidos após o ponto de colheita, principalmente em R9+3, momento de colheita posterior ao recomendado para a colheita das sementes de soja.

Tabela 7 - Primeira avaliação do teste de germinação, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Estádios Fenológicos	1ª Av Germinação (%)		Condutividade Elétrica (uS.cm ⁻¹ .g ⁻¹)		Envelhecimento Acelerado (%)	
	Sem secagem	Com Secagem	Sem secagem	Com Secagem	Sem secagem	Com Secagem
CD - 202						
R5.1	0 $\pm$ 0,00 A d	0 $\pm$ 0,00 A e	105,55 $\pm$ 2,52 A d	766,10 $\pm$ 3,69 B e	0 $\pm$ 0,00 A e	0 $\pm$ 0,00 A f
R5.3	0 $\pm$ 0,00 A d	0 $\pm$ 0,00 A e	98,58 $\pm$ 3,44 A d	901,81 $\pm$ 4,02 B f	0 $\pm$ 0,00 A e	0 $\pm$ 0,00 A f
R5.4	0 $\pm$ 0,00 B d	9 $\pm$ 1,71 A d	56,38 $\pm$ 2,05 A bc	334,66 $\pm$ 3,13 B d	6 $\pm$ 0,96 A d	1 $\pm$ 1,00 B e
R6	2 $\pm$ 0,82 A c	2 $\pm$ 1,41 A d	44,30 $\pm$ 2,69 A b	313,98 $\pm$ 4,27 B d	6 $\pm$ 0,96 A d	0 $\pm$ 0,00 B f
R7.1	51 $\pm$ 2,99 A b	33 $\pm$ 2,22 B c	24,20 $\pm$ 1,81 A a	248,83 $\pm$ 3,49 B c	64 $\pm$ 4,32 A b	10 $\pm$ 2,16 B d
R7.3	43 $\pm$ 1,50 A b	45 $\pm$ 2,89 A ab	27,81 $\pm$ 1,49 A a	59,85 $\pm$ 1,94 B a	60 $\pm$ 3,86 A b	64 $\pm$ 4,65 A a
R8.2	54 $\pm$ 2,58 A b	52 $\pm$ 3,86 A a	63,23 $\pm$ 0,79 A c	58,59 $\pm$ 1,93 A a	76 $\pm$ 0,82 A a	51 $\pm$ 2,50 B b
R9	54 $\pm$ 3,74 A b	42 $\pm$ 3,56 B b	65,55 $\pm$ 1,44 A c	81,23 $\pm$ 3,88 A a	48 $\pm$ 2,83 B c	61 $\pm$ 1,70 A ab
R9+1	69 $\pm$ 1,89 A a	48 $\pm$ 2,63 B ab	74,60 $\pm$ 2,60 A c	114,93 $\pm$ 3,02 B b	43 $\pm$ 1,73 A c	26 $\pm$ 2,45 B c
R9+2	49 $\pm$ 2,45 A b	28 $\pm$ 3,46 B c	74,49 $\pm$ 3,70 A c	120,00 $\pm$ 3,25 B b	7 $\pm$ 1,29 A d	10 $\pm$ 1,71 A d
R9+3	0 $\pm$ 0,00 B d	6 $\pm$ 2,36 A d	149,26 $\pm$ 3,98 A e	157,75 $\pm$ 4,61 A b	0 $\pm$ 0,00 A e	0 $\pm$ 0,00 A f
CD - 224						
R5.2	0 $\pm$ 0,00 B g	4 $\pm$ 0,96 A e	73,25 $\pm$ 3,29 A cd	456,13 $\pm$ 1,50 B f	0 $\pm$ 0,00 A e	0 $\pm$ 0,00 A e
R5.4	0 $\pm$ 0,00 B g	3 $\pm$ 1,00 A e	96,08 $\pm$ 3,32 A e	521,62 $\pm$ 4,38 B g	0 $\pm$ 0,00 A e	0 $\pm$ 0,00 A e
R5.5	0 $\pm$ 0,00 B g	17 $\pm$ 3,32 A d	61,42 $\pm$ 1,22 A bc	181,38 $\pm$ 4,75 B d	2 $\pm$ 0,96 B d	7 $\pm$ 1,50 A d
R6	1 $\pm$ 0,50 A f	2 $\pm$ 0,96 A e	57,79 $\pm$ 0,75 A b	334,31 $\pm$ 2,29 B e	2 $\pm$ 0,96 A d	0 $\pm$ 0,00 B e
R7.1	40 $\pm$ 3,30 B d	63 $\pm$ 3,51 A b	37,92 $\pm$ 1,21 A a	87,16 $\pm$ 3,33 B b	79 $\pm$ 0,48 A ab	55 $\pm$ 1,89 B b
R7.2	26 $\pm$ 4,16 B e	53 $\pm$ 3,20 A bc	33,12 $\pm$ 4,12 A a	58,23 $\pm$ 3,58 B a	74 $\pm$ 1,71 B b	82 $\pm$ 4,35 A a
R8.1	72 $\pm$ 2,83 A b	62 $\pm$ 4,24 A b	65,53 $\pm$ 2,81 A c	60,18 $\pm$ 1,24 A a	83 $\pm$ 1,25 A a	59 $\pm$ 3,09 B b
R9	63 $\pm$ 1,89 A c	49 $\pm$ 2,99 B c	70,57 $\pm$ 2,79 A c	90,28 $\pm$ 1,01 A b	83 $\pm$ 2,63 A a	62 $\pm$ 3,77 B b
R9+1	85 $\pm$ 4,93 A a	77 $\pm$ 3,32 A a	67,73 $\pm$ 2,09 A c	104,99 $\pm$ 2,23 B c	78 $\pm$ 1,41 A ab	34 $\pm$ 1,63 B c
R9+2	55 $\pm$ 3,51 A c	39 $\pm$ 3,69 B c	83,29 $\pm$ 2,40 A d	117,35 $\pm$ 3,01 B cd	28 $\pm$ 3,40 A c	14 $\pm$ 1,26 B d
R9+3	2 $\pm$ 0,96 A f	4 $\pm$ 0,96 A e	446,99 $\pm$ 3,56 A f	415,26 $\pm$ 2,25 A f	0 $\pm$ 0,00 A e	0 $\pm$ 0,00 A e

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

Analisando os resultados de teor de água das sementes (Tabela 8), quando não foram submetidas ao processo de secagem, as sementes que foram colhidas desde o início do processo de formação até a maturidade fisiológica (R7), apresentaram redução do teor de água (embora em ambiente saturado por água), quando submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, para os dois cultivares. Talvez isto tenha ocorrido devido a estas sementes apresentarem teor de água tão elevado que, mesmo em atmosfera saturada, para entrar em equilíbrio com o ambiente, perderam água, pois o equilíbrio higroscópico depende do equilíbrio entre as pressões de vapor de água do ar e da semente. Já as sementes que foram colhidas após o estágio R7, com menor teor de água em relação aos estádios anteriores, apresentaram aumento do teor de água.

O processo de secagem foi realizado com objetivo de reduzir e uniformizar o teor de água das sementes, para manter esse parâmetro próximo ao equilíbrio com o ambiente ideal de armazenamento (9%, aproximadamente), para inativar a ação dos possíveis patógenos presentes nas sementes e para reduzir a atividade das sementes, evitando assim o consumo de reservas e preservando a qualidade.

As sementes que foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 8), antes do teste de envelhecimento acelerado, estavam com teor de água similar, aproximadamente 9% e, ao serem submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, absorveram água, independentemente do estágio de formação e do cultivar avaliado. As sementes que foram colhidas no primeiro estágio de formação tinham mais água, quando comparadas às sementes colhidas nos demais estádios, para as sementes dos dois cultivares. Isto se deve ao fato da estrutura de proteção (tegumento) não estar completamente formado, não regulando perfeitamente as trocas de vapor de água entre a semente e o ambiente.

Em relação ao teor de água após o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 8), as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem, colhidas até o estágio R7.1, perderam água, pois, apresentavam teor alto de água. Após este estágio as sementes absorveram água, quando expostas ao ambiente saturado por água.

Já as sementes que foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 8), absorveram água, independentemente do momento de colheita. Nos estádios iniciais a absorção foi maior, talvez pelo fato do tegumento ainda não estar completamente formado e, dessa forma, não regulando as trocas com o ambiente.

Tabela 8 - Teor de água antes e após o teste de envelhecimento acelerado (%) e diferença entre esses teores de água (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Teor Água (%)																								
Estádios Fenológicos	Antes Envelhecimento Acelerado						Após Envelhecimento Acelerado						Diferença											
	Sem secagem			Com Secagem			Sem secagem			Com Secagem			Sem secagem			Com Secagem								
	CD - 202																							
R5.1	81,00	±	1,16	A a	9,52	±	0,25	B a	77,37	±	0,93	A a	52,95	±	3,62	B a	-3,64	±	0,29	B c	43,43	±	3,48	A a
R5.3	77,08	±	0,88	A ab	8,91	±	0,08	B c	70,67	±	0,85	A b	34,05	±	0,99	B b	-6,41	±	0,79	B c	25,15	±	0,96	A b
R5.4	71,66	±	0,51	A bc	8,95	±	0,13	B c	65,58	±	0,79	A bc	30,52	±	1,49	B bc	-6,08	±	0,75	B c	21,57	±	1,61	A b
R6	65,60	±	0,42	A cd	8,90	±	0,15	B c	59,07	±	1,12	A c	28,35	±	0,34	B c	-6,53	±	1,42	B c	19,45	±	0,50	A bc
R7.1	61,74	±	0,72	A d	9,38	±	0,03	B a	49,10	±	2,86	A c	32,69	±	1,33	B b	-12,64	±	3,31	B d	23,31	±	1,34	A b
R7.3	29,73	±	0,81	A e	9,55	±	0,02	B a	33,86	±	1,99	A de	32,54	±	0,67	A b	4,13	±	2,72	B bc	22,98	±	0,69	A b
R8.2	18,53	±	0,13	A h	9,19	±	0,08	B b	33,72	±	1,20	A de	33,64	±	1,46	A b	15,19	±	1,29	A b	24,45	±	2,59	A b
R9	14,70	±	0,31	A i	8,73	±	0,06	B cd	37,26	±	0,50	A d	32,63	±	0,76	A b	22,56	±	0,42	A a	23,89	±	0,72	A b
R9+1	15,20	±	0,83	A i	9,28	±	0,03	B ab	27,95	±	1,99	A e	24,42	±	3,31	A d	12,75	±	1,63	A b	15,14	±	3,33	A c
R9+2	21,42	±	0,22	A g	8,52	±	0,10	B d	36,90	±	1,34	A d	33,34	±	1,36	A b	15,48	±	1,24	A b	24,82	±	1,30	A b
R9+3	24,66	±	0,69	A f	9,12	±	0,05	B b	33,54	±	1,18	A de	34,63	±	0,91	A b	8,88	±	1,70	B b	25,52	±	0,90	A b
CD - 224																								
R5.2	80,98	±	0,62	A a	9,49	±	0,20	B b	78,42	±	2,10	A a	40,39	±	1,04	B a	-2,55	±	2,52	B c	30,90	±	1,15	A a
R5.4	73,24	±	0,57	A b	9,70	±	0,03	B a	71,59	±	2,11	A b	34,82	±	0,28	B b	-1,66	±	2,49	B c	25,13	±	0,27	A b
R5.5	67,36	±	0,72	A c	9,34	±	0,02	B b	60,43	±	4,65	A c	32,69	±	0,62	B bc	-6,93	±	4,81	B cd	23,35	±	0,62	A b
R6	63,36	±	0,42	A cd	9,19	±	0,06	B c	49,24	±	2,00	A c	35,02	±	1,12	B b	-14,12	±	2,19	B d	25,83	±	1,17	A b
R7.1	60,03	±	0,42	A d	9,25	±	0,06	B bc	46,34	±	3,96	A c	27,69	±	1,64	B d	-13,69	±	4,00	B d	18,45	±	1,60	A c
R7.2	44,56	±	1,45	A f	9,07	±	0,08	B cd	37,66	±	0,72	A cd	30,00	±	0,57	A c	-6,89	±	1,77	B cd	20,93	±	0,59	A c
R8.1	21,23	±	0,72	A g	9,38	±	0,06	B b	25,08	±	3,14	B e	38,49	±	1,54	A b	3,85	±	3,03	B c	29,11	±	1,52	A a
R9	16,61	±	0,25	A i	8,88	±	0,10	B d	42,13	±	0,82	A c	34,76	±	1,45	A b	25,52	±	0,88	A a	25,88	±	1,36	A b
R9+1	19,02	±	0,19	A h	9,19	±	0,08	B c	39,17	±	0,93	A cd	32,15	±	1,16	A bc	20,16	±	0,82	A b	22,96	±	1,15	A c
R9+2	21,84	±	0,18	A g	8,71	±	0,03	B d	39,89	±	1,20	A cd	33,73	±	1,03	A b	18,05	±	1,12	A b	25,02	±	1,00	A b
R9+3	48,36	±	0,51	A e	9,84	±	0,08	B a	32,08	±	0,59	A d	37,28	±	1,64	A b	-16,28	±	0,91	B d	27,44	±	1,60	A ab

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

A variabilidade e as mudanças globais no clima e a composição atmosférica podem e, frequentemente, alteram as condições de cultivo da planta de soja, com efeitos sobre a quantidade e qualidade das sementes colhidas e influenciando nos principais componentes da semente, óleo e proteína (BORDIGNON et al., 2006).

Em princípio, os teores de óleo das sementes de soja são determinados geneticamente, porém, influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de formação das sementes. O teor de óleo nas sementes de soja pode variar em função do genótipo, do local no qual é cultivada e pela forma de manejo da cultura (PÍPOLO, 2002).

Analisando os resultados de teor de óleo das sementes úmidas (Tabela 9), foi possível observar que as sementes do cultivar CD – 202 apresentaram resultado máximo e significativamente superior aos demais em R9+3 e para as sementes do cultivar CD – 224 na maturidade fisiológica (R7.1), com resultados significativamente inferiores aos demais no início do processo de formação das sementes (R5.1, CD – 202 e R5.2, CD – 224).

É importante salientar que os valores obtidos de 26,20% e 24,06% de óleo nas sementes dos cultivares CD – 202 e CD – 224 (Tabela 9, respectivamente, foram superiores aos valores médios descritos para estes cultivares, que são de 23,50% e 22,30%, respectivamente (COODETEC, 2012).

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 9), independentemente do cultivar, os resultados significativamente superiores foram obtidos após o ponto de colheita (R9+3, CD – 202 e R9+2, CD – 224) e inferiores no início do processo de formação das sementes (R5.1, CD – 202 e R5.2, CD – 224).

É possível observar que ocorreu incremento do teor de óleo após o estágio R9, para as sementes dos dois cultivares, momento em que houve redução da temperatura (Figura 5). Este resultado é coerente com a observação de Harris et al. (1978), que concluíram que temperaturas altas durante o desenvolvimento das sementes estão associadas com a redução no teor de óleo total, porém, em condições de campo, este efeito é variável em função de outros fatores ambientais, tais como o estresse hídrico, que influencia a produção de óleo através de seus efeitos sobre o desenvolvimento da semente. Porém Howell e Carter (1953) e Urban Filho e Souza (1993) afirmaram que o aumento da temperatura pode proporcionar incremento no teor de óleo das sementes.

Ao comparar as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com as que não foram submetidas a este processo (Tabela 9), foi possível observar que para as sementes do cultivar CD – 202 o processo de secagem causou redução do teor de óleo durante a fase da maturidade

fisiológica (R7) enquanto que para as sementes do cultivar CD – 224 somente houve redução no início deste mesmo estágio.

A quantidade de óleo produzida (produtividade de óleo) está diretamente relacionada ao teor de óleo e à produtividade. Assim, foi possível observar que, independentemente do cultivar, a quantidade de óleo produzida (Tabela 9) foi significativamente inferior no início do processo de formação das sementes devido, principalmente, à redução da produtividade.

Com relação à quantidade de óleo, quando as sementes foram avaliadas úmidas (Tabela 9), foram observados resultados significativamente superiores no estágio R9+1, para as sementes dos dois cultivares. As sementes do cultivares CD – 202 e CD – 224 produziram, respectivamente, 1.032 litros de óleo.ha⁻¹ e 648 litros de óleo.ha⁻¹, no estágio R9+1. Assim, foi possível observar que as sementes do cultivar CD – 202 produziram, aproximadamente, o dobro de óleo por hectare.

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 9), foi possível observar que a variação da quantidade de óleo foi semelhante à variação do teor de óleo, para as sementes dos dois cultivares. As sementes do cultivar CD – 202 produziram 996,27 litros de óleo.ha⁻¹ (estádio R9) e as do CD – 224 697,77 litros de óleo.ha⁻¹ (estádio R9+2). Com produção de, aproximadamente, 40% a mais de óleo por hectare, foi evidente a superioridade genética do cultivar CD – 202 em relação ao CD – 224.

Esses rendimentos são superiores aos obtidos por Hartwig (1973), que trabalhando com a linhagem D76.8338 obteve 18% de óleo e produtividade de 452 litros de óleo.ha⁻¹ e, também, aos obtidos por Mascarenhas et al. (1982), que trabalharam com o cultivar IAC – 8 e obtiveram 638 litros de óleo.ha⁻¹, indicando que a variação do teor de óleo está relacionada ao cultivar.

Quando os resultados da avaliação das sementes secas foram comparados aos das úmidas (Tabela 9), a variação da quantidade de óleo foi similar à variação do teor de óleo. Assim, foi possível verificar que há variação no teor e na quantidade de óleo entre os cultivares em função dos momento de colheita.

Tanto para o teor de óleo como para a quantidade, nas sementes secas como nas úmidas, dos dois cultivares, houve acréscimo dos valores até o estágio R7. Após este estágio os valores oscilaram até as últimas colheitas.

É possível observar também que as sementes do cultivar CD – 202, quando não foram submetidas ao processo de secagem, atingiram o teor de óleo característico do cultivar (23,5%) no estágio R9+1 enquanto as que foram secas atingiram no estágio R8.2. Já as sementes do cultivar CD – 224, quando não foram submetidas ao processo de secagem, atingiram o teor de óleo característico do cultivar (22,3%) no estágio R7.1 enquanto as que foram secas atingiram no estágio R9+2.

Tabela 9 - Teor de óleo e quantidade de óleo, (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Teor de óleo (%)									Quantidade de óleo (l.ha ⁻¹)							
Estádios Fenológicos	Sem secagem				Com Secagem				Sem secagem				Com Secagem			
CD - 202																
R5.1	14,13	±	0,32	B i	16,08	±	0,24	A g	27,94	±	0,51	A i	31,80	±	0,39	A j
R5.3	16,47	±	0,26	A h	14,40	±	0,18	B h	204,03	±	2,64	A h	178,44	±	1,80	B i
R5.4	18,44	±	0,66	A f	18,92	±	0,05	A f	298,39	±	8,67	A g	306,16	±	0,64	A h
R6	17,48	±	0,37	B g	19,38	±	0,36	A e	599,12	±	3,75	B f	664,26	±	4,33	A f
R7.1	22,10	±	0,17	A d	19,61	±	0,03	B de	924,14	±	4,05	A c	819,81	±	0,88	B e
R7.3	22,94	±	0,13	A c	19,82	±	0,10	B d	708,50	±	3,25	A e	612,12	±	2,38	B g
R8.2	18,17	±	0,23	B fg	23,80	±	0,09	A b	687,75	±	1,45	B e	900,86	±	2,83	A c
R9	19,53	±	0,12	B e	23,92	±	0,46	A b	813,39	±	4,19	B d	996,27	±	3,76	A a
R9+1	24,97	±	1,00	A b	20,67	±	0,11	B c	1032,21	±	1,90	A a	854,57	±	3,67	B d
R9+2	22,74	±	0,19	A cd	20,70	±	0,25	B c	942,10	±	4,84	A bc	857,57	±	3,47	B d
R9+3	25,91	±	0,06	A a	26,20	±	0,07	A a	962,55	±	1,91	A b	973,32	±	2,08	A b
CD - 224																
R5.2	15,69	±	0,48	A i	14,79	±	0,03	A i	42,50	±	1,05	A i	40,06	±	0,08	A j
R5.4	18,08	±	0,27	A h	13,15	±	0,29	B j	171,31	±	2,11	A h	124,58	±	2,24	B i
R5.5	20,58	±	0,42	A e	17,37	±	0,72	B h	391,34	±	2,40	A f	330,29	±	3,98	B g
R6	20,80	±	0,63	A de	17,73	±	0,05	B g	434,27	±	1,97	A e	370,07	±	0,93	B f
R7.1	24,06	±	0,30	A a	20,79	±	0,25	B cd	569,45	±	4,62	A d	492,04	±	4,71	B e
R7.2	20,02	±	0,29	A f	19,65	±	0,20	A f	611,16	±	3,18	A c	599,71	±	4,93	A c
R8.1	19,77	±	0,29	A fg	20,99	±	0,36	A c	629,64	±	3,18	B b	668,66	±	4,05	A b
R9	19,25	±	0,21	A g	20,59	±	0,30	A d	555,49	±	4,86	B d	594,02	±	2,37	A cd
R9+1	22,30	±	0,35	A b	19,96	±	0,10	B e	648,62	±	2,89	A a	580,42	±	2,24	B d
R9+2	21,99	±	0,22	B c	23,82	±	0,04	A a	644,16	±	4,05	B ab	697,77	±	0,89	A a
R9+3	21,00	±	0,04	A d	21,37	±	0,22	A b	207,59	±	0,35	A g	211,25	±	1,73	A h

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

Os teores de proteína das sementes de soja são determinados pelo genótipo e também pelo ambiente, principalmente durante o período de formação das sementes (RANGEL et al., 2004; RAO et al., 1993). No entanto, Benzain e Lane (1986) consideraram que o conteúdo de proteína das sementes é quatro vezes mais dependente das condições ambientais do que da variedade.

Para as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem, dos dois cultivares, os resultados dos teores de proteína (Tabela 10) foram significativamente inferiores no começo do processo de formação de sementes, com valores crescentes até o estágio R7.1. Este resultado pode estar relacionado com alguns fatores ambientais como, por exemplo, a redução da temperatura (Figura 5) e da precipitação (Figura 6), que podem ter influenciado o aumento do acúmulo de proteína em alguns estádios, pois de acordo com Hartwig e Hinson (1972) fatores ambientais favoráveis podem contribuir para o acúmulo de proteína nas sementes. Os resultados significativamente superiores foram determinados no estágio R9+1 (CD – 202) e no estágio R9 (CD – 224), quando houve redução da precipitação (disponibilidade de água), pois conforme relatado por Bewley e Black (1985) restrições hídricas podem causar aumento do teor de proteína das sementes.

Os valores obtidos de 47,48% e 42,47% de proteína para as sementes dos cultivares CD – 202 e CD – 224 (Tabela 10), respectivamente, foram superiores aos valores médios descritos para estes cultivares, que são de 37,90% e 37,60%, respectivamente (COODETEC, 2012). Assim, com os resultados desta pesquisa, é possível afirmar que os teores de proteína obtidos neste trabalho, superiores aos descritos para esses cultivares, foram influenciados principalmente pelo ambiente, que foi favorável para a produção das sementes de soja, em detrimento das características genéticas dos cultivares.

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem, os resultados significativamente inferiores para teor de proteína (Tabela 10) foram determinados no início do processo de formação das sementes, independentemente do cultivar. As sementes do cultivar CD – 202 apresentaram, no estágio R6, valor próximo ao do máximo, que ocorreu no estágio R9, enquanto que para as sementes do cultivar CD – 224 o aumento foi aumento gradativo até R9 e o máximo foi em R9+2.

Ao comparar as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com as que não foram (Tabela 10), é possível afirmar que com a utilização do processo de secagem houve incremento no teor de proteína no estágio R6 e no ponto de colheita (R9), para as sementes dos dois cultivares, e no final da maturidade fisiológica R7.3 (CD – 202) e R7.2 (CD – 224).

A quantidade de proteína (Kg.ha^{-1}) depende diretamente do percentual de proteína e da produtividade em massa. Foi possível observar que, em relação à quantidade de proteína (Tabela 10), quando as sementes não foram submetidas ao processo de secagem, as sementes do cultivar CD – 202 produziram $1.621 \text{ Kg de proteína.ha}^{-1}$ (estádio R9) e o CD – 224 $889 \text{ Kg de proteína.ha}^{-1}$ (estádio R8.1). As sementes do cultivar CD – 202 apresentaram, no estágio R7.1, valor próximo ao do máximo, que ocorreu no estágio R9+1, enquanto

que o cultivar CD – 224 apresentou aumento crescente até R8.1. Foi possível observar também que os resultados significativamente inferiores ocorreram no início do processo de formação das sementes e que as sementes de soja do cultivar CD - 202 produziram, aproximadamente, o dobro de proteína em relação ao cultivar CD – 224.

Já, quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 10), as do cultivar CD – 202 produziram 1.780 Kg de proteína.ha⁻¹ (estádio R9) e as do CD – 224 1.119 Kg de proteína.ha⁻¹ (estádio R9+2). Assim, as sementes do cultivar CD – 202 produziram, aproximadamente 40% a mais de proteína, em relação as do CD – 224.

Os rendimentos obtidos para as sementes do cultivar CD – 202 foram superiores aos obtidos por Hartwig (1983), que trabalhando com a linhagem D76.8338 obteve 46% de proteína e produtividade de 1.133 Kg de proteína.ha⁻¹ e também aos obtidos por MASCARENHAS et al. (1982), que trabalharam com o cultivar IAC – 8 e obtiveram 1.264 Kg.ha⁻¹ de proteína, porém o cultivar CD – 224 apresentou resultados inferiores aos obtidos por estes autores.

Analisando a quantidade de proteína produzida por hectare, foi possível verificar que o processo de secagem aumentou a quantidade de proteína, para as sementes de soja dos dois cultivares.

Com relação à avaliação da quantidade de proteína, quando comparadas as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com as que não foram (Tabela 10), os resultados foram semelhantes aos de teor de proteína.

É possível observar também que as sementes do cultivar CD – 202, quando não foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 10), atingiram o teor de proteína característico do cultivar (37,9%) no estágio R7.1 enquanto as que foram secas atingiram no estágio R6. Já as sementes do cultivar CD – 224, quando não foram submetidas ao processo de secagem, não atingiram o teor de proteína característico do cultivar (37,6%) enquanto as que foram secas atingiram no estágio R9+2.

Tabela 10 - Teor de proteína (%) e produtividade de proteína (Kg.ha⁻¹) (média ± EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Estádios Fenológicos	Proteína (%)				Proteína (Kg.ha ⁻¹)							
	Sem Secagem		Com Secagem		Sem Secagem		Com Secagem					
	CD - 202											
R5.1	5,45	± 0,09	A g	5,32	± 0,17	A g	9,71	± 0,17	A i	9,48	± 0,29	A j
R5.3	14,41	± 0,25	A f	12,91	± 0,97	B f	160,67	± 2,81	A h	143,98	± 4,84	B i
R5.4	20,35	± 0,30	B e	26,18	± 0,66	A e	296,43	± 4,36	B g	381,44	± 4,12	A h
R6	36,54	± 0,56	B c	46,39	± 1,29	A b	1127,49	± 3,21	B e	1431,35	± 2,03	A c
R7.1	41,33	± 0,96	A b	34,47	± 2,50	B d	1555,30	± 4,41	A b	1297,43	± 3,33	B e
R7.3	36,31	± 0,41	B c	38,88	± 0,41	A cd	1009,61	± 1,87	B f	1081,07	± 1,57	A g
R8.2	32,37	± 1,55	B d	35,12	± 0,97	A d	1102,71	± 2,96	B e	1196,39	± 1,67	A f
R9	36,40	± 1,46	B c	47,48	± 1,39	A a	1364,86	± 4,41	B c	1780,33	± 3,33	A a
R9+1	43,58	± 2,78	A a	39,60	± 1,14	B c	1621,39	± 3,21	A a	1473,50	± 2,04	B c
R9+2	34,05	± 1,02	B cd	42,59	± 1,39	A c	1270,02	± 3,12	B d	1588,42	± 4,18	A b
R9+3	38,07	± 2,09	A c	39,46	± 0,66	A c	1272,96	± 3,67	B d	1319,40	± 3,84	A d
CD - 224												
R5.2	6,19	± 0,07	A f	5,05	± 0,18	A g	15,09	± 0,26	A j	12,32	± 0,63	B j
R5.4	10,64	± 0,30	A e	9,66	± 2,58	A f	90,76	± 0,16	A i	82,37	± 1,33	B i
R5.5	20,45	± 0,72	A d	18,31	± 2,60	B e	350,00	± 0,03	A g	313,47	± 0,59	B g
R6	21,54	± 0,28	B d	26,13	± 2,09	A c	404,76	± 1,33	B f	491,04	± 4,41	A f
R7.1	25,74	± 0,50	A c	26,48	± 1,86	A c	548,51	± 1,09	B e	564,06	± 1,86	A e
R7.2	21,85	± 0,32	B d	24,69	± 2,92	A cd	600,37	± 0,68	B d	678,29	± 3,25	A d
R8.1	31,04	± 1,35	A b	26,22	± 3,06	B c	889,82	± 1,53	A a	751,74	± 3,71	B c
R9	31,84	± 0,78	B a	35,99	± 4,36	A b	826,97	± 1,55	B b	934,63	± 3,93	A b
R9+1	27,38	± 0,49	A c	27,90	± 4,18	A c	716,77	± 1,42	B c	730,47	± 4,84	A c
R9+2	30,77	± 1,59	B bc	42,47	± 4,81	A a	811,28	± 0,98	B b	1119,87	± 1,74	A a
R9+3	31,42	± 0,36	A b	22,67	± 3,18	B d	279,58	± 0,84	A h	201,72	± 2,22	B h

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

A coloração esverdeada em sementes de soja pode ser resultante de estresses ambientais e estará concentrada no tegumento se ocorrer no final do processo de formação das sementes, podendo diminuir durante o armazenamento. Se ocorrer no início ou no meio desta fase, o pigmento estará distribuído por toda a semente e não será degradado, mesmo com um longo período de armazenamento (WIEBOLD, 2000).

Jalink et al. (1998) já haviam atestado a dificuldade de precisão da análise visual, pois, aparentemente, sementes de diferentes graus de maturidade, que parecem ter a mesma cor para o olho humano, podem conter quantidades diferentes de clorofila. Outro aspecto que pode levar a conclusões errôneas, quando é utilizada a análise visual, é o fato das sementes apresentarem a mesma coloração no tegumento e diferente nos cotilédones (Figura 9). Assim, para determinação do teor de clorofila em sementes de soja, é imprescindível a utilização de métodos precisos e não subjetivos, e para tanto a análise bioquímica é fundamental.

Figura 9 - Diferença na coloração de cotilédones de sementes de soja com mesma coloração de tegumento (ABRASEM, 2012)

De acordo com Adams et al. (1983), o teor de clorofila da semente de soja varia em função da velocidade de secagem. Estes autores relataram que sementes de soja colhidas em R9 e secas podem ter $1\mu\text{g clorofila.semente}^{-1}$, equivalente a 0,06%.

A ocorrência de sementes de soja com coloração verde intensa, foi relatada por Costa et al. (2001), que afirmou que sementes com essas características têm índices altos de deterioração por umidade, que podem causar a redução da germinação, do vigor e da viabilidade.

Analizando os resultados de teores de clorofila (Tabela 11), quando as sementes não foram submetidas ao processo de secagem, foi possível identificar presença de clorofila até a maturidade

fisiológica (R7), para as sementes do cultivar CD – 202 e até o estágio R8.1 para as sementes do cultivar CD – 224, de forma decrescente, para as sementes dos dois cultivares. A partir destes momentos ocorreu a degradação completa da clorofila, embora a clorofila tenha sido determinada em alguns estádios posteriores, provavelmente em decorrência de chuvas. Os resultados indicaram que as sementes de soja tinham mais clorofila no início do processo de formação das sementes, R5.1, CD – 202 e R5.2, cultivar CD – 224.

Para as sementes avaliadas secas (Tabela 11), a variação do teor de clorofila foi similar a das sementes avaliadas úmidas, mais clorofila no início do processo de formação das sementes (R5.3, CD – 202, e R5.4, CD – 224) em relação ao final do processo. Porém para as sementes do cultivar CD – 202 a clorofila foi completamente degradada até o estágio R8.2, enquanto que as do cultivar CD – 224 tinham clorofila até o final do ciclo das plantas.

Ao comparar as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com as que não foram (Tabela 11), é possível afirmar que até a maturidade fisiológica (R7) o processo de secagem reduziu a quantidade de clorofila, para os dois cultivares.

Com o objetivo de estudar a degradação da clorofila, Sinnecker (2002) trabalhou com sementes de três cultivares de soja, colhidas em diferentes estádios de maturação (R6, R7.1, R7.2, R7.3 e R8), por dois anos e submeteu as sementes a três condições de secagem (temperatura ambiente, a 25°C, em estufa a 40°C e 75°C). O autor concluiu que a secagem a 25°C promoveu a degradação da clorofila, porém a 40°C e 75°C houve retenção da coloração verde. Esse autor afirmou também que há a degradação completa da clorofila quando a semente é colhida a partir do estágio R7 e que a degradação em sementes de soja é função do estágio de maturação, do teor de água e da temperatura de secagem. Aliás, Adams et al. (1983) relataram que sementes secas de forma rápida podem apresentar até 29 vezes mais clorofila que as sementes secas de forma lenta.

Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa estão de acordo com relatados por alguns pesquisadores (ADAMS et al., 1983; STECKEL et al., 1989; WARD et al., 1992, 1995), os quais afirmaram que de forma simultânea com a maturação das sementes, ocorre a degradação da clorofila presente.

Em relação aos carotenoides (Tabela 11), tanto para as sementes avaliadas úmidas como para as avaliadas secas, estes estiveram presentes em todos os estádios, em maiores quantidades no início do processo de formação das sementes e em menores no final, para as sementes dos dois cultivares.

Ao comparar as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com as que não foram (Tabela 11), de forma semelhante ao que ocorreu com a clorofila, o processo de secagem reduziu a quantidade de carotenoides, até o estágio R8.2 (CD – 202) e R7.1 (CD – 224).

Tabela 11 - Teor de clorofila (%) e carotenoides (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Estádios Fenológicos	Clorofila (%)					Carotenoides (%)						
	Sem secagem			Com secagem		Sem secagem			Com secagem			
CD - 202												
R5.1	4.54 ±	0.00	A a	0.62 ±	0.00	B c	0.79 ±	0.00	A a	0.16 ±	0.00	B c
R5.3	2.90 ±	0.01	A b	2.65 ±	0.01	B a	0.52 ±	0.00	A b	0.45 ±	0.00	B a
R5.4	2.24 ±	0.01	A c	0.66 ±	0.00	B b	0.40 ±	0.00	A c	0.20 ±	0.00	B b
R6	1.45 ±	0.00	A d	0.58 ±	0.01	B d	0.29 ±	0.00	A e	0.20 ±	0.00	B b
R7.1	1.09 ±	0.00	A e	0.21 ±	0.00	B e	0.24 ±	0.00	A f	0.11 ±	0.00	B d
R7.3	0.07 ±	0.00	A f	0.03 ±	0.00	B f	0.35 ±	0.27	A d	0.08 ±	0.01	B e
R8.2	0.00 ±	0.00	B h	0.01 ±	0.00	A g	0.42 ±	0.18	A c	0.06 ±	0.00	B f
R9	0.00 ±	0.00	A h	0.00 ±	0.00	A h	0.06 ±	0.00	A h	0.05 ±	0.00	A g
R9+1	0.00 ±	0.00	A h	0.00 ±	0.00	A h	0.05 ±	0.00	A i	0.05 ±	0.00	A g
R9+2	0.01 ±	0.00	A g	0.00 ±	0.00	B h	0.20 ±	0.15	A g	0.05 ±	0.00	B g
R9+3	0.00 ±	0.00	A h	0.00 ±	0.00	A h	0.04 ±	0.00	A j	0.05 ±	0.00	A g
CD - 224												
R5.2	3.66 ±	0.01	A a	0.64 ±	0.01	B c	0.60 ±	0.00	A a	0.12 ±	0.00	B c
R5.4	3.35 ±	0.03	A b	1.68 ±	0.03	B a	0.52 ±	0.01	A b	0.34 ±	0.01	B a
R5.5	2.13 ±	0.01	A c	0.42 ±	0.01	B d	0.37 ±	0.01	A c	0.15 ±	0.00	B b
R6	1.76 ±	0.01	A d	1.38 ±	0.83	B b	0.33 ±	0.00	A d	0.03 ±	0.00	B f
R7.1	0.54 ±	0.01	A e	0.10 ±	0.01	B e	0.12 ±	0.00	A e	0.06 ±	0.00	B d
R7.2	0.05 ±	0.00	A f	0.03 ±	0.00	A f	0.05 ±	0.00	A f	0.04 ±	0.00	A e
R8.1	0.03 ±	0.00	A g	0.01 ±	0.00	B h	0.05 ±	0.00	A f	0.03 ±	0.00	B f
R9	0.00 ±	0.00	B j	0.01 ±	0.01	A h	0.04 ±	0.00	A g	0.03 ±	0.00	A f
R9+1	0.01 ±	0.00	B j	0.01 ±	0.00	A h	0.03 ±	0.00	A h	0.03 ±	0.00	A f
R9+2	0.02 ±	0.00	A h	0.01 ±	0.01	A h	0.03 ±	0.00	A h	0.03 ±	0.00	A f
R9+3	0.01 ±	0.00	A i	0.01 ±	0.00	A g	0.03 ±	0.00	A h	0.03 ±	0.00	A f

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

O teor de lignina das sementes de soja foi maior nos estádios iniciais de formação das sementes, entre R5.1 e R7.1 para as sementes do cultivar CD – 202 e entre os estádios R5.2 e R7.2 para as do cultivar CD – 224 (Tabela 12).

A quantidade máxima de lignina das sementes úmidas (Tabela 12), resultados estatisticamente superiores aos demais, foi determinada no estádio R7.1 para as sementes do cultivar CD – 202 e no estádio R5.5 para as do CD – 224.

A secagem das sementes de soja reduziu o período necessário para a formação da quantidade máxima de lignina das sementes. Assim, o teor máximo de lignina foi determinado no estádio R5.3 para as sementes do cultivar CD – 202 e R6 para as do cultivar CD – 224 (Tabela 12).

Na medida em que as sementes de soja se formaram houve a redução da quantidade de lignina da semente, para os dois cultivares (Tabela 12).

Tanto para as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem como para as que foram secas, houve redução do teor de lignina no ponto de colheita (R9) (Tabela 12).

A diversidade no teor de lignina do tegumento de sementes, nos diferentes genótipos, sugere influência deste fator nos resultados de testes qualitativos relacionados à composição e permeabilidade das membranas (VIEIRA et al., 1996). De acordo com McDougall et al. (1996), a impermeabilidade do tegumento conferida pela lignina, exerce efeito significativo sobre a capacidade e velocidade de absorção de água através deste, interferindo desse modo, na quantidade de lixiviados liberados para o meio externo durante a fase de embebição do processo de germinação de sementes. O cultivar CD – 202, que apresentou maior teor de lignina (Tabela 12) e menor condutividade elétrica (Tabela 7) no estádio R9+3, quando comparado ao cultivar CD – 224.

Os cultivares de sementes de soja têm diferenças em relação à composição e à estrutura dos tegumentos, diferenças estas, que podem resultar em sementes de maior ou menor qualidade. Obando Flor (2004) relatou que uma característica relevante em sementes de soja, que confere menor sensibilidade do tecido à injúria mecânica e que protege a parede celulósica do ataque de microrganismos, é a lignificação do tegumento. Peske e Pereira (1983) afirmaram que o tegumento da semente de soja tem importante papel no controle da absorção de água e proteção contra microrganismos, além de funcionar como suporte mecânico, sendo o teor de lignina associado à qualidade fisiológica de sementes. Isto pode ser observado em relação à germinação das sementes do cultivar CD – 224 (Tabela 5) que, por

apresentar maior teor de lignina (Tabela 12), após o ponto de colheita (R9) foi superior a das sementes do cultivar CD – 202.

Panobianco et. al. (1999), verificaram que o maior conteúdo de lignina reduz a troca de solutos entre a semente e o ambiente externo, alterando assim os níveis de condutividade elétrica que relacionam-se com a qualidade fisiológica da semente. Estes autores verificaram que teores baixos de lignina no tegumento de sementes de soja relacionaram-se aos maiores valores de condutividade elétrica. O conteúdo de lignina, que influencia o grau de resistência aos danos mecânicos, indica que a lignificação do tegumento dificulta a absorção de água e a perda de substâncias que podem ser lixiviadas da semente (ALVAREZ, 1994). Isto pode explicar a diferença nos resultados de condutividade elétrica (Tabela 7) entre as sementes dos cultivares, no início do processo de formação das sementes, pois as do cultivar CD – 202, pelo fato de apresentarem o menor teor de lignina (Tabela 12), apresentaram resultados superiores de condutividade elétrica.

Tabela 12 - Teor de lignina (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Lignina (%)						
Estádios Fenológicos	Sem secagem			Com Secagem		
CD - 202						
R5.1	2,17	±	0,10	A	d	1,97 ± 0,32 B e
R5.3	2,39	±	0,49	B	c	2,51 ± 0,47 A a
R5.4	2,53	±	0,41	A	b	2,27 ± 0,27 B c
R6	2,42	±	0,25	A	c	2,37 ± 0,65 B b
R7.1	2,64	±	0,45	A	a	2,31 ± 0,56 B b
R7.3	2,00	±	0,53	A	e	1,96 ± 0,47 B e
R8.2	1,99	±	0,90	A	e	1,97 ± 0,66 A e
R9	1,96	±	0,41	B	e	2,00 ± 0,66 A de
R9+1	2,05	±	0,72	A	d	1,91 ± 0,44 B f
R9+2	1,95	±	0,29	B	f	2,05 ± 0,83 A d
R9+3	2,02	±	0,83	B	de	2,31 ± 0,46 A b
CD - 224						
R5.2	2,58	±	0,53	A	c	1,81 ± 0,60 B h
R5.4	3,14	±	0,15	A	b	2,48 ± 0,13 B b
R5.5	3,25	±	0,17	A	a	2,24 ± 0,02 B d
R6	3,05	±	0,34	A	b	2,63 ± 0,14 B a
R7.1	2,57	±	0,28	A	c	2,06 ± 0,37 B f
R7.2	2,38	±	0,29	A	d	2,24 ± 1,75 B d
R8.1	2,14	±	0,45	A	f	2,01 ± 0,18 B f
R9	2,08	±	0,75	A	g	1,98 ± 0,84 B g
R9+1	2,04	±	1,20	B	h	2,31 ± 0,44 A c
R9+2	2,24	±	0,05	A	e	2,13 ± 0,63 B e
R9+3	2,28	±	0,06	B	e	2,49 ± 0,37 A b

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

Os carboidratos atuam como reservas de utilização rápida (BUCKERIDGE et al., 2000) e a presença de açúcares solúveis dentro de uma célula pode prevenir danos as sementes (CROWE et al., 1988, KOSTER, 1991).

Em relação ao teor de carboidratos (Tabela 13), as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem apresentaram resultados significativamente superiores no início do processo de formação das sementes, estágio R5.3 (CD – 202) e R5.2 (CD – 224). Os resultados significativamente inferiores foram obtidos nos estádios R9+3, CD – 202, e R7.1, R9+1 e R9+2, CD – 224. Assim, foi possível constatar que, quando as sementes não foram secas, os maiores teores de carboidratos foram obtidos no início do processo de formação das

sementes (R5.3, CD – 202, e R5.2, CD – 224) e os menores nas colheitas finais (CD – 202), e para as sementes do cultivar CD – 224 também na maturidade fisiológica (R7).

Os carboidratos desempenham papel fundamental nos mecanismos de embebição de água e na manutenção da viabilidade das sementes (BARBEDO; MARCOS FILHO 1998). Esta afirmativa está de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, na qual foram encontrados maiores teores de carboidratos no início do processo de formação das sementes (Tabela 13), quando comparado ao final do processo, independentemente do cultivar.

Açúcares podem promover a formação de um estado de gel ou vítreo em tecidos secos, o qual se caracteriza por ser um estado amorfo contínuo que tem viscosidade muito elevada. A presença do estado vítreo retarda extremamente as reações que podem conduzir à degradação de componentes celulares da semente, impedindo, ainda, a fusão de membranas e o consequente rompimento dos compartimentos celulares (HOEKSTRA et al., 2001). O estado vítreo contribui provavelmente para a longevidade de sementes secas (LEOPOLD et al., 1994; BUITINK et al., 2000).

Quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem (Tabela 13) os resultados significativamente superiores de teor de carboidratos foram obtidos no estágio R6, CD – 202, e no estádios R7.2 e R9+1, CD – 224. Já os resultados inferiores foram observados em R5.1 e R8.2, CD – 202, e R5.2, CD – 224. Assim, ao contrário do que ocorreu com as sementes que não foram secas, os resultados significativamente superiores não foram obtidos no início do processo de formação das sementes.

A função dos carboidratos no processo de aquisição da tolerância à dessecação provavelmente está ligada à proteção das membranas durante a desidratação. Uma das primeiras observações sobre a função dos açúcares na tolerância à dessecação foi feita por Koster e Leopold (1988), em sementes de soja, ervilha e milho. Este fato foi comprovado por Chen e Burris (1990) em sementes de milho submetidas a diferentes processos de secagem. Esses autores observaram correlação positiva entre a tolerância à secagem e a composição de açúcares solúveis, principalmente sacarose, rafinose e estaquiose, sugerindo que estes açúcares são fundamentais para a estabilidade das membranas celulares durante a secagem e a exposição das sementes a altas temperaturas.

Blackman et al. (1992) concordam a respeito da função dos açúcares no processo de dessecação, mostrando que sacarose e estaquiose aumentam em eixos embrionários de sementes de soja submetidas à secagem, enquanto nas que permanecem sob umidade relativa alta, não há alteração dos teores destes açúcares. Sun et al. (1994) analisando a formação do

estado vítreo da água em sementes de soja e de carvalho, reforçaram a ideia de que os açúcares são relevantes para as modificações das fases da membrana, para que a mesma possa reter líquidos.

Os resultados da avaliação dos carboidratos durante a formação das sementes de soja (Tabela 13) indicaram que quando as sementes foram secas, os maiores teores foram obtidos no final do processo de formação das sementes, quando comparado com o início deste processo, para as sementes dos dois cultivares. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Castilho et al. (1990) que afirmaram que os carboidratos podem ser acumulados em quantidades apreciáveis no final do processo de formação das sementes.

Ao comparar as sementes submetidas à secagem com as que não foram submetidas a este processo (Tabela 13), em cada estágio de desenvolvimento, foi possível observar que a secagem reduziu o teor de carboidratos desde o início do processo de formação das sementes até R8.2 (CD – 202) e R7.1 (CD – 224). Quando as sementes ainda não estavam formadas, o processo de secagem reduziu o teor de carboidratos das sementes, dos dois cultivares.

Tabela 13 - Teor de carboidratos (%) (média $\pm$ EP), das sementes de soja dos cultivares CD – 202 e CD – 224, colhidas em diferentes estádios de formação e submetidas ou não à secagem após a colheita

Carboidratos Totais (%)		
Estádios Fenológicos	Sem secagem	Com Secagem
CD - 202		
R5.1	31,66 $\pm$ 0,10 A b	17,45 $\pm$ 0,32 B e
R5.3	34,69 $\pm$ 0,49 A a	21,18 $\pm$ 0,47 B b
R5.4	23,82 $\pm$ 0,41 A de	21,29 $\pm$ 0,27 B b
R6	28,16 $\pm$ 0,25 A c	22,31 $\pm$ 0,65 B a
R7.1	32,73 $\pm$ 0,45 A b	21,76 $\pm$ 0,56 B ab
R7.3	24,95 $\pm$ 0,53 A d	20,93 $\pm$ 0,47 B b
R8.2	22,50 $\pm$ 0,90 A e	17,13 $\pm$ 0,66 B e
R9	18,55 $\pm$ 0,41 B g	21,15 $\pm$ 0,66 A b
R9+1	20,12 $\pm$ 0,72 A f	19,85 $\pm$ 0,44 A d
R9+2	21,62 $\pm$ 0,29 A f	20,37 $\pm$ 0,83 A c
R9+3	18,28 $\pm$ 0,83 A g	19,88 $\pm$ 0,46 A d
CD - 224		
R5.2	29,15 $\pm$ 0,53 A a	12,36 $\pm$ 0,60 B g
R5.4	26,65 $\pm$ 0,15 A b	15,71 $\pm$ 0,13 B f
R5.5	25,52 $\pm$ 0,17 A c	16,63 $\pm$ 0,02 B e
R6	28,85 $\pm$ 0,34 A ab	18,94 $\pm$ 0,14 B d
R7.1	24,72 $\pm$ 0,28 A cd	20,98 $\pm$ 0,37 B b
R7.2	21,02 $\pm$ 0,29 A ef	21,19 $\pm$ 1,75 A ab
R8.1	21,93 $\pm$ 0,45 A e	20,00 $\pm$ 0,18 A c
R9	21,11 $\pm$ 0,75 A e	20,22 $\pm$ 0,84 A c
R9+1	20,89 $\pm$ 1,20 A f	21,25 $\pm$ 0,44 A a
R9+2	20,46 $\pm$ 0,05 A f	20,58 $\pm$ 0,63 A bc
R9+3	23,28 $\pm$ 0,06 A d	19,26 $\pm$ 0,37 B d

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e na linha maiúscula, para a mesma variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Figuras 10, 11, 12 e 13 representam as variações nas características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor, baseado nos resultados do teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação aos valores mínimo e máximo de cada um dos itens avaliados.

O teor de água, ao longo do processo de formação das sementes, reduziu na medida em que houve acúmulo de matéria seca, independentemente do cultivar e da secagem ou não das sementes para as avaliações (Figuras 10A, 11A, 12A e 13A).

Ao longo do processo de formação das sementes, as variações da germinação e do vigor (Figuras 10A, 11A, 12A e 13A) foram compatíveis entre si e compatíveis também com o acúmulo de matéria seca, independentemente do cultivar e da secagem ou não das sementes para as avaliações.

As variações de clorofila e carotenoides (Figuras 10B, 11B, 12B e 13B) foram similares entre si e tiveram redução ao longo do processo de formação das sementes. Já as variações de óleo, proteína, lignina e carboidrato (Figuras 10B, 11B, 12B e 13B) foram similares entre si, com acúmulo ao longo do processo de formação das sementes, porém diferentes das variações de clorofila e carotenoides, independentemente do cultivar e da secagem ou não das sementes para as avaliações.

Houve similaridade em relação à variação das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), Figuras 10, 11, 12 e 13, entre as sementes secas e úmidas, na medida em que as sementes formaram-se.

As sementes dos cultivares CD – 202 e CD – 224 apresentaram variação similar em relação às características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), Figuras 10, 11, 12 e 13, ao longo do processo de formação das sementes.

De acordo com estas variações (Figuras 10, 11, 12 e 13), foi possível determinar que a qualidade máxima das sementes foi atingida na maturidade fisiológica (estádio R7) independentemente do cultivar e da secagem ou não das sementes para as avaliações. No ponto de colheita (estádio R9) e também em estádios posteriores as sementes apresentaram os maiores acúmulos de óleo, proteína, lignina e carboidrato.

Figura 10 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor, baseado nos resultados do teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 202 que não foram submetidas à secagem

Figura 11 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor, baseado nos resultados do teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 202 que foram submetidas à secagem

Figura 12 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor, baseado nos resultados do teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 224 que não foram submetidas à secagem

Figura 13 - Variações das características físicas (água e matéria seca), fisiológicas (germinação e vigor , baseado nos resultados do teste de envelhecimento acelerado) e bioquímicas (óleo, proteína, clorofila, carotenoide, lignina e carboidrato), em relação ao mínimo e ao máximo de cada um dos itens, ao longo do processo de formação das sementes do cultivar CD – 202 que foram submetidas à secagem

6 CONCLUSÕES

Na maturidade fisiológica das sementes de soja, estágio R7, independentemente do cultivar e da avaliação das sementes úmidas ou secas, a produtividade, a viabilidade e os teores de lignina são máximos.

No momento de colheita das sementes de soja, estágio R9, independentemente do cultivar e da avaliação de sementes úmidas ou secas, o acúmulo de massa é máximo, há a redução do teor de água, da viabilidade e do vigor; a semente tem mais óleo e proteína.

O vigor das sementes é máximo no estágio R7 para as sementes avaliadas secas e no estágio R8 para as avaliadas úmidas, independentemente do cultivar;

Há a degradação completa da clorofila nos estádios R7, para as sementes do cultivar CD – 202, e R8, para as sementes do cultivar CD – 224;

Há carotenoides em todos os estádios de desenvolvimento da semente de soja, porém há mais carotenoides no início do processo de formação das sementes;

Há variação da quantidade de carboidratos em função da avaliação das sementes úmidas ou secas.

REFERÊNCIAS

ABDUL BAKI, A.; ANDERSON, J.D. Vigor determination in Soybean seed by multiple criteria. **Crop Science**, Madison, v. 13, p. 630-633, 1973.

ADAMS, C.A.; RINNE, R.W. Seed maturation in soybeans (*Glycine max* L. Merr.) is dependent of seed mass and the parent plant, yet is necessary for production of viable seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 32, p. 615-620, 1981.

ADAMS, C.A.; FJERSTAD, M.C.; RINNE, R.W. Characteristics of soybean seed maturation: necessity for slow dehydration. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 2, p.265–267, 1983.

ALBERINI, J.L.; MATSUMOTO, M.N.; ZUFFO, N.L. Cultivares de soja para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 89-108.

ALPERT, P.; OLIVER, M.J. Drying without dying. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. (Ed.). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI, 2002. p. 4-43.

ALVAREZ, P.J. **Relação entre o conteúdo de lignina no tegumento de semente de soja e sua relação ao dano mecânico**. 1994. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1994.

AMARAL, L.I.V. **Germinação e dormência em sementes em desenvolvimento de *Bixa orellana* L. Aspectos fisiológicos e estruturais**. 1990. 77pDissertação (Mestrado em Fitotecnia)– Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

ANDREWS, C.H. **Some aspects of pod and seed development in Lee soybeans**. 1966. 75 p. Thesis (Ph.D.) - Mississippi State University, State College, 1966.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE SEMENTES E MUDAS. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

ASSOCIATION OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 1983. 88 p. (Handbook on Seed Testing, 32).

_____. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 2002. 105 p. (Contribution, 32).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1106 – 96**: standard test method for acid insoluble lignin in wood. Philadelphia, 2001a. 1v.

_____. **ASTM E 1757-01**: standard practice for preparation of biomass for compositional analysis. Philadelphia, 2001b. 1 v.

_____. **ASTM E 1758-01**: Standard test method for determination of carbohydrates in biomass by high performance liquid chromatography. Philadelphia, 2001c. 1 v.

BARBEDO, C.J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação de sementes. **Acta Botanica Brasileira**, Botucatu, v. 12, p. 145-164, 1998.

BARROS, A.S.R. Maturação e colheita de sementes. In: CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. **Atualização em produção de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 107-134.

BARROS, H.B.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, M.M.; BRITO, E.L.; ALMEIDA, R.D. Efeitos das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 565-572, 2003.

BASU, R.N. seed viability. In: BASRA, A.S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Haworth Press, 1995. p. 1-42.

BENZAIN, B.; LANE, P.W. Protein concentration of grains in relation to some weather and soil factors during 17 years of English winter-wheat experiments. **Journal of Science of Food and Agriculture**, Barking, v. 37, p. 435-444, 1986.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1985. 367 p.

_____. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BLACKMAN, S.A.; OBENDORF, R.L.; LEOPOLD, A.C. Desiccation tolerance in developing soybean seeds: the role of stress proteins. **Physiologia Plantarum**, v. 93, p. 630-638, 1995.

BLACKMAN, S.A.; WETTLAUER, S.H.; OBENDORF, R.L.; LEOPOLD, A.C. Maturation proteins associated with desiccation tolerance in soybean seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, p. 868-874, 1991.

_____. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, n. 1, p. 225-230, Sept. 1992.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1989. 223 p.

BOHNER, H. **Green soybeans**. Disponível em:
<http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/field/news/croptalk/2002/ct_1102a2.>
Acesso em: 12 jul. 2010.

BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; IGNACZAK, J.C.; TRAGNAGO, J.L.; RUBIN, S.A.L. Desempenho de cultivares de soja em três épocas de semeadura, no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 879-884, 1998.

BORDIGNON, J.R.; LONG, S.P.; ENGESETH, N.J. Influência da composição atmosférica no comportamento da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. p. 70-73.

BORGES, E.E.L. **Comportamento bioquímico e fisiológico de sementes florestais nativas durante a embebição**. 2003. 100 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. P 103-107.

BORISJUK, L.; WEBER, H.; PANITZ, R.; MANTEUFFEL, R.; WOBUS, U. Embryogenesis of *Vicia faba* L.: Histodifferentiation in relation to starch and storage protein synthesis. **Journal of Plant Physiology**, v. 147, p. 203–218, 1995.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248–254, May 1976.

BRADFORD, K. 1995. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 351-396.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

BRIM, C.A. Quantitative genetics and breeding. In: CALDWELL, B.E.; HOWELL, R.W.; JOHNSON, H.W. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. 55p.

BUCKERIDGE, M.S.; TINÉ, M.A.S.; SANTOS, H.P.; LIMA, D.U. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes: estrutura, metabolismo e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 137-162, 2000.

BUCKERIDGE, M.S. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 204-211.

BUITINK, J.; HOEKSTRA, F.A.; HEMMINGA, M.A. A critical assessment of the role of oligosaccharides in intracellular glass stability. In: BLACK, M.; BRADFORD, K.J.; VÁZQUEZ-RAMOS, J. (Ed.). **Seed biology: advances and applications**. Wallingford: CABI, 2000. p. 461-466.

BOYD, A.H. **Heated air drying of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed**. 1974. 90 p. Thesis (PhD) - Mississippi State University, Mississippi, 1974.

CAFFREY, M.; FONSECA, V.; LEOPOLD, A. C. Lipid sugar interactions. **Plant Physiology**, v. 86, p. 754–758, 1988.

CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of soybean association causal factors. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 926-933, 1981.

CÂMARA, G.M.S. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** 1992. 266 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

_____. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: _____. **Soja: tecnologias da produção.** Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 256-277.

CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II.** Piracicaba: O Autor, 2000. p. 81-120.

CARRARO, L.; LOMBARDO, G.; GEROLA, F.M. Electroncytochemical localization of peroxidase in self- and cross-pollinated styles of *Primula acaulis*. **Caryologia**, v. 38, p. 83-94, 1985.

CARTER, L.J.; HARTWIG, E.E. The management of soybean. **Advances in Agronomy**, Sant Diego, v. 14, p.359-419, 1962.

CARVALHO, J.E.U. de; NASCIMENTO, W.M.O. do. Caracterização dos pirênios e métodos para acelerar a germinação de sementes de muruci do clone Açú. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 775-781, 2008.

CARVALHO, N.M. Maturação de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Semente**, v. 0, p. 4-7, 1974.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 385p.

_____. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424 p.

_____. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASTILLO, E.M.; LUMEN, B.O.; REYES, P.S.; LUMEN, H.Z. Raffinose synthase and galactinol synthase in developing seeds and leaves of legumes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 38, p. 351-355, 1990

CAVINESS, C.E.; SIMPSON, A.M. Influence of variety and location on seed coat thickness of mature soybean seed. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Lansing, v. 64, p. 102-108, 1974.

_____. Environmental effects on soybean seed quality. In: SOYBEAN SEED RESEARCH CONFERENCE, 8., 1978, Chicago. **Proceedings...** Chicago: American Seed Trade Association, 1978. p. 79-85.

CHEN, Y.G.; BURRIS, J.S. Role of carbohydrate in desiccation tolerance and membrane behavior in maturing maize seed. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 3, p. 971-975, 1990.

CLIFFORD, M.N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N.; WILSON, K.C. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. Westport: AVI, 1985. p. 305–374.

CLOSE, T.J. Dehydrins: a commonality in the response of plants to dehydration and low temperature. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 291–296, 1997.

Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola. Disponível em: <<http://www.coodetec.com.br>>. Acesso em: 08 out. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: décimo segundo levantamento, setembro 2012**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2012.

CORVELLO, W.B.V.; VILLELA, F.A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Semente**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 23-27, 1999.

COSTA, A.V. **Contribuição para melhoria da qualidade da semente de soja produzida no Estado de Goiás**. Goiânia: EMGOPA, 1977. 4 p.

_____. **Avaliação da qualidade fisiológica da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com tegumento impermeável, produzida em três localidades do Brasil Central**. 1984. 145p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

COSTA, A.V.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F. da; SEDIYAMA, C.S.; FONTES, L.A.N.; GOMES, J.L.L.; ROLIM, R.B.; MONTEIRO, P.M.F.O. **Alguns fatores que afetam a qualidade fisiológica da semente de soja**. Goiânia: EMGOPA, 1987. 48 p.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 128-132, 2003.

COSTA, N.P.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A.A.; KRZYŻANOWSKI, F.C. Zoneamento ecológico do Estado do Paraná para produção de sementes de cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 12-19, 1994.

COSTA, N.P.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; CABRAL, N.T.; MENDES, M.C. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 107-112, 1995.

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

COSTA, R.C.L. da; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, N.F. de. Efeito da água e do nitrogênio sobre a fotossíntese, respiração e resistência estomática em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 1371-1379, 1988.

CROOKSTON, R.K.; HILL, D.S. A visual indicator of the physiological maturity of soybean seed. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 5, p. 867-870, 1978.

CROWE, J.H.; OLIVER, A.E.; HOEKSTRA, F.A.; CROWE, L.M. Stabilization of dry membranes by mixtures of hydroxyethyl starch and glucose: the role of vitrification. **Cryobiology**, v. 35, p. 20-30, 1997.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Petrópolis: Vozes, 1981. 47 p.

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

DE FINA, A.L.; RAVELO, A.C. **Climatologia y fenologia agrícolas**. Buenos Aires: EUDEBA, 1973. 281 p.

DELOUCHE, J.C. Standardization of vigor tests. **Journal of Seed Technology**, v. 1, n. 2, p. 75-85, 1976.

_____. Environmental effects on seed development and seed quality. **Horticulture Science**, Mount Vernon, v. 15, n. 1, p. 13-18, 1980.

_____. Physiological changes during storage that effect soybean seed quality. In: SINCLAIR, J.B.; JACKOBS, J.A. (Ed.). **Soybean seed quality and stand establishment**. [s.l.]: Intsoy, 1982. p. 57-66. (Intsoy, 22).

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DESAI, B.B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook: biology, production, processing and storage**. New York: Basel, 1997. 627 p.

DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **Seed News**, v. 5, p. 22-24, 2001.

DIETRICH, S.M.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L.; CHU, E.P.; BUCKERIDGE, M.S. O açúcar das plantas. **Ciência Hoje**, v. 39, p. 42-48, 1988.

DUKE, S.H.; KAKEFUDA, G. Role of testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 67, n. 3, p. 449-456, 1981.

EFFLAND, M.J. Modified procedure to determine acid-insoluble lignin in wood and pulp. **Crop Science**. Atlanta, v. 6, n. 10, p. 143-144, 1977.

EGG MENDONÇA, C.V.C. **Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens amarelinho e CI-107**. 2001. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

EGLI, D.B. **Seed biology and the yield of grain crops**. Wallingford: CAB International, 1998. 88p.

_____. Seed water relations and the regulation of the duration of seed growth in soybean. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 223, p. 243-248, 1990.

ELLIS, R.H.; PIETA FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. **Seed Science Research**, Zürich, n. 2, p. 9-15, 1992.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. The development of desiccation-tolerance and maximum seed quality during seed maturation in six grain legumes. **Annals of Botany**, London, v. 59, p. 23-29, 1987.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - Paraná - 2003/04**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2003. 218 p. (Sistemas de Produção, 3).

_____. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil - 2007**. Londrina: EMBRAPA–CNPSo; EMBRAPA Cerrados; EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2006. 225 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11).

_____. **Soja em números**. Londrina: EMBRAPA–CNPSo, 2011. Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 09 jul. 2011.

ENDO, Y.; USUKI, R.; KANEDA, T. The photooxidative alteration of chlorophylls in methyl linoleate and prooxidant activity of their decomposition products. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 48, n. 4, p. 985-989, 1984.

FARDIM, P.; DURÁN, N. Wood and pulp carbohydrate analysis using HPLC and eletrochemical detection. **Chemistry Preprint Archive**, Zurich, v. 7, p. 158-163, 2001.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 12 p.

FIGUEIREDO, P.S.; PEREIRA, M.F.A. Immature seeds of *Phaseolus vulgaris* L. development, germination and reproductive capacity of the resulting plants. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 169-175, 1985.

FISCHER, W.; BERGFELD, R.; PLACHY, C.; SCHAFER, R.; SCHOPTE, P. Accumulation storage materials, precocious germination and development of desiccation tolerance of seed maturation in mustard (*Sinapis Alba* L.). **Botany**, v. 101, p. 344-354, 1988.

FRAGA, A.C. **Determinação da maturação fisiológica das sementes de soja e de outras características agrônômicas da soja, em três épocas de semeadura**. 1980. 113p. Dissertação (Mestrado em fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica da semente**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1984. 87p.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Produção de sementes de soja: fatores de campo. **Seed News**, Pelotas, n. 2, p. 20-24. 2000

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

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. Tecnologia de produção de sementes. In: EMBRAPA SOJA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina, 2000. P. 117-123.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; PÁDUA, G.P. de; COSTA, N.P. da; HENNING, A.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p. (Circular Técnica.Série Sementes, 40).

FRANZEN, J.J.; HAAS, M.M. Vitamin E content during development of some seedling. **Phytochemistry**, v. 30, p. 2911-2913, 1991.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO. **Boletim de pesquisa de soja 2006**. Rondonópolis, 2006. 264 p.

FUKUSHIMA, P. S.; LANFER MARQUEZ, U. M. Chlorophyll derivatives of soybean during maturation and drying conditions. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 3., 2000, Tsukuba. **Proceedings...** p. 87-88.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal Arboriculture**, v.29, p.61-65, 2003.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://www.google.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2011.

GREEN, D.E.; PINNEL, C.L.; CAVANAN, L.E.; WILLIAMS, L.F. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, n. 2, p. 165-168, 1965.

GUIAMÉT, J.J.; SCHWARTZ, E.; PICHERSKY, E.; NOODÉN, L.D. Characterization of cytoplasmic and nuclear mutations affecting chlorophyll and chlorophyll-binding proteins during senescence in soybean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, n. 1, p. 227-231, 1991.

GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de sementes**. Lavras: UFLA; FAEPE, 1999. 79 p.

HARRIS, H.C.; McWILLIAM, J.R.; MASON, W.K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 3, p. 1203-1212, 1978.

HARTLEY, H.O. The maximum F-ratio as a short cut test for heterogeneity of variances. **Biometrics**, v. 37, p. 308-312, 1950.

HARTWIG, E.E. Varietal development. In: CALDWELL, B.E.; HOWELL, R.W.; JOHNSON, H.W. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. P. 87-93.

HARTWIG, E.E.; HINSON, K. Association between chemical composition of seed and seed yield of soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 829-830, 1972.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Recommended seed vigour tests: accelerated ageing test. In: _____. **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1995. p. 35-50.

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

HEITHOLT, J.J.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. Characteristics of reproductive abortion in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 589-595, 1986.

HELMS, T.C.; ORF, J.H. Protein, oil and yield of soybean lines selected for increased protein. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 707-711, 1998.

HERMAN, J.C. Como a planta de soja se desenvolve. **Potafos**, v. 11, p. 21, 1997

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H. (Ed.). **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p. 209-252.

HINDE, J.P.; DEMÉTRIO, C.G.B. Overdispersion: models and estimation. **Computation Statistics and Data Analysis**, v. 27, p. 151-170, 1998.

HIROMOTO, D.M.; VELLO, N.A. Genetic base of Brazilian soybean cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p. 295-306, 1986.

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

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55 p. (Technical Bulletin, 1).

HOWELL, R.W.; CARTER, J.L. Physiological factors affecting composition of soybeans. I. Correlation of temperature during certain portions of the pod filling stage with oil percentage in mature beans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 45, p. 526-528, 1953.

HOWELL, R.W.; COLLINS, F.I.; SEDGEWICK, V.E. Respiration of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 11, p. 677-679, 1959.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico – químicos para análise de alimentos. In: _____. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. São Paulo, 2005. p. 116-118.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **ISTA's strategy recarding methods for the detection, identification and quantification of genetically modified seeds in conventional seed lots**. Zürich, 2001. 86p.

JACINTO, J.B.C.; CARVALHO, N.M. Maturação de sementes de soja. **Científica**, Jaboticabal, v. 1, n. 1, p. 81-88, 1974.

JALINK, H.; VAN DER SCHOOR, R.; BIRNBAUM, Y.E.; BINO, R.J. Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity and seed quality. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 504, n. 12, p. 219-228, 1999.

JALINK, H.; VAN DER SCHOOR, R.; FRANDAS, A.; VAN PIJLEN, J.G. Chlorophyll fluorescence of *Brassica oleracea* seeds as a non-destructive marker for seed maturity and seed performance. **Seed Science Research**, New York, v. 8, n. 4, p. 437-443, 1998.

KASTER, M; MENOSSO, O. G. Cultivares de soja para o estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DE SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 119-128.

KERMODE, A.R. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seed. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 7, p. 75-95, 1997.

KERMODE, A.R.; BEWLEY, J.D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination: acquisition of desiccation tolerance and germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, New York, v. 36, p. 1906-1915, 1985.

_____. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. IV. Protein synthesis and enzyme activity changes within the cotyledons of *Ricinus comunis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, New York, v. 38, p. 1887-1898, 1986.

_____. Developing seeds of *Ricinus communis* L. when detached and maintained in atmosphere of high relative humidity, switch to a germinative mode without the requirement for complete desiccation. **Plant Physiology**, Rockville, v. 90, n. 3, p. 702-707, 1989.

KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A. Situação atual e perspectivas do melhoramento genético da soja no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 38-40.

KITAJIMA, K. Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A.P. **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman e Hall, , 1996. p. 559 – 596.

KOPPEN, W. Das Geographic system der klimate. Handbuch der klimatologie. Berlim: Bortraeger, 1938.

KOSTER, K.L. Glass formation and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, v. 96, p.302-304, 1991.

KOSTER, K.L.; LEOPOLD, A.C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v.88, p.829-832, 1988.

LABORIAU, L.G. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. I. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 42, n. 2, p. 235 - 262, 1970.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LEE D.W.; BRAMMEIER S.; SMITH A.P. The selective advantages of anthocyanins in developing leaves of mango and cacao. **Biotropica**, v.19, 40–49,1987.

LEOPOLD, A.C.; SUN, W.Q.; BERNAL LUGO, I.. The glassy state in seeds; analysis and function. **Seed Science Research**, v. 4, p. 267-274, 1994

LEWIS, N.G.; YAMAMOTO, E. Lignin: Occurrence, biosynthesis and biodegradation. *Annu Rev Plant Physiology Plant Molecular Biology*, v. 41,p.455–496, 1990.

LONG, S.R.; DALE, R.M.R.; SUSSEV, I.M. Maturation and germination of *Phaseolus vulgaris* embryo axes in culture. **Planta**, Berlin, v. 153, p. 405 - 415, 1981.

McDONALD JR., M.B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Association. Off Seed Analysis**. Lansing, v. 65, p. 109 - 139, 1975.

McDONALD JR, M.B.; VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.E. Soybean seed imbibition: water absorption by seed parts. **Crop Science**, Madison v. 28, p. 993 - 997, 1988.

McGREGOR, D.I. Influence of environment and genotype on rapeseed/canola seed chlorophyll content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.19, p.107-116, 1991.

McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D.; HILLMAN, J.R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v.70, n.2, p.133-150, 1996.

McINTYRE, G.I. The role of water in the regulation of plant development. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.65, n.7, p.1287-1298, 1987.

MANDARINO, J.M.G. **Coloração esverdeada nos grãos de soja e seus derivados**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 77).

MARCOS FILHO, J. Maturidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 4, p. 447-460, 1980.

_____. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86 p.

_____. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. **Características agronômicas e fenologia da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob influência da época de semeadura**. 1990. 57p. Tese(Mestrado na área de) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; DEMÉTRIO, C.G.B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja no armazenamento e no campo. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 43, n. 2, p. 389 - 443, 1986.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J., AMORIM, H.V.; SILVAROLA, M.B.; PESCARIN, H.M.C. Relação entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. **Anais...** Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1982. p.676-683.

MARCOS FILHO, J.; KOMATSU, Y.H.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; FRATIN, P.; DEMETRIO, C.G.B. Tamanho da semente e desempenho do girassol: III. Comportamento das plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n. 2, p. 33 - 43, 1986.

MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M. A.C.; TEIXEIRA, J.P.F. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill à aplicação de doses de calcário em solo Latossolo roxo distrófico de cerrado. I. Efeito imediato. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1981. Brasília. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, v. 2, p. 742 - 51, 1982.

MASCARENHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F.; NAGAI, V.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; MIRANDA, M.A.C. Rates of liming on the concentration and yield of oil and protein in soybeans. In: International Meeting on Fats, Oils and Tecnology, Campinas, 1991. **Proceedings....** Campinas: UNICAMP, 1991. p. 157 - 161.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, McMillan, 1975. 236p.

MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento e conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 9, p. 1065-1072, 1989.

MENDES, A.M.S.; FIGUEIREDO, A.F.; SILVA, J.F. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p.133-141, 2006.

MILES, D.F.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Changes in viability, germination and respiration of freshly harvested soybean seed during development. **Crop Science**, v. 28, p. 700 - 704, 1988.

MIRANDA, M. C. A. Cultivares de soja para o estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992, p.109-118.

MORAES, E.M. Determinação das alcalinidades real e total em amostras de reatores anaeróbios por titulações condutimétricas. In: Chernicharo, C.A.L. (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: aspectos metodológicos**. Belo Horizonte: Prosab, 2001a. p. 19-23.

MORAES, E.M. et al. Determinação de ácidos voláteis por cromatografia gasosa em efluentes de reatores anaeróbios. In: Chernicharo, C.A.L. (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: aspectos metodológicos**. Belo Horizonte: Prosab, 2001b. p. 35-39.

MORAN, R. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N,-dimethylformamide. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, p. 1376-1381, 1982.

MOTTA, I.S.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; INOUE M.H.; ÁVILA, M.R.; BRACCINI, M.C.L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. I. Efeito nas características agronômicas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1275-1280, 2002.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. *Journal Royal Statistical Society, A* v.135, p. 370 – 384, 1972.

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

OBANDO FLOR, E.P.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

OBENDORF, R.L.; ASWORTH, E.N.; RYTKO, G.T. Influence of seed maturation on germinability in soybean. **Crop Science**, v. 20, p. 483 - 486, 1980.

OLIVER, M.J.; BEWLEY, J.D. Desiccation tolerance of plant tissues: A mechanistic overview. **Horticultural Reviews**, New York, v. 18, p. 171 - 213, 1997.

PAIVA AGUERO, J.A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com emergência de plântulas de soja no campo**. 1995. 92p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista” Julio de Mesquita Filho” Jaboticabal, 1995.

PALMER, R.G.; KILEN, T.C. Qualitative genetics and cytogenetics. In: WILCOX, J. R. (Ed.) **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p. 135-209.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; KIIHL, R.A. de S.; ALMEIDA, L.A. Desenvolvimento de cultivares de soja na Região Norte e Nordeste do Brasil. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 255 – 266

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 1, p. 13 - 37, 1999.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKY, F.C. Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e sua relação com o conteúdo de lignina no tegumento... In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 7., 1997, Foz do Iguaçu. **Informativo ABRATES**: Campinas, ABRATES, 1997. p. 173.

- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**. Zürich, v.27, n.3, p.945-949, 1999.
- PAOLINELLI, G. de P.; TANAKA, M.A.S.; ARANTES, N.E. Germinação e vigor de sementes de soja produzidas nas safras 1980/81 e 1981/82 em Minas Gerais. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., 1984. Campinas, **Anais...** Londrina, EMBRAPA - CNPSo, p. 975 - 983, 1984a.
- PARKER, M.W.; BORTHWICK, H.A. Influence of temperature on photoperiodic reactions in leaf blades of Biloxi soybean. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 104, p. 612 - 619, 1943.
- PASCALE, J.A.; DAMARIO, E.A. **Bioclimatologia agrícola y agroclimatologia**. Buenos Aires : FABUE, 2004. 550p.
- PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Sowing date and plant density of soybean: I. Yield components and grain yield . **Scientia Agricola**, v.57, n.1, p. 153-162, 2000.
- PELÚZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; BARBOSA, V.S.; RICHTER, L. H. M; SILVA R.R.; AFFÉRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.22, n.2, p. 69-74, 2006.
- PEREIRA, E.B.C.; PEREIRA, A.V.; FRAGA, A.C. Seed quality of early maturing soybean cultivars from different sowing dates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p. 1653-1662, 2000.
- PERNOLLET, J.C.; MOSSÉ, J. Structure and location of legume and cereal seed storage proteins. In: DUSSANT, J.; MOSSÉ, J.; VAUGHAN, J. **Seed proteins**. London: Academic, p. 155 – 191.
- PESKE, S.T.; PEREIRA, L.A.G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v.6, p.23-24, 1983.
- PIOVESAN, N.D. **Aplicação de cruzamentos dialélicos no melhoramento genético do teor protéico em soja**. 2000. 84p. (Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- PÍPOLO, A.E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2002. 128 p. Tese (Doutorado na área de) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- POPINIGIS, F. **Fatores que afetam a qualidade das sementes**. In: PUIGNAU, J. P. **Conservación de germoplasma vegetal**. Montevideo: IICAPROCISUR, 1996. p. 93-98.
- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

PRIOLLI, R.H.G.; MENDES JUNIOR, C.T.; SOUSA, S.M.B.; SOUSA, N.E.A.; CONTEL, E.P.B. Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.967-975, 2004.

PUKITTAYACAMEE, P.; HELLMUM, A.K. Seed germination in *Acacia auriculiformis*: developmental aspects. **Canadian Journal of Botany**, v. 66, p. 388 - 393, 1988.

R Development Core Team (2011) “R: A Language and Environment for Statistical Computing”, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 8 ago.2010.

RANGEL, M.A.S.; CAVALHEIRO, L.R.; CAVICHIOLLI, D.; CARDOSO, P.C. **Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da Região Sul de Mato Grosso do Sul**, safra 2002/2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 17).

RAO, A.C.S.; SMITH, J.L.V.K.; JANDHYALA, R.I.; PARR, J.F. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 1023 - 1028, 1993.

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p.202-203. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RIJO, L.; VASCONCELOS, I. Formação de calose e lignina em combinações incompatíveis *Coffea* sp. H. vastatrix. (Calloses and lignin formation in incompatible combinations *Coffea* sp.H. vastatrix). In: SIMPÓSIO SOBRE FERRUGENS DO CAFEEIRO, 1983. Oerias. **Anais...** Oerias.Portugal, 1983. p.269-281,

RIBEIRO, D.M.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; GUIMARÃES, F.F.; COSTA, D.R. Forma, tamanho e contração volumétrica do trigo durante o processo de secagem. In :CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004. São Pedro – SP. **Anais...** São Pedro – SP. 2004.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1982. (Coop. Ext. Serv., Special Report, 53.)

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, C.E.; BENSON, G.O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20p.

ROCHA, V.S. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em três épocas de colheita**. 1982. 87p.Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

ROSA, S.D.V.F.; PINHO, E.V.R. VON; VIEIRA, M.G.G.C.; VEIGA, R.D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000a.

ROSA, S.D.V.F.; PINHO, E.V.R. von; VIEIRA, M.G.G.C. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000b.

ROSEMBERG, L.A.; RINNE, R.W. Moisture loss as a prerequisite for seedling growth in soybean seeds (*Glycine max* L. Merr.). **Journal of Experimental Botany**, v. 37, p. 1663 - 1674, 1986.

SCHUCH, L.O.B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.144-149, 2009.

SEDIYAMA, C.S. Influência do retardamento da colheita de soja sobre a deiscência das vagens, qualidade e poder germinativo das sementes. 1972.93p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1972.

SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A.A.; ESTEVÃO, H.H. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 117 - 141, 1972.

SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F.; THIÉBAUT, J.T.L.; REIS, M.S.; FONTES, L.A.N.; MARTINS, O. Influência da época de semeadura e do retardamento de colheita sobre a qualidade das sementes e outras características agronômicas das variedades de soja UFV-1 e UFV-2, em Capinópolis, MG. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2.,1981, **Anais...** Embrapa, v. 1, p. 645 – 59, 1981.

SEDIYAMA, T. Melhoramento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na Universidade Federal de Viçosa. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p.82-88.

SETUBAL, J.W.; ZANIN, A.C.W.; NAKAGAWA, J. Efeitos da idade dos frutos, métodos e condição de secagem sobre a qualidade de sementes de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) cv. Santa Cruz-47. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.138-142, 1996.

SHAPIRO S.S.; WILK M.B..An analysis of variance for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52,p.591–611, 1965.

SILVA, C.M. da; MESQUITA, A.N. de; PEREIRA, L.A.G. Efeito da época de colheita na qualidade da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n.2, p. 41 - 48, 1979.

SILVA, J.F. **Influência do tamanho da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre sua tolerância ao metribuzin e estudos de lixiviação deste por dois tipos de solo.** 2002. 70 p. Dissertação (Mestrado, em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
SILVA, A.J.C.; CARPANEZZI, A.A.; LAVORANTI, O.J. Quebra de dormência de sementes de *Erythrina crista-galli*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 65-78, 2006.

SILVA, J.B.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Evaluation of soybean cultivars in winter sowing, in Selvíria, MS, Brazil: production and physiological quality of seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.189-196, 2007.

SIMON, E.W.; RAJA HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of the Experimental Botany**, Oxford, v. 23, n. 77, p. 1076-1085, 1972.

SINCLAIR, T.R.; WIT, C.T. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. **Science**, v. 189, p. 565 - 567, 1975.

SINNECKER, P. **Degradação da clorofila durante a maturação e secagem de sementes de soja**. São Paulo: USP. 2002. 103p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2002.

SLUITER, A.; HAMES, B.; RUIZ, R.; SCARLATA, C.; SLUITER, J.; TEMPLETON, D. **Determination of Total Solids in Biomass**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005. p.1-6.

SOARES, T.C.B. **Mapeamento de locos, que controlam o conteúdo de proteína em soja.**: 2004. 58p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004, 58p.

STECKEL, J.R.A.; GRAY, D.; ROWSE, H.R. Relationships between indices of seed maturity and carrot seed quality. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.114, n.1, p.177-183, 1989. 16.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book, 1997. 666p.

SUN, W.O.; LEOPOLD, A.D. Acquisition of desiccation tolerance in soybeans. **Physiology Plant**, Minneapolis, v. 87, p. 403-409, 1993.

SUN, W.Q.; IRVING, T.C.; LEOPOLD, A.C. The role of sugar, vitrification and membrane phase transition in seed desiccation tolerance. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, p. 621-628, 1994.

SWANSON, B.G.; HUGHES, J.S.; RASMUSSEN, H. Seed microstructure: review of water imbibition in legumes. **Food Microstructure**, v.4, p.115-124, 1985.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A A. Teores e produtividade de óleo e proteína de soja devido à aplicação de calcário e de gesso agrícola. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO LATINO AMERICANO SOBRE PROCESSAMENTO DE ÓLEO E GORDURA, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, p. 207 - 10, 1995.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A; D'ARCE, M.A.B.R.; GALLO, P.B. Concentração e produtividade de óleo e proteína de soja em função da adubação potássica e da calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 463 - 469, 1995.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Test method T222 om-88: acid insoluble lignin wood and pulp**. Atlanta, 1998. 1v.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Test method T264 om-88**: preparation wood for chemical analysis. Atlanta, 1999. 1v.

TEIXEIRA, A.I. **Herdabilidades e correlações entre concentrações de proteínas em soja avaliadas por diferentes metodologias**. 2003, 53p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

TEKRONY, D.M.; EGLY, D.B.; PHILLIPS, A.D. Effects of field weathering on the viability and on vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 749 - 753, 1980.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). <<http://usda.gov>>. Acesso em: 20 set. 2012.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; BALLE, J.; TOMES, L.; STUCKEY, R.E. 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.

TOMES, L.J.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v.12, n.1, p.24-36, 1988.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P.I.M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: Época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.216-218.

USUKI, R.; ENDO, Y.; KANEDA, T. Prooxidant activities of chlorophylls and pheophytins on the photooxidation of edible oils. **Agriculture Biology Chemistry**, Tokyo, v.48, n.4, p.991-994, 1984.

VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.195-199, 1999.

VELLO, N. A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento de soja na ESALQ/USP. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, 1992. p. 60-81.

VERNETTI, F. de J. **Soja vol 1**: Planta, Clima, Pragas, Moléstias e Invasoras. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 463p.

VERNETTI, F.J.; VERNETTI JÚNIOR, F.J. **Genética da soja**: caracteres qualitativos e diversidade da soja. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 202p.??????????????

VERTUCCI, C.W.; LEOPOLD, A.C. Oxidative processes in soybean and pea seeds. **Plant Physiology**, Michigan, v.84, n.4, p.1038-1043, 1987.

VIERA, L.R.D.; SEDIYAMA, J.; SILVA, R.E.; SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.I.; XIMENES, P.A. Estudo da qualidade fisiológica de semente de soja (*Glicine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1 em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE

PESQUISA DE SOJA, 2., 1981. Brasília. **Anais...** Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1982. p. 633 – 644.

VIEIRA, R.D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F. da; SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.L. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de quatorze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, v.30, n.172, p.408-418, 1983.

VIEIRA, I.C.G.; GALVÃO, N.; ROSA, N.A. Caracterização morfológica de frutos e germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, sér. Botânica**, v. 12,n.2, p. 271-288, 1996 .

VIEIRA, R.D.; MINOHARA, L.; PANOBIANCO, M.; BERGAMASCHI, M.C.M.; MAURO, A. O. Comportamento de cultivares de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-130, fev. 1998.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, E. . Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, E.C.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1, 4, 26.

VILLELA, F.A.; MARCOS FILHO, J. Estados energéticos e tipos de água na semente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.317-321, 1998.

VOELKER, T.; KINNEY, A. J. Variations in the biosynthesis of seed-storage lipids. **Annu Rev Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 335 – 361, 2001.

WARD, K.; SCARTH, R. DAUN, J.; McVETTY, P.B.E. Effects of genotype and environment on seed chlorophyll degradation during ripening in four cultivars of oilseed rape (*Brassica napus*). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.72, n.3, p.643-649, 1992.

WARD, K.; SCARTH, R. DAUN, J.; VESSEY, J.K. Chlorophyll degradation in summer oilseed rape and summer turnip rape during seed ripening. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.75, n.2, p.413-420, 1995.

WIEBOLD, B. **Soybean plants killed before maturity possess grain that remains green**. Missouri, 2000. Disponível em: <<http://www.psu.missouri.edu/soyx/soyfacts/green.PDF>>. Acesso em:1 nov. 2010.

WILCOX, J.R.; LA VIOLETTE, F.A.; ATHOW, K.L. Deterioration of soybean seed quality associated with delayed harvest. **Plant Disease. Report**, St. Paul., v. 58, n. 2, p. 130 – 133, 1974.

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

WILCOX, J.R., CAVINS, J.F. Backcrossing higher seed protein to a soybean cultivar. **Crop Science**, v. 35, n. 4, p. 1036 - 1041, 1995.

YORINORI, J.T. Soybean diseases and yield loss assement in Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 5., 1988.Kyoto. Japão. **Proceedings...** Kyoto. Japão 1988. 53p.

ZITO, R.K. **Padrões eletroforéticos de proteínas e qualidade fisiológica durante o desenvolvimento da semente de soja.** 1994. 48p.Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

ZORATO, M.F.; PESKE, S.T.; TAKEDA, C.; FRANÇA NETO, J.B. Sementes de soja que retém clorofila e qualidade fisiológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 13., 2003, Gramado. **Resumos...** Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Informativo ABRATES, Londrina, v.13, n.3, p.295, set. 2003b. Número Especial.