

**ASPECTOS GENÉTICOS ASSOCIADOS À
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE SOJA**

MARINEY DE MENEZES

2008

MARINEY DE MENEZES

**ASPECTOS GENÉTICOS ASSOCIADOS À QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora
Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA.

Menezes, Mariney.

Aspectos genéticos associados à qualidade fisiológica de sementes de
soja / Mariney de Menezes. – Lavras : UFLA, 2008.

112 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Édila Vilela de Resende Von Pinho

Bibliografia.

1. Controle genético. 2. Qualidade fisiológica. 3. Soja. 4. Semente.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 633.343
- 633.3421

MARINEY DE MENEZES

**ASPECTOS GENÉTICOS ASSOCIADOS À QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Aprovada em 07 de março de 2008

Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva	FAPEMIG/DCF/UFLA.
Dra. Maria Eugênia Lisei de Sá	Pesquisadora/EPAMIG Uberaba.
Prof. Dr. João Almir de Oliveira	UFLA.
Prof. Dr. João Bosco dos Santos	UFLA.

Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram,
mas, na intensidade com que acontecem.
Por isso existem momentos inesquecíveis,
coisas inexplicáveis e
pessoas incomparáveis ”.

Fernando Pessoa.

Aos meus amados pais, Maria Aparecida Menezes e Odilon Silveira Menezes,
por tudo que me ensinaram nesta vida.

Aos meus irmãos e sobrinhos.

DEDICO.

Às amigas da genética em especial Flávia, Quélen e Rafaela, pela amizade e
consideração.

À minha eterna amiga Isis Fernandes pelos momentos inesquecíveis.

As amigas Alexana e Flávia pela ajuda na execução dos trabalhos.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Deus presente em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

À orientadora Édila Vilela de Resende Von Pinho, pela dedicação, disponibilidade, companheirismo e amizade demonstrados durante o curso.

Aos professores João Almir, Renato Mendes e Laene, pela amizade, participação e valiosas contribuições.

Aos amigos de cursos Keline, Lucrécio e Aline pela amizade e convívio.

Aos alunos de Iniciação científica do setor de sementes e em especial Isabela, Inês, Pedro Henrique, Thais, Gabriela e Michely.

Aos professores Antônio Cláudio Davide e César Brasil pelo empréstimo das casas de vegetação.

Aos funcionários do Setor de Sementes, Elenir, Elza e Andréia, pelo convívio e ajuda durante a condução do experimento.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
CAPÍTULO 1.....	3
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1. Soja: origem, disseminação, diversidade genética e importância do melhoramento genético.....	5
2.2 Qualidade fisiológica de sementes.....	6
2.3. Controle genético para qualidade fisiológica de sementes	9
2.4. Tegumento da semente de soja	13
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 2.....	29
1 RESUMO.....	29
2 ABSTRACT	30
3 INTRODUÇÃO.....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 Teste de germinação	34
4.2 Emergência em canteiro.....	35
4.3 Teste de condutividade elétrica.....	36
4.4 Envelhecimento acelerado	36
4.5 Procedimento estatístico	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6 CONCLUSÃO.....	44
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO 3.....	47
1 RESUMO.....	47
2 ABSTRACT	48
3 INTRODUÇÃO.....	49
4 MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1. Procedimento estatístico	54
4.1.1. Estimativas das capacidades geral e específica de combinação e do efeito recíproco	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
6 CONCLUSÕES	67
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
CAPÍTULO 4.....	71
1 RESUMO.....	71

2 ABSTRACT	72
3 INTRODUÇÃO	73
4 MATERIAL E MÉTODOS	75
4.1 Determinação do teor de lignina	77
4.2 Avaliação do tegumento de soja em microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	77
4.3 Avaliação da espessura de lignina nos tegumentos das sementes de soja por microscopia de luz	79
4.4 Estimativas das capacidades geral e específica de combinação e efeito recíproco	80
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
6 CONCLUSÃO	97
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXO	107

RESUMO GERAL

MENEZES, M. **Aspectos genéticos associados à qualidade fisiológica de sementes de soja.** 2008.112 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A qualidade fisiológica de sementes de soja é uma característica a ser considerada nos programas de melhoramento. Dessa forma há necessidade de se conhecer o controle genético para essa característica assim como associar as características do tegumento de sementes com a qualidade fisiológica das mesmas. Em uma primeira etapa foi avaliada a variabilidade genética para a qualidade fisiológica de sementes entre diferentes cultivares de soja por meio de testes de germinação e vigor. Em outra etapa, a partir de seis cultivares, previamente selecionadas, sendo três de alta qualidade fisiológica e três de baixa, compondo um dialelo parcial 3 x 3, mais as cultivares parentais, foi estudado o controle genético para a qualidade fisiológica de sementes. Também foram avaliados o teor de lignina, a espessura das camadas da testa, a espessura de lignina presente nessas camadas em sementes de soja dos parentais, dos híbridos e recíprocos, a correlação entre o teor de lignina com os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes e o controle genético para espessura das camadas da testa e a espessura de lignina presente nas mesmas. Foi observada variabilidade genética entre cultivares de soja para a característica de qualidade fisiológica avaliada por meio de testes de germinação e vigor. Em relação ao controle genético, os efeitos da capacidade geral e específica de combinação, bem como os efeitos recíprocos, foram significativos para a qualidade fisiológica das sementes. Foi verificada a predominância do efeito recíproco, indicando que a qualidade fisiológica de sementes de soja pode ser explicada pelo efeito materno. Caracteres utilizados para avaliação da qualidade fisiológica podem ser correlacionados com o teor de lignina. Há efeito significativo para as capacidades geral e específica de combinação para a espessura das camadas da testa e espessura de lignina nessas camadas.

* Comitê Orientador: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Orientadora), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

GENERAL ABSTRACT

MENEZES, M. **Genetic aspects associated to the physiological quality of soybean seeds.** 2008. 112 p. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Federal University of Lavras, Lavras, MG*.

The physiological quality of soybean seeds is a characteristic to be considered in a breeding program. Therefore, the genetic control and other intrinsic factors associated with the physiological quality of the seeds such as composition and morphology of the seed tegument needs to be studied. Thus, in the first step of this research was evaluated the genetic variability for seed physiological quality among different soybean cultivars by germination and vigor tests. In another step, six cultivars, previously selected, three with high physiological quality and three with low, composing a partial diallel 3 x 3 plus the parental lines were studied for the genetic control of the seed physiological quality. We also evaluated the content of lignin, the thickness of the layers of the seed coat, the thickness of lignin layers present in the soybean seed of parents in the hybrids and in the reciprocal relationship between the content of lignin with the parameters used to evaluate the physiological quality of the seeds. Variability was observed among the cultivars for the characteristic of seed physiological quality and selected three cultivars with high physiological quality and three with low quality. Regarding genetic control, the effects of general and specific capability of combination and the reciprocal effects were significant for the seed physiological quality. Character used to evaluate the physiological quality could be correlated with the content of lignin. There was significant effect for the general and specific capabilities of combination for the thickness of seed coat layers and thickness of lignin in these layers.

* Guidance Committee: Dr. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Adviser), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Empresas produtoras de sementes de soja têm investido em programas de controle de qualidade por meio das quais são monitoradas todas as etapas do processo de produção. Esse controle é feito para a obtenção de sementes com alta qualidade garantindo a comercialização das mesmas em um mercado que é altamente competitivo.

Vários são os fatores que interferem na qualidade fisiológica das sementes de soja, dentre eles o genótipo. Tem sido observada variabilidade entre genótipos para a qualidade fisiológica de sementes de soja, o que levou os melhoristas a considerar essa característica durante os processos de seleção de cultivares. O conhecimento desse controle é fundamental para diminuir o trabalho e os custos nos programas de melhoramento, permitindo o direcionamento durante o processo de seleção.

No entanto, são escassas as informações sobre o controle genético para essa característica. Alguns pesquisadores têm associado a qualidade fisiológica à resistência ao dano mecânico de semente e ao teor de lignina presente no tegumento da semente, mais especificamente na testa da mesma. Essa estrutura é proveniente do integumento externo do óvulo, a primina, sendo um tecido de origem materna.

A testa da semente de soja é formada por quatro camadas a partir da sua superfície: cutícula, epiderme (células paliçádicas ou macroesclerídeos), hipoderme (células em ampulhetas, ou células pilares ou osteoesclerídeos) e células parenquimatosas.

Características morfológicas associadas à espessura e estrutura da testa também podem estar relacionadas com a qualidade das sementes, embora pesquisas dessa natureza sejam escassas em sementes de soja.

Assim, é importante conhecer o controle genético para a qualidade fisiológica de sementes de soja, bem como avaliar caracteres anatômicos e químicos do tegumento das sementes os quais podem estar associados à qualidade das mesmas.

Desse modo, os objetivos nessa pesquisa foram avaliar a variabilidade genética para a qualidade fisiológica de sementes de soja, o controle genético das características relacionadas com a qualidade fisiológica de sementes, assim como os aspectos químicos e anatômicos do tegumento de sementes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Soja: origem, disseminação, diversidade genética e importância do melhoramento genético

A soja é uma cultura anual de autopolinização, família Fabaceae, gênero *Glycine*, subgênero soja e espécie *Glycine max* (L.) Merrill. Apresenta $2n=40$ cromossomos, representando um tetraplóide diploidizado (Van Raamsdonk, 1995), ou seja, um poliplóide que se comporta citologicamente como um diplóide (Hymowitz et al., 1997). É uma espécie de grande interesse econômico, devido aos teores elevados de proteína (40%) e óleo (20%), sendo a cultura que ocupa a maior área cultivada no Brasil.

Evidências geográficas, lingüísticas e históricas sugerem que a soja, *Glycine max* (L) Merrill, tem como centro de origem o continente asiático, mais precisamente a região nordeste da China (Hymowitz, 1970).

O germoplasma de soja utilizado em programas de melhoramento genético no país pode ser considerado como uma população de baixo tamanho efetivo ($N=11$ a 15) (Vello et al., 1988). Foi observado que apenas 11 ancestrais contribuíram com 89% do conjunto de alelos do germoplasma brasileiro de soja (Hiromoto & Vello, 1986). Nos Estados Unidos situação semelhante foi encontrada, sendo que 25 ancestrais participavam de 90% do conjunto gênico das cultivares lançadas entre 1947 e 1988 (Gizlice et al., 1994). Assim, os ganhos genéticos para a produção de grãos e a vulnerabilidade genética a fatores bióticos e abióticos também ficam comprometidos com o estreitamento da base genética (Bratuagar, 1999).

A produção de soja no Brasil foi baseada, inicialmente, em introduções de genótipos na Bahia e depois, na região Sul do país, onde apresentaram melhor adaptação. Nos programas de melhoramento de soja da região Sul, trabalhou-se

inicialmente com introduções de genótipos desenvolvidos no sul dos EUA e, posteriormente, foram desenvolvidas cultivares mais adaptadas, a partir de cruzamentos específicos (Rocha, 2002).

Baseando-se nos germoplasmas disponíveis, nos programas de melhoramento de soja tem sido desenvolvidas cultivares com características de interesse do produtor. Dentre essas características a qualidade fisiológica das sementes tem sido avaliada, principalmente em função das condições adversas relacionadas a altas temperaturas e umidade relativa que ocorrem em várias regiões produtoras de sementes de soja no Brasil. Na região Centro Oeste, por exemplo, tem sido observada grande expansão da cultura, principalmente devido ao melhoramento para plantas com período juvenil longo. Sabe-se, por meio de resultados de pesquisa, que a qualidade fisiológica varia substancialmente com o genótipo, o que mostra a importância dessa característica nos processos de seleção de cultivares nos programas de melhoramento.

Atualmente, no Brasil são produzidos 59 milhões de toneladas de grãos de soja o que demanda um grande volume de sementes (Anuário da Agricultura Brasileira - Agrianual, 2007). A produção de sementes de soja com alta qualidade fisiológica é fundamental para a obtenção de sementes com os padrões mínimos de qualidade exigidos para a comercialização garantindo estandes ideais, os quais determinam, sobremaneira, a produtividade de grãos.

2.2 Qualidade fisiológica de sementes

Para o sucesso da lavoura é indispensável, dentre as técnicas de cultivo recomendadas, a utilização de sementes de elevada qualidade (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Soja, 2000). A qualidade pode ser definida como o somatório de atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos que afetam a capacidade das sementes em originar plantas produtivas (Popinigis,

1985). Segundo Bewley & Black, (1994), a qualidade fisiológica está associada às funções vitais nas sementes como germinação, vigor e longevidade.

Busca-se no melhoramento a seleção de genótipos com melhor qualidade de sementes e resistentes a danos causados por intempéries no período de maturação (Carter & Hartwig, 1967). No entanto, tem-se verificado que algumas cultivares de soja, apesar de altamente produtivas, apresentam problemas de qualidade de sementes, dificultando, assim, a sua recomendação (Silva et al., 1970).

Sabe-se que a máxima qualidade das sementes de soja é alcançada por ocasião da maturidade fisiológica, coincidindo com o máximo acúmulo de matéria seca, de vigor e de germinação (Marcos Filho, 1979; Popinigis, 1985). Por outro lado, o processo de deterioração inicia-se na maturidade fisiológica, com maior agravamento quando o teor de água das sementes decresce em níveis inferiores a 25% (Mondragon & Potts, 1974). No ponto de maturidade fisiológica, o elevado teor de água das sementes impede a colheita mecanizada da soja. Dessa forma, as sementes permanecem “armazenadas no campo” até atingir o teor de água adequado para a colheita mecânica. Nesse período de “armazenamento a campo” raramente as condições climáticas são favoráveis à manutenção da qualidade das sementes (França Neto & Henning, 1984).

Dentre os fatores que interferem na produção de sementes de soja, com elevada qualidade fisiológica, destacam-se: a definição da época de semeadura, a determinação de regiões mais favoráveis à produção de sementes, a utilização de cultivares com melhor qualidade de semente, os danos mecânicos, o ataque de percevejos, a infecção causada por microrganismos patogênicos, as condições de armazenamento e a colheita no momento adequado (França Neto et al., 1984; Henning et al., 1985; Motta et al., 2000).

A época de colheita é de grande importância para obtenção de sementes de elevada qualidade. O atraso na colheita compromete o poder germinativo,

porém, a redução observada nessa característica varia com a cultivar (Sediyama et al., 1972). Silva et al. (1979), ao analisarem quatro épocas diferentes de colheita das sementes de soja ‘Bossier’ e ‘Davis’, verificaram que a época mais favorável para essa operação variou com a cultivar e dependeu do grau de umidade das sementes por ocasião da colheita.

A permanência das sementes de soja no campo, após a maturidade fisiológica, é fator importante na deterioração ou mesmo na perda do vigor. Segundo Green et al. (1965), condições ambientais adversas no período de maturação constituem fatores que influenciam diretamente na obtenção de sementes de melhor qualidade. Nesse contexto, Vieira et al. (1982) constataram que baixas temperaturas favorecem a qualidade das sementes e que condições quentes e úmidas, com excesso de precipitação pluviométrica, podem comprometer severamente a germinação e o vigor das sementes de soja.

O retardamento da colheita tem promovido queda gradual da qualidade e aumento na infecção das sementes de soja por patógenos internos, principalmente *Phomopsis* sp. e *Fusarium semitectum* (Costa, 1984; Braccini & Dhingra, 1996). Entretanto, o aumento na contaminação das sementes, com o atraso na colheita, também difere entre as cultivares, e algumas dessas podem apresentar resistência à infecção causada por diversos patógenos, entre eles *Phomopsis sojae* (Dhingra & Acuña, 1997). De acordo com Braccini et al. (2000), há considerável diferença de comportamento entre as cultivares de soja quanto à tolerância ao retardamento da colheita. Além disso, há elevada correlação entre a redução no poder germinativo promovida pelo retardamento da colheita e o aumento na incidência de sementes infectadas por fungos e bactérias.

A variabilidade genética existente nos genótipos de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes (Paschal II & Ellis, 1978; Costa, 1979), pode ser utilizada em programas de melhoramento genético. Panobianco (1997),

estudando a variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e sua relação com o conteúdo de lignina no tegumento, concluiu que o efeito do genótipo encontrado pode ser consequência das características do tegumento da semente, assim como de outras características relativas ao embrião que, podem alterar, também, a condutividade elétrica para sementes com o mesmo padrão de qualidade fisiológica.

A comparação da condutividade elétrica entre genótipos foi também evidenciada por Kuo (1989), estudando sementes de vinte acessos de soja. Esse autor observou a existência de variabilidade para permeabilidade do tegumento entre genótipos.

Apesar do conhecimento sobre a variabilidade de genótipos de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes existem poucos estudos relacionados ao controle genético para essa característica.

2.3 Controle genético para qualidade fisiológica de sementes

A qualidade fisiológica de sementes de soja pode variar em função do genótipo, sendo essa característica importante durante o processo de seleção realizado nos programas de melhoramento.

Em um programa de melhoramento genético é necessário estudar os sistemas gênicos que determinam as características quantitativas de interesse em relação à população base ou aos genitores escolhidos. Este procedimento permite avaliar a variabilidade genética existente na população de referência ou no grupo de pais selecionados, bem como inferir sobre os tipos e as importâncias relativas das interações gênicas que atuam na determinação dos caracteres, favorecendo a escolha do processo seletivo que maximize os ganhos esperados com a seleção. Nestes estudos é comum o uso de um delineamento genético ou sistema de cruzamentos, como o dialelo (Wricke & Weber, 1986).

O termo dialélico tem sido utilizado para expressar um conjunto de $p(p-1)/2$ híbridos, resultantes do acasalamento entre p progenitores (linhagens, variedades, clones, etc.), podendo incluir, além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e/ou outras gerações relacionadas, tais como, F_2 's, retrocruzamentos dentre outros (Griffing, 1956). Os esquemas e as análises de cruzamentos têm sido realizados com parentais cujas bases genéticas variam desde linhagens puras até variedades com ampla base genética (Hallauer & Miranda Filho, 1988).

As metodologias de análise dialélica fornecem estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Para a análise dos cruzamentos dialélicos, existem vários métodos, porém, um dos mais empregados é o método proposto por Griffing (1956), pelo qual são estimados os efeitos e as somas dos quadrados de efeitos da capacidade geral e específica de combinação (Cruz, 1994). A capacidade geral de combinação (CGC) caracteriza o comportamento do parental em várias combinações híbridas. Já a capacidade específica de combinação (CEC) caracteriza o comportamento de combinações híbridas específicas em relação à média dos parentais. A CGC está relacionada a genes de efeitos aditivos, mas também dominantes e epistáticos do tipo aditivo x aditivo; enquanto a CEC depende de genes de efeitos dominantes e epistáticos do tipo dominante x dominante (Sprague & Tatum, 1942).

Nos programas de melhoramento, o conhecimento dos componentes da capacidade de combinação é importante na escolha dos parentais divergentes envolvidos em esquemas de cruzamentos, principalmente quando se deseja desenvolver linhagens superiores e identificar híbridos promissores (Melo, 1987).

A análise dialélica tradicional, embora amplamente utilizada, tem como desvantagem a grande dificuldade na obtenção dos híbridos e, sobretudo, o

elevado número de combinações híbridas resultantes, quando são muitos os genitores a serem considerados, o que pode limitar a obtenção e/ou avaliação experimental, dependendo da espécie, de recursos humanos e/ou financeiros disponíveis, entre outros. Entretanto, é por meio da análise dialélica que se torna possível a determinação eficiente de quais são os melhores genitores e as combinações híbridas. Uma alternativa eficiente para contornar este problema é dividir os N genitores em dois grupos, um com n e o outro com n' e utilizar o sistema dialélico parcial. Este sistema pode ser utilizado também quando os N genitores estão, por alguma razão, separados em dois grupos (Viana, 1995).

Com a análise dialélica pode-se prever a análise dos ganhos genéticos esperados com a seleção e os estudos de heterose (Jinks, 1955), de efeitos gênicos extranucleares e da interação efeito gênico x ambiente, no caso de avaliação experimental em mais de uma condição ambiental (Allard, 1956). Ainda permite o estudo do controle genético dos caracteres avaliados e da avaliação da variabilidade genética entre os pais.

A maioria dos caracteres dos organismos superiores é controlada por genes nucleares, que segregam de acordo com o comportamento dos cromossomos na meiose. Entretanto, existe outro grupo de caracteres herdado em função dos genes ou produtos gênicos presentes no citoplasma, no qual o gameta feminino contribui com quase a totalidade do citoplasma para o descendente. Assim, para se estudar esse tipo de herança, deve-se verificar se existe diferença entre os resultados de um cruzamento e de seu recíproco. O cruzamento recíproco é aquele em que o genitor é usado ora como fêmea, ora como macho. Se a herança de um dado caráter é controlada por genes nucleares, os resultados de um cruzamento e de seu recíproco serão idênticos. Caso contrário, o caráter é devido a efeitos citoplasmáticos, ou seja, os descendentes de cada cruzamento terão sempre o mesmo fenótipo do genitor feminino, o qual

contribui com o citoplasma. Este tipo de herança pode ser explicado pelo efeito materno ou herança extracromossômica (Ramalho et al., 2004).

O efeito materno é definido como um caso especial de herança controlada por genes nucleares da mãe, porém é responsável por certas condições do citoplasma do óvulo, provavelmente produtos gênicos. A expressão fenotípica dos descendentes é independente dos genes doados do pai. O efeito materno na expressão desses caracteres nos descendentes se dá apenas por uma ou, no máximo, duas gerações (Ramalho et al., 2004).

A herança de caracteres de importância econômica, como o teor da proteína (Leleji et al., 1972; Hall et al., 1977; Poligano, 1982), teor de metionina (Porter, 1972) e o tamanho da semente de feijão (Mesquita, 1989) são exemplos onde o efeito materno é a principal explicação para os cruzamentos recíprocos. Variação na estrutura do pericarpo, um tecido de origem materna, também foi observada entre sementes híbridas de milho e de seus recíprocos (Roveri José et al., 2005).

Na cultura da soja já se sabe que o teor protéico do grão mostra uma grande participação do genitor materno. Sing & Hadley (1972) avaliaram populações segregantes (F_2 e RC) para se separar o efeito materno do citoplasmático, onde constataram que o efeito materno está altamente associado ao teor protéico do grão.

Davies (1975) avaliou sementes provenientes de cruzamentos recíprocos de ervilha (*Pisum sativum*). A comparação de sementes autofecundadas com cruzadas mostrou ser importante, uma vez que foram constatadas sementes de fenótipos similares, derivadas de genótipos diferentes, devidos a presença do efeito materno. Neste trabalho, as cultivares com sementes grandes apresentaram um maior número de células nos cotilédones. Além disso, o número e o peso das células das sementes foram diferentes nos cruzamentos recíprocos, indicando presença do efeito materno. Entretanto, nenhum híbrido apresentou-se com

fenótipo idêntico ao da mãe, onde foi salientado que a constituição genética da semente também determina o tamanho da população de células.

Sousa (2003) ao avaliar parâmetros genéticos e fenotípicos associados com qualidade fisiológica de sementes de feijão, observou que a absorção de água pode estar associada ao tegumento ou aos cotilédones e eixo embrionário. Os cotilédones e eixo embrionário têm efeito de xênia e o tegumento é tecido materno (Ramalho et al., 2004); os mesmos estão em gerações diferentes se forem avaliadas famílias oriundas de populações segregantes.

Com o intuito de avaliar o efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro, Paula et al. (2004) observaram que o tegumento é o principal constituinte do grão de feijão responsável pelo tempo de cocção e pela expressão do caráter efeito materno.

A permeabilidade do tegumento de cultivares de soja tem sido relacionada ao teor de lignina e a qualidade fisiológica de sementes o que justifica mais estudos na área.

2.4 Tegumento da semente de soja

A origem do tegumento é proveniente dos integumentos do óvulo, ou seja, o integumento externo ou secundina dá origem a testa enquanto o integumento interno ou primina origina o tégmen. Algumas vezes o integumento interno em muitas espécies de Fabaceas tende a desaparecer (Esau, 1977; Miller et al., 1999). Como o tegumento é um envoltório da semente, exerce funções de proteção ao eixo embrionário e ao tecido de reserva contra choques e abrasões, manutenção da união entre as partes internas da semente, impedimento à entrada de microrganismos e insetos, de controle de velocidade de hidratação e de troca gasosa entre a semente e o meio, de regulação da germinação por intermédio da dormência (Carvalho & Nakagawa, 2000), além de proteção ao

embrião de ruptura celular e perda de substâncias intercelulares, durante a embebição (Duke & Kakefuda, 1981).

Quando se faz um corte transversal da testa de uma semente de soja podem ser observadas 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).

A camada paliçádica é formada por células esclerenquimatosas, chamadas macroesclerídeos e aparece de forma contínua por todo o tegumento, com exceção da região do hilo, onde duas camadas paliçádicas podem ser observadas. As células da camada paliçádica apresentam-se alongadas com a disposição perpendicular à superfície da testa, paredes celulares grossas e perfuradas na porção superior. Em algumas sementes duras de leguminosas, a camada paliçádica é a causadora do alto grau de impermeabilidade do tegumento, afetando, por conseguinte a capacidade de germinação (Esau, 1976). Características da camada paliçádica, como a composição química, arranjo e substâncias intercelulares podem influenciar na absorção de água (Baciu-Miclaus, 1970).

Sabe-se que as sementes duras dos legumes mantêm uma percentagem muito baixa de grau de umidade que não é afetada pelas flutuações da umidade relativa do ar circunjacente. O grau de umidade é atribuído à impermeabilidade da testa com a ação valvular do hilo (Hyde, 1954). O hilo funciona como uma válvula higroscópica. Ocorre uma fissura ao longo da depressão do hilo que se abre quando a semente é envolvida por ar seco e se fecha quando o ar ao seu redor umedece. Por este motivo a penetração de umidade é impedida e a perda de vapor, possibilitada. Na testa de sementes de leguminosas as células imediatamente abaixo da camada paliçádica são as células em ampulheta ou hipoderme (Corner, 1951).

A hipoderme constitui-se de uma camada de células uniformes, continua em toda a testa, com exceção da região do hilo, onde está ausente. Ela é formada por células esclerenquimatosas com parede celular de espessura desuniforme, chamadas de osteoesclerídeos, com a presença de grandes espaços intercelulares. Corner (1951), observou os espaços entre as células em ampulhetas de algumas leguminosas.

Já o parênquima lacunoso é composto de 6-8 camadas de células, as quais são tangenciais à superfície da testa, possuem parede celular fina e protoplasma ausente. De acordo com Esau (1977), na parte mais externa do parênquima as células apresentam-se grandes e alongadas, enquanto na interna elas são menores e bastante ramificadas. O parênquima está presente em toda a testa da semente, com exceção da região do hilo, onde há três camadas diferentes: uma camada mais externa na qual as células parênquimatosas são dispostas radialmente e com grande espaço intercelular e estão em contato com os osteoesclerídeos, a camada mediana de parênquima na qual as células apresentam-se ramificadas ao redor do hilo, são de formato achatado e tamanho reduzido, possuindo pequenos feixes de vasos em espirais, e uma camada mais interna, formada por células parenquimáticas mais ou menos típicas (Dzikowski, 1936, citados por Carlson & Lersten, 1987).

Em sementes de soja, a espessura das quatro camadas da testa em conjunto pode variar de 70 à 100 micrometros, sendo que existe variação entre as cultivares. No entanto, essa característica é constante dentro de cada cultivar e é controlada geneticamente (Caviness & Simpson, 1974).

A presença ou não de poros e sua quantidade, forma e tamanho na superfície da testa também é controlado geneticamente. Os poros parecem estar relacionados com a absorção de água, sendo que em sementes duras ou eles estão ausentes ou apresentam-se em pequena quantidade (Calero, 1979).

Calero et al. (1981), por meio de estudos microfotográficos, revelaram que a capacidade de absorção de água pelas sementes de soja pode ser controlada pela forma, tamanho e funcionalidade dos poros do tegumento e pela quantidade de material ceroso presente na epiderme. Quando não há poros e o material ceroso está presente na epiderme, a embebição de água pela semente é dificultada. No entanto, Wolf & Baker (1972) e Wolf et al. (1981) encontraram pequenos poros tanto nas cultivares de sementes duras como normais e concluíram que os poros não afetaram a permeabilidade do tegumento. Harris (1987), trabalhando com variedades de soja de sementes duras e normais verificou a presença de poros apenas nas sementes das variedades com tegumentos permeáveis, concluindo que fatores estruturais como os poros e os compostos fenólicos podem estar relacionados com a impermeabilidade da testa.

De acordo com Popinigis (1985), a estrutura responsável pela impermeabilidade do tegumento é a camada de células em paliçada, cujas paredes celulares são espessas e recobertas externamente por uma camada cuticular cerosa.

A busca de melhorias na qualidade fisiológica de sementes de soja despertou interesse dos pesquisadores pela utilização de sementes que possuam testa com certo grau de dureza, ou seja, testa impermeável ou semipermeável à água. As vantagens dessas características estão relacionadas à redução de flutuações de umidade nas sementes (Hartwig & Potts, 1987); reduzida incidência de patógenos transmitidos por sementes (Braccini et al., 1994); maior tolerância à deterioração em campo, mesmo em condições extremas de estresse (Giglioli & França Neto, 1982); maior resistência aos danos mecânicos durante a colheita (França Neto et al., 1983); menor incidência de danos provocados por percevejos (França Neto et al., 1983) e maior potencial de armazenamento (Dassou & Kueneman, 1984).

Sementes duras ou impermeáveis, segundo Woodstock (1988), podem ser resultantes de uma organização compactada de microfibrilas de celulose na parede celular. Esta, por sua vez, pode ser impregnada com substâncias impermeáveis à água, tais como lignina, ceras, suberinas ou tanino (McDougall et al., 1996). São compostas abundantemente pelos polissacarídeos celulose e hemicelulose, e de polímeros fenilpropanóides conhecidos como lignina.

A inclusão de lignina na parede tem origem na lamela média, partindo em direção ao interior da parede secundária. Inicialmente, ocorre o crescimento da parede primária que corresponde à fase em que a célula aumenta de tamanho, e depois o crescimento da parede secundária, fase em que a parede celular torna-se progressivamente mais espessa, a partir da borda interna da parede primária, em direção ao centro da célula, ocorrendo a deposição de polímeros de lignina. O efeito deste padrão de deposição de lignina torna a região lamela média/parede celular primária mais intensamente lignificada (Jung & Alen, 1995).

O termo lignina é utilizado para designar um grupo de substâncias com unidades químicas semelhantes. Segundo Panobianco (1997), a estrutura química da lignina é muito complexa e ainda não muito bem definida. Butler & Bailey, citados por Silva (1981), referem-se à lignina como um polímero, 3-metóxi-fenil-propenol e 3-5-di-metóxi-fenil-propenol, ligados em proporções variadas e em seqüência casualizada, originando grande variedade de produtos, o que dificulta a sua exata definição. De acordo com Esau (1976), a lignina constitui-se de uma substância ou mistura de substâncias orgânicas de elevado conteúdo de carbono, mas diferente dos carboidratos, e que se encontra associada à celulose nas paredes de numerosas células. A lignina é impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica. Depois da celulose, é o polímero vegetal mais abundante, sendo encontrada na parede celular em maior quantidade (60% a 90%) (Egg Mendonça, 2001).

A impermeabilidade ao tegumento conferida pela lignina, exerce efeito significativo sobre a capacidade e velocidade de absorção de água através deste, interferindo desse modo, na quantidade de líquidos liberados para o meio externo durante a fase de embebição no processo de germinação de sementes (McDougall et al., 1996).

Diferenças no teor de lignina entre genótipos de soja foram observadas por diversos autores (Tavares et al., 1987; Carbonell et al., 1993; Alvarez, 1994; Carbonell & Krzyzanowski, 1995), tendo o conteúdo de lignina no tegumento sido correlacionado com a resistência da semente ao dano mecânico. Segundo Carbonell & Krzyzanowski et al. (1993), a susceptibilidade ao dano mecânico apresenta grande variabilidade genética, e é um caráter importante para a qualidade das sementes de soja. Alvarez (1994) e Panobianco (1997) observaram uma relação direta entre a resistência ao dano mecânico e aos teores de lignina no tegumento de sementes de soja, comprovando a resposta diferencial entre cultivares.

Nos programas de melhoramento genético de soja buscam-se a seleção de genótipos com elevados teores de lignina, maior que 5,0 %, por apresentarem maior resistência ao impacto mecânico em relação ao desenvolvimento de cultivares com testa impermeável (Alvarez et al., 1997). No entanto, não está devidamente esclarecido a associação entre o teor de lignina e a qualidade fisiológica em sementes de soja.

Características morfológicas associadas à espessura e estrutura do tegumento também tem sido relacionadas com a qualidade de sementes. A estrutura do tegumento pode ser avaliada por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Com o auxílio da MEV, é possível obter uma imagem direta dos átomos na superfície de um material, formada por elétrons secundários e emitida da superfície de espécime irradiada pelo feixe de elétrons primários ou pelos

reespalhados, que apesar de gerarem imagens de pior qualidade podem indicar diferenças na composição elementar da amostra. Assim, a MEV destina-se basicamente ao exame de superfície das amostras, podendo-se ver superfícies internas, se fraturadas e expostas, utilizando-se, principalmente, elétrons secundários (Alves, 2006). Silva (2003), por meio de eletromicrografias de varredura de cortes transversais da testa das sementes de soja das cultivares M-Soy 8400 e M-Soy 8411 observou três camadas de células visíveis: camadas de células paliçádicas, camada de células em ampulheta e as células do parênquima lacunoso. A autora avaliou o comportamento dessas camadas de células que compõem a testa das sementes de soja, quando estas foram expostas a cinco períodos de envelhecimento acelerado (0, 24, 48, 72 e 96 horas) a 42° C e, aproximadamente, 100% de umidade relativa do ar. Para as cultivares avaliadas foi verificada redução na espessura das camadas da testa da semente de soja. A redução da espessura das camadas sugere um colapso das células que compõem tais camadas, o que pode estar relacionada com a redução do potencial germinativo.

O uso da microscopia eletrônica de varredura para a avaliação da espessura e estrutura do tegumento de sementes de soja e a associação dessas características com a qualidade fisiológica das sementes tem sido pouco explorado, o que justifica a realização de pesquisa nessa área.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – AGRIANUAL 2007. São Paulo: Instituto FNP, 2007, 520 p.

ALLARD, R. W. The analysis of genetic-environmental interactions by means of diallel crosses. **Genetics**, Baltimore, v. 41, n.3, p.305-318, 1956.

ALVAREZ, P. J. C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MANDARINO, J. M.; FRANÇA NETO, J.B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Tecnology**, Zurich, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.

ALVAREZ, P. J. C. **Relação entre o conteúdo de lignina no tegumento da semente de soja e sua relação ao dano mecânico**. 1994. 43 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Faculdade Estadual de Londrina, Londrina.

ALVES, E. **Apostila do curso introdutório à microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: UFLA, 2006. 43 p.

BACIU-MICLAUS, D. Contributions to the study of hrd seed and coat structures properties of soybeans. **Proceedings International Seed Test Association**, Wellington, v. 35, p. 599-617, 1970.

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

BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIM, C. A.; MOTTA, I. S. Germinação e sanidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas em diferentes épocas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, p. 1017-1022, 2000.

BRACCINI, A. L.; DHINGRA, O. D. Identificação de fungos em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e pepino (*Cucumis sativus* L.) por diferentes métodos de detecção. **Revista Unimar**, Maringá, v. 18, N. 3, p. 495-503, set. 1996.

BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; SEDYAMA, C. S.; SEDYAMA, T. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária da semente de genótipos de soja (*Glycine*

max (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 195-200, 1994.

BRATUAGAR, P. S. Importance and future prospects for genetic diversity for yield improvement. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 6., 1999, Chicago. **Proceedings...** Chicago, 1999. p.185.

CALERO, E. **Water absorption of soybean seeds and associated causal factors**. 1979. 46 p. Thesis (M.Sc.) - University of Florida, Gainesville, 1979. 46 p.

CALERO, E.; WEST, S. H.; HINSON, K. Water absorption of soybean seeds and associated causal factors. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p. 926-933, Nov./Dec. 1981.

CARBONELL, S.A.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistant to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, Zurique, v.23, n.2, p. 331-339, 1995.

CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FONSECA JUNIOR, M.C.N.O. Teor de umidade das sementes de soja e métodos de avaliação do dano mecânico provocado no teste do pêndulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1277-1285, nov. 1993.

CARLSON, J. B.; LERSTEN, N. R. Reproductive morphology. In: WILCOX, J. R. **Soybeans: improvement, production, and uses**. 2nd ed. Madison: American Society of agronomy, 1987. Chapter 4, p. 95-134. Monograf 16.

CARTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybean. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The soybean**. New York: Plennun Press, 1967. p.162-220.

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

CAVINESS, C.E.; SIMPSOM, A.M.JR. Influence of variety and location on seed coat thickness of mature soybean seed. **Proceedings Association of seed Analanalysis**, Wellington, v. 64, p. 102-108, 1974.

CORNER, E. J. The leguminous seeds. **Phytomorphology**, New Delhi, v. 1, p. 117-150, 1951.

COSTA, A. V. *Avaliação da qualidade fisiológica da semente de soja (Glycine max (L.) Merrill) com tegumento impermeável, produzida em três localidades do Brasil Central*. 1984. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

COSTA, A. V. Retardamento da colheita após a maturação e seu efeito sobre a qualidade da semente e emergência de plântulas em 18 cultivares e linhagens de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1978, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1979. v. 2, p. 293-308.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.

DASSOU, S.; KUENEMAN, E. A. Screening methodology for resistance to field weathering of soybean seed. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 4, p. 774-779, July/Aug. 1984.

DAVIES, D. R. Studies of seeds development in *Pisum sativum*. I – Seed size in reciprocal crosses. **Planta**, Berlin, v.124, n. 3, p. 297-302, 1975.

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

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

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

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 2000/2001**. Londrina, 2000. 225 P. (Documentos, 145).

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 293 p.

ESAU, K. **Anatomy of seeds plants**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 550 p.

FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A., GIGLIOLI, J. L. Efeito do retardamento de colheita sobre a qualidade de duas linhagens de soja com tegumento impermeável à água. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Resultados de pesquisa de soja 1982/1983**. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1983. p. 65-69.

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

GIGLIOLI, J. L.; FRANÇA NETO, J. B. Efeito da escarificação mecânica e do retardamento de colheita sobre a emergência de sementes de soja com tegumento impermeável. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais ...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1982. v.1. p. 601-609.(EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 1).

GIZLICE, Z.; CARTER JÚNIOR, T. E.; BURTON, J. W. Genetic base for North American public soybean cultivars released between 1947 and 1988. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 5, p. 1143-1151, Sept./Oct. 1994.

GREEN, D. E.; PINNELL, E. L.; CAVANAH, L. E.; WELLIAMS, L. F. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, n. 1, p. 165-168, Jan./Feb. 1965.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 9, p. 462-493, 1956.

HALLAUER, S. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

HALL, T. C.; McLEESTER, R. C.; BLISS, F. A. Equal expression of the maternal and paternal alleles for polypeptide subunits of the major storage protein of the bean *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, Washington, v. 59, n. 6, p.1122-1124, June 1977.

HARRIS, W. H. Comparative ultrastructure of developing seed coats of “hard-seeded” varieties of soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 148, n. 3, p. 324-331, Sept. 1987.

HARTWIG, E. E.; POTTS, H. C. Development and evaluation of impermeable seed coats for preserving soybean seed quality. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 3, p. 506-508, May/June 1987.

HENNING, A. A.; CAMPELO, G. J.; SILVA, I. A. Efeito do teor de umidade e ambiente sobre a qualidade da sementes de soja armazenada em Terezina, PI. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -CNPq. **Resultados de Pesquisa de Soja 1984/85**. Londrina, 1985. p. 448-450.

HIROMOTO, D. M.; VELLO, N. A. The genetic base of Brazilian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p. 295-306, jun. 1986.

HYDE, E. O. C. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to ripening of the seed and the permeability of the testa. **Annals of Botany**, London, v. 18, n. 70, p. 241-256, 1954.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economy Botany**, New York, v. 24, n. 4, p. 408-421, 1970.

HYMOWITZ, T.; SINGH, R. J.; KOLLIPARA, K. P. Biosystematics of the genus *Glycine*, 1996. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v. 24, p. 119-120, May 1997.

JINKS, J. L. A survey of the genetical basis of heterosis in a variety of diallel crosses. **Heredity**, Oxford, v. 9, p. 223-238, 1955.

JUNG, H. G., ALLEN, M. S. Characteristics of plants cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.

KUO, W. H. J. Delayed-permeability of soybean seeds: characteristics and screening methodology. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.17, n.1, p.131-142, Sept. 1989.

LELEJI, O. I.; DICKSON, M. H.; CROWER, L. V.; BOURKE, J. B. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v.12, n.2, p. 168-171, Abr. Mar./Apr. 1972.

MARCOS FILHO, J. Maturação de sementes de soja da cultivar Santa Rosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 49-63, 1979.

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

MELO, P. C. T. **Heterose e capacidade combinatória em um cruzamento dialélico parcial entre seis cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).** 1987. 110 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MESQUITA, I. A. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1989. 70 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

MONDRAGON, R. L.; POTTS, H. C. Field deterioration of soybean as affected by environment. **Proceedings of Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v. 64, p. 63-71, 1974.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. C. Características agrônômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.

PANOBIANCO, M. **Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e relação com o conteúdo de lignina no tegumento.** 1997. 59 p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

PASCHAL II, E. H.; ELLIS, M. A. Variation in seed quality characteristics of tropically grow soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 5, p. 837-840, Sept./Oct. 1978.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro.** 2004. 53 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

POLIGANO, G. B. Breeding for protein percentage and seed weight in *Phaseolus vulgaris* L. **The Journal Agricultural Science**, London, v. 1, p. 191-197, Aug. 1982.

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

PORTER, W. M. **Genetic control of protein and sulfúur contents in dry bean, *Phaseolus vulgaris* L.** 1972. Thesis (Ph. D) – Purdue University, Purdue.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. **Genética na agropecuária**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2004. 472 p.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 173 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba.

ROVERI JOSÉ, S. C. B.; VON-PINHO, É. V. R.; VON-PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA-FILHO, J. L. Características físicas do pericarpo de sementes de milho associadas com a tolerância à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 125-131, 2005.

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

SILVA, C. M.; MESQUITA, A. N.; 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, D. J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa: UFV, 1981. 166p.

SILVA, E. R., BRANDÃO, S. S.; GOMES, F. R.; GALVÃO, J. D. Comportamento de variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em algumas localidades de Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 10, n. 6, p. 123-183, jun. 1970.

SILVA, M. A. D. **Morfologia da testa e potencial fisiológico de sementes de soja**. 2003. 84 p. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de sementes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SING, B. B.; HADLEY, H. H. Maternal and cytoplasmic effects on seed protein content in soy beans. *Glycine max* L. Merril. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 5, p. 583-585, Sept./Oct. 1972.

SOUSA, L. V. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a qualidade fisiológica de sementes de feijão**. 2003. 53 p. (Dissertação

em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, n. 3, p. 923-932, Mar. 1942.

SWANSON, B. G.; HUGHES, J. S.; RASMUSSEN, H. Seed microstructure: review of water imbibition in legumes. **Food Microstructure**, Chicago, v. 4, n. 1, p.115-124, 1985.

TAVARES, D. Q.; MIRANDA, M. A. C.; UMINO, C. Y.; DIAS, G. M. Características estruturais do tegumento de sementes permeáveis e impermeáveis de linhagens de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 147-153, jul. 1987.

VAN RAAMSDONK, L. W. D. The cytological and genetical mechanisms of plant domestication exemplified by four crop models. **The Botanical Review**, New York, v. 61, n. 4, p. 367-399, Oct./Dec. 1995.

VELLO, N. A.; HIROMOTO, D. M.; AZEVEDO-FILHO, A. J. B. V. Coefficient of parentage and breeding of Brazilian soybean germplasm. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 3, p. 679-697, set. 1988.

VIANA, J. M. S. **Teoria e análises de cruzamentos dialélicos parciais com aplicação no melhoramento genético do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1995. 100 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VIEIRA, L. R. D. et al. Estudo da qualidade fisiológica de semente de soja (*Glycine 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. v. 1., p. 633-644.

WOLF, W. J.; BAKER, F. L. BERNARD, R. L. Soybean seed coat structural features: pits, deposits and cracks. **Scanning Electron Microscopy, Chicago**, v. 3, n. 3, p. 531-544, 1981.

WOLF, W. J.; BAKER, F. L. Scanning electron microscopy of soybean. **Cereal Sci. Today**, St. Paul, v. 17, n. 5, p. 125-131, 1972.

WOODSTOCK, L. W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal Seed Technology**, Springfield, v. 12, n. 1, p. 1-15, 1988.

WRICKER, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selections in plant breeding**. Berling: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

CAPÍTULO 2

1 RESUMO

MENEZES, M. **Seleção de genótipos para à qualidade fisiológica de sementes de soja.** 2008. Cap. 2. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A soja é uma cultura de grande expressão econômica, colocando o País em posição de destaque, como o segundo maior produtor e o maior exportador de grãos. Devido à elevada produção de grãos, há demanda por um grande volume de sementes de alta qualidade. Sabe-se que a qualidade de sementes de soja é altamente influenciada pelas condições climáticas e características genéticas da cultivar. No entanto, pouco se conhece sobre o controle genético para a característica de qualidade de sementes de soja, havendo necessidade de seleção de materiais contrastantes para essa característica para a realização de um sistema de cruzamento envolvendo a análise dialética. Na primeira etapa dessa pesquisa foram avaliadas 16 cultivares de soja quanto à qualidade fisiológica das sementes. Para isso, sementes dessas cultivares foram produzidas em campo na área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, em Lavras, MG. A colheita das sementes foi realizada no estádio R8, a secagem das vagens na sombra e a debulha manual quando as sementes apresentavam 12% de teor de água. Em seguida, as sementes foram submetidas aos testes de primeira contagem e contagem final de germinação, emergência em canteiro, teste de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. Por meio desse estudo foi observada variabilidade genética entre cultivares de soja para a característica de qualidade fisiológica avaliada por meio de testes de germinação e vigor.

* Comitê Orientador: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Orientadora), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

2 ABSTRACT

MENEZES, M. **Selection of soybean genotype through physiological quality**. 2008. Chap. 2. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The soybean is a crop with enormous economic importance, placing Brazil as the second largest producer and the largest exporter of the world. Due to the larger production of grains, there is a demand for a higher volume for seeds with quality. It is known that the quality of soybean is highly influenced by the environment conditions and genetic characteristics. However, little is known about the genetic control of seed quality characteristic of soybean seeds. This shows the needs for selection of contrasting materials for this characteristic to perform a crossing system involving a diallel analysis. Thus, in the first step of this research 16 soybean cultivars were evaluated regarding the physiological quality of the seeds. With this purpose, seeds from these 16 cultivars were produced in a experimental field from the Department of Agriculture at the Federal University of Lavras, State of Minas Gerais-Brazil. The soybean was harvested at the R8 stage, dried in the shade and manually cleaned when the seeds reached 12% of moisture content. Following, the seeds were submitted to first and final count of germination, seedling emergency and conductivity and accelerated aging test. The results showed genetic variability among the soybean cultivars analyzed for physiological quality of the seeds.

* Guidance Committee: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Adviser), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

3 INTRODUÇÃO

Com o aumento da produção de grãos de soja há demanda crescente por sementes, existindo cada vez mais preocupação por parte das empresas produtoras de selecionar e registrar cultivares que sejam produtivas e que também apresentem boa qualidade fisiológica das sementes. Para isso, nos últimos anos, melhoristas têm se associado aos tecnologistas de sementes e, por meio de metodologias específicas, têm avaliado a qualidade fisiológica das sementes dessas cultivares.

No processo de seleção de cultivares que apresentam alta qualidade fisiológica de sementes, há necessidade inicialmente, de se avaliar a variabilidade existente para essa característica. A qualidade fisiológica das sementes de soja tem sido avaliada principalmente por meio de testes de germinação e de vigor e, dentre estes, pode-se citar o de envelhecimento acelerado e de emergência de plântulas (Marcos-Filho, 2005).

Braccini et al (2003) observaram nas duas contagens (cinco e oito dias) do teste de germinação, variabilidade de comportamento entre as cultivares de soja quanto à qualidade das sementes, tanto nas sementes colhidas no estágio R8, quanto nas colhidas 30 dias após o estágio R8.

Pelo teste de condutividade elétrica também é possível selecionar genótipos quanto à qualidade das sementes, com base nas diferenças de permeabilidade de membrana celular (Krzyzanowski, 1997). Os valores padrões de condutividade devem ser de até 70-80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, para lotes de sementes de soja de alto vigor, porém com forte tendência a apresentarem médio vigor (Vieira & Krzyzanowski, 1999). Essa diferença dos genótipos em relação à condutividade elétrica pode estar associada ao teor de lignina no tegumento. Tavares et al (1987), Alvarez (1994), Carbonell & Krzyzanowski (1995)

observaram diferenças no teor de lignina em diferentes cultivares de soja, cuja característica tem sido correlacionado com a resistência da semente ao dano mecânico. Segundo Carbonell & Krzyzanowski (1995), existe grande variabilidade genética para a susceptibilidade ao dano mecânico, a qual constitui caráter importante para a qualidade das sementes de soja. Alvarez (1994) e Panobianco (1999) observaram uma relação direta entre a resistência a esse tipo de dano e os teores de lignina no tegumento de sementes de soja, comprovando a resposta diferencial entre cultivares.

Neste trabalho, foi avaliada a variabilidade genética para a qualidade fisiológica de sementes entre diferentes cultivares de soja, por meio de testes de germinação e de vigor.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um campo para multiplicação de 16 cultivares de soja, cedidas pelas empresas COODETEC, Embrapa Soja (Londrina) e EPAMIG/CTTP (Uberaba). O experimento foi instalado em novembro de 2005 na área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA (Universidade Federal de Lavras), cujas coordenadas são: latitude 21°14'S, longitude 40°17'W e altitude de 918,80m. O clima se enquadra no tipo Cwb da classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 19,4° C e a pluviosidade se distribui principalmente de outubro a abril em valores anuais de 1529,7 mm.

A correção do solo e a adubação de semeadura foram realizadas de acordo com a análise de solo, sendo aplicados 1,1 ton/ha de agrosilício antes da semeadura e na adubação de semeadura, 300 Kg/ha da formulação 0-20-20. Foi utilizado o Bacsol® no substrato, um produto natural de ação biológica, na dosagem de 800g/ha no momento da semeadura. As sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax Thiram 200 SC na dosagem de 250 ml/100 Kg de sementes. A semeadura foi conduzida de modo a garantir 250.000-300.000 plantas/ha, e cada parcela foi constituída de quatro linhas de cinco metros lineares, em três repetições. Os tratos culturais foram realizados conforme as recomendações para a cultura.

No estágio reprodutivo R8, as plantas foram colhidas manualmente e as vagens secadas à sombra dentro da Usina de Beneficiamento de Grãos até as sementes atingirem o teor de água de aproximadamente 12%. A determinação do teor de água das sementes foi feita por meio do medidor de umidade digital G600, da Gehaka. As condições ambientais durante a secagem foram controladas por meio de um termohigrógrafo. Como as cultivares usadas tem diferentes períodos de florescimento e maturação, a colheita das mesmas iniciou

em março e terminou em junho. Os valores mensais de umidade relativa e temperatura do ar ambiente se encontram na Tabela 1.

TABELA 1. Valores mensais de umidade relativa e temperatura do ar ambiente correspondente ao período de secagem das sementes. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Mês	UR máx.	UR mín.	T máx.	T mín.
Março	95%	51%	27° C	16° C
Abril	90%	50%	25° C	13° C
Maió	90%	35%	24° C	11° C
Junho	93%	34%	21° C	9° C
Médias	92%	42,5%	24,25° C	12,25° C

As sementes foram debulhadas manualmente e armazenadas em câmara fria e seca regulada para uma temperatura de 10°C e umidade relativa de 50% até a realização das avaliações da qualidade. As sementes retidas na peneira de crivo circular 14 foram tratadas com o fungicida Vitavax Thiran 200 SC na dosagem de 250 mL/100 Kg de sementes antes das avaliações fisiológicas, com exceção do teste de condutividade elétrica, realizado com sementes não tratadas.

As sementes foram submetidas aos testes de germinação e vigor como descritos à seguir:

4.1 Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado com 300 sementes de cada cultivar de soja, distribuídas em 6 repetições de 50 sementes. As sementes foram semeadas entre papel tipo Germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel, visando umedecimento adequado e uniformização do teste. As sementes permaneceram no germinador regulado para 25±1°C. As avaliações foram realizadas aos cinco dias (primeira contagem) e oito dias (contagem final), computando-se a porcentagem de plântulas

normais, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de sementes (Brasil, 1992).

4.2 Emergência em canteiro

Cinquenta sementes, por repetição, para cada cultivar em um total de 300, foram semeadas em canteiro contendo partes iguais de areia e terra. As sementes de cada repetição foram distribuídas em sulco de 1m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 7cm e a profundidade de semeadura foi de 3cm. As irrigações foram realizadas diariamente e as contagens do número de plântulas emergidas, com cotilédones totalmente expostos, foram realizadas diariamente até a estabilização do estande.

Para o cálculo do índice de velocidade de emergência, foi utilizado a fórmula de Maguire (1962), citado por Viera & Carvalho (1994):

$$IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Em que:

- IVE = índice de velocidade de emergência;
- $G1, G2, \dots, Gn$ = número de plântulas emergidas com cotilédones totalmente expostos, computadas na primeira contagem, segunda contagem, ..., última contagem;
- $N1, N2, \dots, Nn$ = número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

A porcentagem de emergência foi realizada aos 12 dias da sementeira, considerando plântulas emergidas, aquelas com cotilédones abertos e folha primária visível.

4.3 Teste de condutividade elétrica

Na avaliação da condutividade elétrica na solução de embebição das sementes, foram utilizadas seis amostras de 50 sementes, para cada cultivar, aparentemente intactas e pesadas com precisão de 0,01g. Em seguida, foram colocadas em copos de plásticos (capacidade de 200 ml) contendo 75 mL de água destilada durante 24 horas à temperatura de 25°C. Por meio de um condutivímetro de massa, marca DIGIMED, modelo CD 21A, foi efetuada a leitura da condutividade da solução de embebição das sementes de cada cultivar e os resultados expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de sementes (Vieira & Carvalho, 1994).

4.4 Envelhecimento acelerado

O método utilizado foi o de mini câmaras do tipo “gerbox”, em que 42g de sementes foram distribuídas sobre uma tela suspensa no interior da caixa contendo 40 mL de água e submetidas a temperatura de 42°C. Primeiramente, foi realizado um pré-teste para definir o melhor período de permanência das sementes nas condições do teste. O período de 48 horas foi insuficiente para diferenciar as cultivares e 96 horas de incubação foi extremamente prejudicial às sementes. A metodologia adotada foi a permanência das sementes durante 72 horas, numa temperatura de 42°C. Em seguida, foi realizado o teste de germinação (Vieira & Carvalho, 1994) com 6 repetições de 50 sementes para cada cultivar. Foram consideradas plântulas normais as que apresentavam raiz principal superior a 5 cm de comprimento, no sétimo dia após a sementeira.

4.5 Procedimento estatístico

O delineamento utilizado para a instalação do experimento de campo foi o de blocos casualizado com três repetições para o controle de possíveis interferências das condições do solo na qualidade fisiológica. Nos testes realizados para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições uma vez que não houve significância para blocos. Os dados foram interpretados estatisticamente por meio da análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5%. As análises foram realizadas no programa estatístico SISVAR (Sistema de Análise de Variância) (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos valores médios obtidos na primeira contagem do teste de germinação (Tabela 2) não houve diferença na qualidade fisiológica entre as sementes dos genótipos de soja avaliados, com exceção da cultivar Engopa 316, na qual foi observada menor vigor. Já na contagem final do teste de germinação foi observada diferença com relação à viabilidade entre os genótipos de soja. Nas sementes das cultivares CD 202, Robusta, Santana, CD 215, Conquista, Liderança, Doko, CD 201, Vencedora e M-Soy 8400 foram observados valores iguais ou superiores a 95% de germinação e menores valores de germinação nas sementes da cultivar Engopa 316. Nas demais cultivares foram observadas as menores médias de germinação. O teste de germinação tem sido utilizado pela facilidade de padronização, no entanto, fornece informações sobre o potencial de germinação sob condições ótimas, não sendo possível detectar o progresso da deterioração das sementes, indicando apenas os estádios finais do mesmo.

Braccini et al. (2003) observaram aos cinco e oito dias do teste de germinação, variabilidade de comportamento entre as cultivares de soja quanto à qualidade das sementes, tanto nas sementes colhidas no estágio R8, quanto nas colhidas 30 dias após o estágio R8.

TABELA 2. Valores médios da primeira contagem (1C) e contagem final (CF) do teste de germinação (TG) de sementes das cultivares de soja. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	1C TG (%)		Cultivares	CF TG (%)	
Robusta	90	A	CD 202	95	A
CD 206	86	A	Robusta	95	A
Savana	85	A	Santana	95	A
Liderança	93	A	CD 215	96	A
M-Soy 8001	90	A	Conquista	97	A
Garantia	90	A	Liderança	97	A
CD 215	91	A	Doko	97	A
CD 202	84	A	CD 201	97	A
M-Soy 8400	96	A	Vencedora	98	A
Conquista	92	A	M-Soy 8400	99	A
DM 339	90	A	Garantia	92	B
CD 201	94	A	DM 339	93	B
Santana	90	A	Savana	93	B
Doko	91	A	CD 206	93	B
Vencedora	91	A	M-Soy 8001	94	B
Engopa 316	70	B	Engopa 316	87	C
Média (%)	89		Média (%)	95	
C.V. (%)	7,26		C.V.(%)	4,8	

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

Os resultados referentes ao teste de emergência em canteiro estão apresentados na Tabela 3. Pela porcentagem final de plântulas emergidas não foi possível diferenciar as cultivares. No entanto, uma maior velocidade de emergência, avaliada pelo índice de velocidade de emergência (IVE), foi verificada para as sementes das cultivares Vencedora, CD 206, CD 201, Liderança, M-Soy 8400, Robusta e Garantia. Menor índice foi observado em sementes da cultivar Savana.

A emergência em campo normalmente corresponde ao teste de germinação, quando as condições ambientais são extremamente favoráveis. Embora a época de semeadura no mês de julho não seja a recomendada para

cultura, valores superiores de germinação e de IVE foram observadas em sementes das cultivares Vencedora, CD 201, Liderança, M-Soy 8400 e Robusta.

TABELA 3. Valores médios da emergência em canteiro (EC) em porcentagem e índice de velocidade de emergência (IVE) das sementes das cultivares de soja. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	EC (%)		Cultivares	IVE	
Robusta	96	A	Vencedora	5,25	A
CD 206	92	A	CD 206	5,25	A
Savana	92	A	CD 201	5,56	A
Liderança	96	A	Liderança	5,31	A
M-Soy 8001	93	A	M-Soy 8400	5,33	A
Garantia	95	A	Robusta	5,34	A
CD 215	94	A	Garantia	5,59	A
CD 202	94	A	M-Soy 8001	4,97	B
Engopa 316	96	A	Santana	5,02	B
M-Soy 8400	97	A	Conquista	5,07	B
Conquista	96	A	DM 339	5,08	B
DM 339	98	A	Engopa 316	5,10	B
CD 201	98	A	CD 202	5,10	B
Santana	95	A	CD 215	5,11	B
Doko	98	A	Doko	5,14	B
Vencedora	97	A	Savana	4,59	C
Média (%)	95		Média (%)	5,15	
C.V. (%)	3,98		C.V.(%)	5,42	

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

Maiores valores de condutividade elétrica foram observados nas sementes da cultivar Savana (Tabela 4), nas quais houve desempenho inferior no teste de germinação e IVE (Tabelas 2 e 3). Embora a CD 201 também tenha apresentado valor de condutividade elevado, não houve relação com a redução na qualidade fisiológica de suas sementes. Já as cultivares Robusta e Vencedora, além de se destacarem no teste de germinação e IVE, também apresentaram baixos valores de condutividade elétrica. Paiva Aguerro (1995) verificou que para sementes de soja sob pequenas limitações para a germinação, a

condutividade não pode ser superior a $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Os valores padrões de condutividade a serem considerados, conforme Vieira e Krzyzanowski (1999), devem ser até $70\text{-}80 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, para lotes de sementes de soja de alto vigor, porém com forte tendência a apresentarem médio vigor. Esses valores são bem superiores ao maior valor encontrado nessa pesquisa ($48,12 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), indicando que parece existir cultivares com uma maior eficiência na reorganização de membranas, não significando propriamente em danos (José et al., 2004).

TABELA 4. Valores médios de condutividade elétrica (CE) das sementes das cultivares de soja. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de sementes)
Robusta	24,26 A
CD 206	24,45 A
Garantia	26,21 A
Vencedora	27,69 A
CD 215	30,59 B
Engopa 316	30,93 B
Santana	31,33 B
CD 202	32,70 B
Doko	32,81 B
DM 339	35,97 C
M-Soy 8400	36,01 C
Conquista	36,90 C
Liderança	38,15 C
M-Soy 8001	43,08 D
CD 201	43,37 D
Savana	48,12 E
Média (%)	33,91
C.V. (%)	12,12

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

O teste de condutividade elétrica tem sido proposto para a avaliação do vigor das sementes, sendo relacionado com a integridade das membranas celulares. Evidências de variabilidade genética para a permeabilidade de

membranas celulares em sementes de soja foram constatadas por Kryzanowski et al. (1997), que observaram que este teste mostrou-se promissor para seleção de genótipos quanto à qualidade das sementes, com base nas diferenças de permeabilidade de membrana celular.

Os valores de vigor das sementes, no teste de envelhecimento, variaram de 67 a 98% (Tabela 5). No teste de envelhecimento acelerado a taxa de deterioração das sementes é aumentada por meio de sua exposição às condições adversas de temperatura e umidade relativa, provocando alterações degenerativas no metabolismo das sementes.

TABELA 5. Valores médios do teste de envelhecimento acelerado (EA) das sementes das cultivares de soja. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Cultivares	EA (%)	
M-Soy 8400	98	A
DM 339	96	A
Santana	96	A
Conquista	95	A
Liderança	93	A
Engopa 316	93	A
Garantia	91	A
Doko	89	B
Vencedora	89	B
CD 206	87	B
CD 201	86	B
Savana	85	B
Robusta	85	B
M-Soy 8001	82	B
CD 202	70	C
CD 215	67	C

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

A deterioração nas sementes das cultivares CD 202 e CD 215 foram mais severas, podendo ter sido desencadeada por uma maior perda de integridade do sistema de membranas celulares, promovendo um descontrole do

metabolismo e, conseqüentemente, redução da viabilidade dessas sementes, o que não foi detectado no teste de germinação (Tabela 2). Já para a cultivar Engopa 316, a condição do teste de envelhecimento favoreceu a germinação das sementes, comparada aos testes de primeira contagem e contagem final de germinação e IVE em canteiro. Provavelmente, as condições de alta temperatura e umidade podem ter reduzido a severidade de incidência de fungos associados às sementes. Outra hipótese é o fato de que essa temperatura mais elevada pode ter influenciado no sistema enzimático envolvido no processo germinativo. Maior vigor foi observado em sementes das cultivares M-Soy 8400, DM 339, Santana, Conquista, Liderança, Engopa 316 e Garantia e menor vigor nas cultivares CD 202 e CD 215.

Com base nos resultados obtidos na avaliação da qualidade fisiológica das 16 cultivares de soja, foi possível observar que há variabilidade genética que determina diferença no comportamento das sementes para esse caráter, uma vez que as sementes foram produzidas sob as mesmas condições ambientais. Por meio dos testes de envelhecimento acelerado e índice de velocidade de emergência foi possível selecionar as cultivares M-Soy 8400, CD 201 e CD 206 com sementes de alta qualidade fisiológica e as cultivares Savana, CD 202 e CD 215, com sementes de baixa qualidade.

6 CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética entre cultivares de soja para a característica de qualidade fisiológica avaliada por meio de testes de germinação e vigor.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, P. J. C. **Relação entre o conteúdo de lignina no tegumento da semente de soja e sua relação ao dano mecânico**. 1994. 43 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Faculdade Estadual de Londrina, Londrina.

BRACCINI, A. L.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BIO, F. E. I.; SCHUAB, S. R. P. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 449-457, July/Dec. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistance to mechanical damage. **Seed Science and Tecnology**, Zurich, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. 2000, São Carlos. **Anais....** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

JOSÉ, S. C. B. R.; VON-PINHO, É. V. R.; VON-PINHO, R.G. ; SILVEIRA, C. M. da. Tolerância de sementes de linhagens de milho a alta temperatura de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1107-1114, set./out. 2004.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P.; HENNIG, A. A.; KASTER, M. Permeabilidade de membrana de célula de sementes de soja. In: _____. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1996**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. p. 145-148. (Documentos, 104).

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2005. 495 p.

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

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science Technology**, Zurich, v. 27. n. 3, p. 945-949, 1999.

TAVARES, D. Q.; MIRANDA, M. A. C.; UMINO, C. Y.; DIAS, G. M. Características estruturais do tegumento de sementes permeáveis e impermeáveis de linhagens de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. **Revista Brasileira Botânica.**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 147-153, jul. 1987.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

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

CAPÍTULO 3

1 RESUMO

MENEZES, M. **Controle genético da qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2008. Cap. 3. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A obtenção de cultivares de soja com alta qualidade fisiológica é importante durante o processo de seleção nos programas de melhoramento de soja no Brasil em função das condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar que podem ocorrer em regiões produtoras de sementes. Para isso é importante conhecer o controle genético para a característica de qualidade fisiológica, direcionando a seleção nos programas de melhoramento. Sendo assim, o objetivo nesta pesquisa foi estudar o controle genético para a qualidade fisiológica de sementes de soja. A partir de três cultivares com alta qualidade fisiológica e três com baixa, previamente selecionadas, foram obtidas sementes híbridas F_1 , incluindo os recíprocos, utilizando-se o sistema de cruzamento dialélico parcial mais as linhagens parentais. As sementes foram colhidas no estádio R8, manualmente e secadas à sombra até atingirem o teor de água de aproximadamente 12%. A partir das sementes F_1 foram obtidas a F_2 para obtenção de maior quantidade de sementes. As condições de semeadura e colheita foram as mesmas adotadas na safra anterior. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio do teste de envelhecimento acelerado com avaliações aos 5º e 11º dias e pelo índice de velocidade de germinação. Os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, bem como os efeitos recíprocos, foram significativos para a qualidade fisiológica de sementes, indicando que tanto os efeitos gênicos aditivos quanto os não-aditivos estão envolvidos no controle dessa característica e que a mesma pode ser explicada pelo efeito materno. A partir da variação genética observada é possível desenvolver genótipos com alta qualidade fisiológica por meio de cruzamentos direcionados.

* Comitê Orientador: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Orientadora), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

2 ABSTRACT

MENEZES, M. **Genetic control of the physiological quality in soybean seeds.** 2008. Chap. 3. Thesis (Doctorate in Agronomy) - Federal University of Lavras, Lavras.*

The selection of soybean cultivars with high seed physiological quality is important task during breeding program in Brazil due to the adverse conditions of temperature and relative humidity that takes place in some regions of Brazil. Thus, is important to know the genetic control for the seed physiological quality during selection in breeding programs. Therefore, this work had the objective to study the genetic control for seed physiological quality in soybean. F₁ hybrid seeds were obtained using three cultivars, previously selected, from seeds with high physiological quality and three with low physiological quality, including the reciprocal, using the system of partial diallel crosses plus the parental lines. Soybean was manually harvested at the stage R8 and the seed were dried in the shade until water content of about 12%. To increase the quantity of seeds, the generation F₁ was multiplied and generation F₂ was obtained. The sowing and harvesting conditions were the same as the previous season. Seed physiological quality was evaluated by means of accelerated aging test at days 5 and 11 and the germination speed index. The effects of general capacity and specific combination as well as the reciprocal effects were significant for physiological quality of the seeds, which indicates that both gene additives effects as well as non-additives were involved in the control of this characteristics and that the effect can be explained by the maternal effect. From the genetic variation observed is possible to develop genotypes with high physiological quality through crossings targeted.

* Guidance Committee: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Adviser), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

3 INTRODUÇÃO

A produção de sementes de alta qualidade é importante para assegurar estandes adequados de plantas, fator esse diretamente relacionado com a produtividade de grãos.

No Brasil, perdas na qualidade de sementes de soja tem ocorrido principalmente em função de condições adversas na pré-colheita em regiões produtoras de sementes. Assim, a seleção de genótipos com alta qualidade fisiológica de sementes pode garantir a produção de sementes com maior vigor e viabilidade, o que justifica a avaliação dessa característica nos programas de melhoramento de soja. Para isso é importante estudar os sistemas gênicos que determinam as características quantitativas de interesse em relação à população base ou aos genitores escolhidos. Isso permitirá avaliar a variabilidade genética existente na população de referência ou no grupo de pais selecionados, bem como inferir sobre os tipos e as importâncias relativas das interações gênicas que atuam na determinação dos caracteres, favorecendo a escolha do processo seletivo que maximize os ganhos esperados com a seleção.

Nesses estudos é comum o uso do sistema de cruzamentos de dialelo como o proposto por Griffing (1956), pelo qual são estimados os efeitos das capacidades geral e específica de combinação (Cruz & Regazzi, 1994) e, se são incluídos os híbridos recíprocos, é possível avaliar a presença de efeitos gênicos extracelulares.

Apesar da maioria dos caracteres dos organismos superiores serem controlados por genes nucleares, existe outro grupo de caracteres que é herdado graças aos genes ou produtos gênicos presentes no citoplasma do gameta, no qual o gameta feminino contribui com quase a totalidade do citoplasma para o descendente. Para se estudar esse tipo de herança, deve-se verificar se existe diferença entre os resultados de um cruzamento e de seu recíproco, ou seja, os

descendentes de cada cruzamento terão sempre o mesmo fenótipo do genitor feminino, o qual contribui com o citoplasma. Este tipo de herança pode ser explicado pelo efeito materno (Ramalho et al., 2004).

Tem sido observada variabilidade genética entre genótipos de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes (Paschal II & Ellis, 1978; Costa, 1979), o que mostra a importância dessa característica nos processos de seleção de cultivares nos programas de melhoramento. Entretanto, são praticamente inexistentes trabalhos referentes ao estudo do controle genético para qualidade fisiológica de sementes de soja. Há relatos na literatura de vários caracteres de importância econômica com controle genético materno, como o teor da proteína em feijão (Leleji et al., 1972; Hall et al., 1977; Poligano, 1982), teor de metionina em feijão (Porter, 1972), tamanho da semente em feijão (Mesquita, 1989) e tegumento de feijão (Paula et al., 2004). Estudos desse controle é fundamental para o avanço dos trabalhos nos programas de melhoramento, permitindo um direcionamento no processo de seleção.

Sendo assim, o objetivo nessa pesquisa foi estudar o controle genético para qualidade fisiológica de sementes de soja, por meio de um dialelo parcial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas áreas experimentais dos Departamentos de Agricultura, de Ciências Florestais, de Biologia e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras.

A partir dos grupos de três cultivares com alta qualidade fisiológica (M-Soy 8400, CD 201, CD 206, designadas de A, B e C) e de três com baixa (CD 215, CD 202, Savana, designadas de 1, 2 e 3), respectivamente (Tabela 1), foram obtidas sementes híbridas F₁, incluindo os recíprocos, utilizando-se o sistema de cruzamento dialélico parcial, mais as linhagens parentais.

A seleção das cultivares foi realizada baseando-se em experimentos conduzidos anteriormente e nas informações das empresas obtentoras das mesmas.

TABELA 1. Descrição de cultivares de soja de alta qualidade fisiológica e baixa usadas para hibridação. UFLA, Lavras, 2008.

Cultivares	Classificação da qualidade fisiológica	Dias para o florescimento	Dias para a colheita	Cor da flor	Cor do hilo
M-Soy 8400 (A)	Alta	72 dias	153 dias	Roxa	Preto
CD 201 (B)	Alta	51 dias	125 dias	Branca	Marrom claro
CD 206 (C)	Alta	52 dias	124 dias	Roxa	Preto
CD 215 (1)	Baixa	50 dias	114 dias	Roxa	Marrom escuro
CD 202 (2)	Baixa	51 dias	115 dias	Branca	Marrom claro
Savana (3)	Baixa	77 dias	156 dias	Roxa	Marrom claro

As sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax-Thiran 200 SC na dosagem de 250 ml/100 Kg de sementes para o plantio. A semeadura foi

realizada em vasos plásticos com capacidade de 11L e o substrato composto de terra de barranco e areia, previamente peneirados e esterco bovino, na proporção de 2:1:1, respectivamente. A adubação foi realizada mediante análise de fertilidade do solo. Foram utilizados 1,4ton/ha de agrosilício, 750Kg/ha de SS (super simples), 500Kg/ha da formulação 0-30-10 e 150Kg/ha de KCL (cloreto de potássio). Essas dosagens por hectare foram convertidas em 2.000 m³ para calcular a quantidade aplicada por volume de vaso. Também foi utilizado o Bacsol® no substrato, um produto natural de ação biológica, na dosagem de 800g/ha no momento da semeadura.

As semeaduras das sementes das cultivares de soja foram realizadas em seis épocas distintas, nos dias 16/10, 26/10, 05/11, 15/11, 25/11 e 05/12/2006 para garantir a coincidência do florescimento entre os parentais. Em cada vaso foram cultivadas de 2 a 3 plantas. Até o início do florescimento os vasos permaneceram externamente à casa de vegetação sob condição ambiente e foram periodicamente irrigados. No início do florescimento foram transferidos para uma casa de vegetação de estrutura metálica, coberta de plástico e laterais constituídas de sombrite. A irrigação a partir desse momento foi conduzida sobre o substrato, evitando o contato da água com as flores.

Os cruzamentos foram efetuados manualmente entre as cultivares dos dois grupos formados. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura. As sementes das plantas parentais, das F₁ e recíprocos foram colhidas no estágio R8, manualmente e as vagens secadas à sombra até as sementes atingirem o teor de água de aproximadamente 12%.

A partir das sementes F₁ foi obtida a F₂ para a obtenção de maior quantidade de sementes para realização dos testes de qualidade fisiológica. As condições de semeadura e colheita foram as mesmas adotadas na safra anterior.

Para a determinação da qualidade fisiológica as sementes foram submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

No teste de envelhecimento acelerado foram utilizadas mini câmaras do tipo “gerbox”, na qual 50 sementes foram distribuídas sobre uma tela suspensa no interior da caixa contendo 40 mL de água (Krzyzanowski, 1999). Primeiramente foi realizado um pré-teste para a definição do período de permanência das sementes nas condições do teste. O período de 48 horas foi insuficiente para diferenciar as cultivares e o 96 horas de incubação foi extremamente prejudicial às sementes. Dessa forma, o período de envelhecimento das sementes foi de 72 horas numa temperatura de 42°C e umidade relativa próxima a 100%.

Após o envelhecimento, as sementes foram semeadas em 4 repetições de 50 sementes por amostra, em rolo de papel toalha, tipo Germitest, embebido em água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel, visando umedecimento adequado e uniformização do teste, a 25° C, segundo recomendações das Regras para Análise de sementes (Brasil, 1992). As avaliações foram realizadas no 5° e 11° dia em função de ter permitido melhor diferenciação entre as cultivares em relação a qualidade fisiológica das sementes, anotando-se o número de plântulas que atingiram o mínimo de 1 cm de hipocótilo e duas raízes seminais consideradas como plantas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem média das quatro repetições.

A velocidade de germinação das sementes envelhecidas artificialmente foi determinada conjuntamente com o teste de germinação. Foram realizadas as avaliações anotando-se, diariamente, a partir do 2° dia após a semeadura, o número de plântulas que atingiram o mínimo de 1 cm de radícula até a estabilização.

Posteriormente, foi determinada a velocidade de germinação, pela fórmula de Edmond & Drapala (1958), citado por Nakagawa (1999):

$$VG = \frac{(N1G1)}{G1} + \frac{(N2G2)}{G2} + \dots + \frac{(NnGn)}{Gn}$$

onde:

- VG = Velocidade de germinação (dias)
- G1, G2,... Gn: número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e contagem n;
- N1, N2...Nn: número de dias da semeadura em cada contagem.

4.1 Procedimento estatístico

Os testes realizados para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram analisados segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 1997) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott.

4.1.1 Estimativas das capacidades geral e específica de combinação e do efeito recíproco

A partir das médias da 1ª contagem de germinação, contagem final de germinação e velocidade de germinação das sementes dos progenitores e dos híbridos submetidas ao envelhecimento foram obtidas as estimativas da capacidade geral (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC).

Utilizando os resultados médios, foram estimados os parâmetros genéticos segundo o modelo dialélico proposto por Griffing (1956) e adaptado ao dialelo parcial (Cruz & Regazzi, 1994):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + e_{ij}$$

em que:

- Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$);
- m : média geral;
- g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i -ésimo genitor do grupo 1;
- g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j -ésimo genitor do grupo 2;
- s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação entre os genitores de ordem i e j dos grupos 1 e 2, respectivamente;
- r_{ij} : efeito recíproco que mede as diferenças proporcionais pelo genitor i , ou j , quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij ;
- e_{ij} : erro experimental médio associado à observação de ordem ij .

O efeito recíproco foi obtido por meio da fórmula:

$$r_{ij} = \frac{Y_{ij} - Y_{ji}}{2}$$

em que:

- r_{ij} : efeito recíproco que mede as diferenças proporcionais pelo genitor i , ou j , quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij ;
- Y_{ij} : média do híbrido F_2 i , ou j , quando utilizado como fêmea;
- Y_{ji} : média do híbrido F_2 j , ou i , quando utilizado como macho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dialélica Tabela 1A (Anexo), para os genitores G1 e G2 houve efeitos significativos, indicando a existência de variabilidade para a qualidade fisiológica das sementes avaliadas por meio dos testes de envelhecimento acelerado com contagem de plântulas normais aos 5º e 11º dias. Comparando os resultados entre os grupos de genitores, G1 vs G2 houve diferenças nos resultados observados na contagem final assim como na velocidade de germinação. Com relação aos híbridos (F₂) foram observadas significância nos parâmetros de primeira contagem de germinação, contagem final de germinação e velocidade de germinação. A comparação da média dos genitores com a média dos híbridos (F₂), feita por meio da fonte de variação (G vs H), foi significativa para todos os caracteres analisados. Lopes (2002), ao avaliar a porcentagem de óleo nas sementes de 21 genótipos de soja (6 parentais e 15 combinações dialélicas em F₂ sem recíproco), em dois locais diferentes, observou a existência de variabilidade tanto para parentais como para híbridos (F₂), nos dois locais avaliados. No entanto, quando avaliou a fonte de variação (P vs F₂), não houve significância, independentemente do ambiente, indicando que o comportamento do caráter % de óleo foi semelhante para os dois grupos de materiais genéticos avaliados.

Em outros trabalhos também foi verificado variabilidade genética existente nos genótipos de soja quanto à qualidade fisiológica de sementes (Paschal II & Ellis, 1978; Costa, 1979), podendo ser utilizada em programas de melhoramento genético. Panobianco (1999), estudando a variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e sua relação com o conteúdo de lignina no tegumento, concluiu que o efeito do genótipo encontrado pode ser consequência das características do tegumento da semente, assim como de outras características relativas ao embrião que podem alterar,

também, a condutividade elétrica para sementes com o mesmo padrão de qualidade fisiológica. Sousa (2003), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de feijão por meio da absorção de água em diferentes tempos de armazenamento, observou variabilidade genética tanto para a porcentagem de absorção de água como para a velocidade de germinação e emergência. Além disso, constatou também que a diferença se acentuou com o tempo de armazenamento das sementes.

Os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, bem como os efeitos recíprocos, foram significativos em todos caracteres utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, com exceção da velocidade de germinação para a capacidade geral de combinação do Grupo 2. Com esses resultados observa-se de uma maneira geral que tanto os efeitos gênicos aditivos quanto os não-aditivos estão envolvidos no controle desses caracteres. Roveri José et al. (2005), estudando o controle genético para a tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho, envolvendo doze linhagens, sendo seis tolerantes e seis intolerantes à alta temperatura de secagem, também observaram a presença de efeitos gênicos aditivos e não aditivos para a característica estudada.

Além disso, diferenças significativas foram verificadas para a CGC das cultivares do grupo 1, indicando que existem cultivares desses grupos que se comportam melhor na média geral dos cruzamentos, com as cultivares do grupo 2. O mesmo pode ser citado para as cultivares do grupo 2, quando cruzadas com as do grupo 1, com exceção para o caráter velocidade de germinação. Quanto ao efeito significativo da CEC (\hat{s}_{ij}), pode-se inferir que existem cruzamentos que diferem da média dos pais para as variáveis analisadas. De forma análoga, a significância do efeito recíproco (r_{ij}) indica efeito materno ou extracromossômico para a característica em questão.

As estimativas dos efeitos da CGC (\hat{g}_i) proporcionam informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos e têm sido de grande utilidade na indicação dos genitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional (Cruz & Regazzi, 1994). Elevadas estimativas de CGC, sejam positivas ou negativas, indicam genótipos superiores ou inferiores aos restantes, com os quais foram comparados, para uma determinada característica. Por outro lado, baixas estimativas indicam genótipos com combinações que não diferem significativamente da média dos cruzamentos no sistema dialélico (Lopes et al., 1985).

Estimativas altas e positivas da CGC para a característica 1ª contagem de germinação das sementes envelhecidas foi observada para a cultivar A (Tabela 2). Para as cultivares B e C a CGC foi negativa, apesar também de terem sido classificadas como de alta qualidade fisiológica. Esses resultados podem indicar que a seleção das cultivares de soja em apenas um local e em um ciclo de produção não seja suficiente para discriminação das mesmas, sendo necessários diferentes ciclos e diferentes regiões para avaliação. Roveri José (2005), ao avaliar o comportamento das linhagens de milho quanto à tolerância a alta temperatura de secagem, observou que algumas linhagens foram tolerantes em uma safra e intolerantes em outras.

TABELA 2. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para 1ª contagem de germinação após o envelhecimento acelerado. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	10,72	-18,78	8,06	29,94
B	-1,19	4,06	-2,86	-19,13
C	-9,53	14,72	-5,19	-10,81
CGC2	1,19	-4,05	2,86	

A média dos valores de 1ª contagem de germinação do envelhecimento acelerado envolvendo sementes provenientes dos cruzamentos em que a cultivar A participou como parental feminino foi de 49% e, como parental masculino, de 11% (Tabela 3), considerando as combinações nas quais os recíprocos foram incluídos.

As médias gerais de 1ª contagem de germinação do envelhecimento acelerado, correspondente aos cruzamentos em que as cultivares B e C participaram como parental feminino e masculino foram, respectivamente, de 0 e 37% e de 8 e 48% (Tabela 3).

Foi observada diferença na germinação média das sementes das cultivares quando as mesmas foram utilizadas como parental feminino e masculino. Quando a estimativa da CGC foi negativa essas diferenças tornaram-se mais acentuadas, como exemplo as cultivares B e C (Tabela 3), que apresentaram melhor performance quando utilizados como progenitor masculino.

TABELA 3. Valores médios em porcentagem da 1ª contagem de germinação após o envelhecimento acelerado das sementes, envolvendo três genitores no grupo 1 (G1) e no grupo 2 (G2), híbridos F₂ e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	G1
A ♀	61 c	26,25 g	60 c	9,5 i
A ♂	33,75 f	0 k	0 k	
B ♀	0 k	0 k	0 k	0 k
B ♂	37,5 e	74,5 b	0 k	
C ♀	0 k	19 h	6 j	2,5 k
C ♂	49,5 d	0 k	96 a	
G2	1,5 k	8 i	2,5 k	

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

♀: corresponde à linhagem quando utilizada como parental feminino; ♂: como parental masculino.

Para o caráter plântulas normais avaliadas aos 11º dias após a semeadura das sementes envelhecidas, a cultivar A apresentou CGC elevada e positiva (Tabela 4), com média nos cruzamentos que participou de 88 e 52 %, respectivamente, como genitor feminino e masculino (Tabela 5). Para as cultivares B e 1, com estimativas da CGC elevada e negativa (Tabela 4), esses valores foram de 65 e 94% e de 66 e 88%, respectivamente (Tabela 5).

TABELA 4. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para contagem final de germinação após o envelhecimento acelerado. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	8,19	-15,56	7,36	14,89
B	-3,72	12,53	-8,81	-8,19
C	-4,47	3,03	1,44	-6,69
CGC2	-7,19	2,56	4,64	

TABELA 5. Valores médios em porcentagem da contagem final de germinação após o teste de envelhecimento acelerado das sementes, envolvendo três genitores no grupo 1 (G1) e no grupo 2 (G2), híbridos F₂ e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	G1
A ♀	89 c	75 c	100 a	93,5 a
A ♂	68,25 c	67 c	20 g	
B ♀	54 e	80 b	60,75 d	63,5 d
B ♂	100 a	99,5 a	81,75 b	
C ♀	54,75 e	72 c	72,5 c	42,5 f
C ♂	94,5 a	51,5 e	100 a	
G2	62 d	38 f	11,5 g	

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

♀: corresponde à linhagem quando utilizada como parental feminino; ♂: como parental masculino.

Para a velocidade de germinação, as cultivares apresentaram baixos valores de CGC (Tabela 6). Para as cultivares A, 3 e 2 a CGC foi negativa (Tabela 6), com média nos cruzamentos que participaram de 3,34 e 4,79 dias; 4,31 e 3,83 dias e 4,49 e 4,4 dias, respectivamente como parental feminino e masculino (Tabela 7).

TABELA 6. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para velocidade de germinação após o envelhecimento acelerado. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	-0,79	1,51	-0,72	-1,27
B	-0,001	-0,81	0,81	1,11
C	0,79	-0,71	-0,08	0,16
CGC2	0,40	-0,11	-0,29	

TABELA 7. Valores médios da velocidade de germinação, em dias, após o envelhecimento acelerado das sementes, envolvendo três genitores no grupo 1 (G1) e no grupo 2 (G2), híbridos F₂ e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	G1
A ♀	2,96 a	4,74 b	2,32 a	3,81 a
A ♂	4,34 b	4,55 b	5,49 b	
B ♀	6,12 b	4,80 b	6,23 b	5,11 b
B ♂	3,04 a	2,91 a	3,88 a	
C ♀	5,96 b	3,94 a	4,38 b	4,63 b
C ♂	3,24 a	5,74 b	2,12 a	
G2	5,49 b	5,31 b	5,24 b	

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

♀: corresponde à linhagem quando utilizada como parental feminino; ♂: como parental masculino.

Cultivares com altas estimativas de CGC, positivas ou negativas, deverão influenciar nas médias dos cruzamentos em que participaram, em relação à média geral dos híbridos F2's. Para a cultivar A foi observada estimativa da CGC elevada e positiva, com valor médio de 30,16% de vigor na contagem realizada aos 5º dias da sementeira. Este valor foi superior à média de todos os híbridos do dialelo, que foi de 25,75% (Tabela 3). Sendo assim, a cultivar A contribuiu com alelos de ação aditiva, transmitindo aos seus descendentes e aumentando a qualidade fisiológica das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Ibrahim & Quick (2001) ao estudar o controle genético para tolerância térmica em folhas de trigo, avaliada pela estabilidade térmica das membranas (MTS), que parece ser condicionado por genes aditivos, confirmando que progênies de cruzamentos que envolveram pais com capacidade geral de combinação positiva demonstram ter alto nível de MTS.

Na presente pesquisa o efeito significativo da capacidade específica de combinação (CEC) indica a importância que determinadas interações genéticas possuem em conferir qualidade fisiológica ou não aos seus descendentes, sugerindo que existem cruzamentos que diferem da média dos pais para essa característica.

Apenas no cruzamento Ax2 foram mantidas estimativas elevadas e negativas de CEC's para os parâmetros de plântulas normais observadas aos 5º e 11º dias após a sementeira das sementes (Tabela 2 e 4). Esses altos valores de CEC'S indicam combinações específicas melhores ou piores com base nas capacidades gerais de combinação dos progenitores.

Maiores valores de CEC foram observados para as sementes provenientes dos cruzamentos Cx2 para 1ª contagem de germinação do teste de envelhecimento, quando comparados aos observados na contagem final. O

mesmo pôde ser observado para o híbrido Bx2, cujo valor da CEC foi maior na contagem final de germinação do teste de envelhecimento (Tabelas 2 e 4).

Com base nos resultados da velocidade de germinação das sementes envelhecidas as melhores combinações foram verificadas para os híbridos Ax1 e Ax3, e as piores para os híbridos Ax2 e Bx3 (Tabela 6). É importante ressaltar que pela metodologia utilizada, quanto menor for o valor da velocidade de germinação, mais vigorosa é a semente, ou seja, a velocidade de germinação é mais rápida (Edmond & Drapala, 1958).

Em alguns cruzamentos em que a CEC foi elevada e positiva, como Ax1 (Tabela 2), os valores de plântulas normais na contagem de germinação do teste de envelhecimento das sementes dos híbridos F_2 foram superiores aos observados para os genitores (Tabela 3). Porém, nem todas as sementes provenientes de combinações que apresentaram CEC elevada e negativa apresentaram performance inferior à média dos pais, como observada para o híbrido Ax2 (Tabelas 2 e 3).

Na combinação Ax3 foram observados maiores valores de vigor avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado. Pode-se observar que o vigor das sementes provenientes dessa combinação foi semelhante aos de seus genitores com base nas suas CGC's.

Os efeitos da capacidade específica, apesar de serem úteis na indicação das melhores combinações híbridas, não especificam qual dos genitores deverá ser usado como macho ou fêmea no cruzamento eleito. Para obter tal informação, utilizam-se os efeitos recíprocos (Cruz & Regazzi, 1994). Nesta pesquisa, para o híbrido Bx1, por exemplo, os efeitos recíprocos r_{ij} foram negativos (Tabelas 8 e 9). Como neste estimador o índice “i” refere-se ao uso do genitor feminino e o “j” ao do genitor masculino, conclui-se que o uso do genitor B como macho e de 1 como fêmea seria o mais recomendável.

Além disso, observa-se que a maior parte das combinações híbridas apresenta significância para o efeito recíproco quanto à qualidade fisiológica de sementes, tornando-se uma característica importante a ser considerada na escolha dos genitores para a produção de sementes híbridas (Tabelas 8 a 10). Silva (2006) ao estudar duas populações originárias de dois híbridos simples comerciais de milho, observou que uma população teve efeito recíproco nos caracteres associados à qualidade das sementes. A significância para o efeito recíproco indica efeito materno ou extracromossômico para a característica em questão. No caso de efeito materno, estão envolvidos genes nucleares; porém, o fenótipo do descendente é dependente do genótipo materno. Na herança extracromossômica não estão envolvidos genes nucleares e sim citoplasmáticos, e aqui também o fenótipo do descendentes é idêntico ao da mãe. Contudo, é importante salientar que o efeito materno na expressão desses caracteres nos descendentes se dá apenas por uma ou, no máximo, duas gerações (Ramalho et al., 2004).

Em sementes de milho, diferenças na expressão fenotípica entre híbridos e recíprocos têm sido observadas para a germinação à baixa temperatura, tolerância a injúrias por secagem, peso seco do embrião e endosperma, taxa de crescimento do grão, proteína e óleo no embrião e síntese de zeína (Bagnara & Daynard, 1983; citado por Kollipara et al., 2002).

Mesquita (1989) constatou que em cruzamentos recíprocos, em feijoeiro, aparecem fenótipos completamente diferentes para genótipos idênticos. As células do tegumento foram contadas com auxílio de cortes transversais e paradermicos, nos genitores e nas sementes da planta F_1 . A autora observou na geração F_1 da semente, diferenças nos cruzamentos recíprocos, mas não na geração F_2 , indicando a presença de efeito materno. A análise deste tipo de herança é imprescindível para eficiência de certos programas de seleção. O genótipo de cada semente F_2 irá se expressar apenas nas sementes produzidas

por sua progênie. Assim, o sucesso da seleção só ocorrerá quando se proceder à seleção, entre as progênies, de cada semente F₂, que corresponde à geração F₃ (Ramalho et al., 2004).

TABELA 8. Estimativa do efeito recíproco para 1ª contagem de germinação do teste de envelhecimento acelerado. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	13,625**	13,125**	30**
B	-18,75**	-37,25**	0 ^{NS}
C	-24,75**	9,5**	-45*

* e ** Significativo a 5 e 1% se probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

TABELA 9. Estimativa do efeito recíproco para contagem final de germinação do teste de envelhecimento acelerado. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	10,375**	4 ^{NS}	40**
B	-23**	-9,75**	-10,5**
C	-19,875**	10,25**	-13,75**

• e ** Significativo a 5 e 1% se probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

TABELA 10. Estimativa do efeito recíproco para velocidade de germinação do teste de envelhecimento acelerado. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	-0,69*	0,095 ^{NS}	-1,58**
B	1,53**	0,94**	1,17**
C	1,36**	-0,89*	1,13**

* e ** Significativo a 5 e 1% se probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

As diferenças observadas entre híbridos e recíprocos pode estar associado à mitocôndria, uma organela do citoplasma dos eucariontes portadora

de DNA com funções de replicação e transcrição independente do DNA nuclear (Ramalho et al., 1990). O descendente de um cruzamento recebe essencialmente o citoplasma do óvulo. Sendo a fonte primária de energia durante a germinação, a mitocôndria é um elemento chave na determinação da taxa de germinação e subsequentemente crescimento da plântula.

Diante dos resultados dessa pesquisa, foi possível inferir sobre os tipos e as importâncias relativas dos efeitos gênicos que atuam na determinação da qualidade fisiológica das sementes, o que orienta na seleção de genitores para o melhoramento de sementes de soja. Como os valores da capacidade geral e específica foram significativos indica a presença de genes de efeitos aditivos e não aditivos no controle genético para a qualidade fisiológica de sementes.

De modo geral, quanto à qualidade fisiológica das sementes dos híbridos, há influência do efeito materno ou extracromossômico, assim como outros mecanismos que possam estar influenciando nessa característica, como a herança citoplasmática e as características físicas do tegumento, um tecido de origem materna. Outros testes para a avaliação de vigor dessas sementes poderiam ser utilizadas nesse trabalho. No entanto, a quantidade de sementes era pequena o que restringiu a utilização desses. O teste de vigor escolhido, o de envelhecimento acelerado, pode ser associado, em parte, às condições adversas de temperatura e de umidade relativa que ocorreram na pré-colheita em alguns estados produtores de sementes de soja, a exemplo do Mato Grosso. Vale ressaltar ainda que esse teste tem sido utilizado em outras pesquisas para a seleção de genótipos com alta qualidade fisiológica (Kryzanowski et al., 1997).

6 CONCLUSÕES

Os efeitos significativos das capacidades geral e específica de combinação sugerem a presença de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos para qualidade fisiológica de sementes de soja.

Há predominância do efeito recíproco para a qualidade fisiológica de sementes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

COSTA, A. V. Retardamento da colheita após a maturação e seu efeito sobre a qualidade da semente e emergência de plântulas em 18 cultivares e linhagens de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1978, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1979. v. 2, p. 293-308.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. D. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.

EDMOND, J. D.; DRAPALA, W. S. The effects of temperature, sand and acerone in germination of okra seed. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, New York, v. 71, p. 428-434, June 1958.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**. Melbourne, v. 9, p. 462-493, 1956.

HALL, T. C.; McLEESTER, R. C.; BLISS, F. A. Equal expression of the maternal and paternal alleles for polypeptide subunits of the major storage protein of the bean *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, Washigton, v. 59, n. 6, p. 1122-1124, June 1977.

IBRAHIM, A. M. H.; QUICK, J. S. Genetic control of high temperature tolerance in wheat as measured by membrane thermal stability. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 1405-1407, Sept./Oct. 2001.

KOLLIPARA, K. P.; SAAB, I. N.; WYCH, R. D.; LAUER, M. J.; SINGLETARY, G. W. Expression profiling of reciprocal maize hybrids divergent for cold germination and desiccation to tolerance. **Plant Physiology**, Rockville, v. 129, n.3, p. 974-992, July 2002.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P.; HENNIG, A. A.; KASTER, M. Permeabilidade de membrana de célula de sementes de soja.

In: _____. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1996**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. p.145-148. (Documentos, 104).

KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LELEJI, O. I.; DICKSON, M. H.; CROWER, L. V.; BOURKE, J. B. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 168-171, Mar./Abr. 1972.

LOPES, A. C. de A.; VELLO, N. A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. de M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, abr./jun. 2002.

LOPES, M. A.; GAMA, E. E. G.; VIANNA, R. T.; SOUZA, I. R. P. Heterose e capacidade de combinação para produção de espigas em cruzamentos dialélicos de seis variedades de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 349-354, mar. 1985.

MESQUITA, I. A.. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 70 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.21.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science Technology**, Zurich, v.27. n.3, p.945-949, 1999.

PASCHAL II, E. H.; ELLIS, M. A. Variation in seed quality characteristics of tropically grow soybeans. **Crop Science**, Madison, v.18, n.5, p.837-840, Sept./Oct. 1978.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

POLIGANO, G. B. Breeding for protein percentage and seed weight in *Phaseolus vulgaris* L. **The Journal Agricultural Science**, London, v. 1, p. 191-197, Aug. 1982.

PORTER, W. M. **Genetic control of protein and sulfur contents in dry bean, *Phaseolus vulgaris* L.** 1972. Thesis (Ph. D) – Purdue University, Purdue.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. **Genética na agropecuária.** 3. ed. Lavras, 2004. 472 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária.** São Paulo: Globo; Lavras: FAEPE, 1990. 359 p.

ROVERI JOSÉ, S.C.B.; VON-PINHO, É.V.R.; VON-PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; SILVA-FILHO, J.L. Características físicas do pericarpo de sementes de milho associadas com a tolerância à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 125-131, 2005.

SILVA, N. O. **Controle genético de características associadas à qualidade de sementes de milho.** 2006. 91 p. Tese (Doutorado em em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUSA, L.V. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a qualidade fisiológica de sementes de feijão.** 2003. 53 p. (Dissertação em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CAPÍTULO 4

1 RESUMO

Menezes, M. **Qualidade fisiológica de sementes de soja: aspectos químicos e estruturais**. 2008. Cap. 4. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

Características morfológicas e a composição química do tegumento podem estar associadas à qualidade fisiológica das sementes. O objetivo nessa pesquisa foi avaliar o teor de lignina, a espessura das camadas da testa, a espessura de lignina presente nessas camadas em sementes de soja dos parentais, dos híbridos e recíprocos. Foram estudadas ainda a correlação entre o teor de lignina e os caracteres utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes e o controle genético para as espessuras das camadas da testa e a lignina presentes nessas camadas. Foram utilizadas três cultivares de alta qualidade fisiológica (M-Soy 8400, CD 201, CD 206, designadas de A, B e C) e três de baixa (CD 215, CD 202, Savana, designadas de 1, 2 e 3). A partir dessas cultivares, foram obtidas sementes híbridas F₁'s e F₂'s, incluindo os recíprocos, utilizando-se o sistema de cruzamento dialelo parcial, mais as linhagens parentais. Essas sementes foram colhidas manualmente no estágio R8 e secadas a sombra. Foi observado que os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade fisiológica podem ser correlacionados com o teor de lignina. Pela análise do dialelo houve efeito recíproco e indica que a espessura das camadas da testa e a espessura de lignina nessas camadas podem ser explicadas pelo efeito materno.

* Comitê Orientador: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Orientadora), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes – EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

2 ABSTRACT

MENEZES, M. **Physiological quality of soybeans seeds: anatomical and biochemical aspects.** Chap. 4. Thesis (Doctorate in Agronomy). Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Morphological characteristics and chemical composition of the seed coat may be associated with seed physiological quality. Therefore, the objective of this work was to evaluate the lignin content, the thickness of the seed coat layers, the thickness of lignin layers present in the soybean seed of parents, in the hybrids and reciprocal. We studied the correlation between the content of lignin with the parameters used for evaluation of the physiological quality of the seeds and genetic control for the thicknesses of the layers of the seed coat and lignin present in these layers. We used three cultivars with high physiological quality (M SOY 8400, CD 201, CD 206, called A, B and C) and three with low physiological quality (CD 215, CD 202, Savanna, called 1, 2 and 3). From these cultivars were obtained hybrid seeds F_1 and F_2 , including its reciprocal, using the system of partial diallel crosses and the parental lines obtained from these cultivars. Soybean was harvested manually at the stage R8 and the seeds were dried in the shade. It was observed that there was a correlation between the parameters used for evaluate seed physiological quality and lignin content. The electron micrograph was not a good indicator for the evaluation of the physiological quality. The diallel analysis showed reciprocal effect and indicates that the thickness of the seed coat and lignin layers may be explained by the maternal effect.

* Guidance Committee: Dr. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Adviser), Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski – EMBRAPA Soja, Dr. Neylson Eustaquio Arantes –EMBRAPA Soja, Dra. Solange Carvalho Barrios Roveri José – EMBRAPA Recursos Genéticos/Brasília.

3 INTRODUÇÃO

O levantamento de fatores que interferem na qualidade fisiológica de sementes de soja é fundamental no controle de qualidade das sementes nas etapas de melhoramento e produção de sementes. Segundo Panobianco (1999), o teor de lignina presente no tegumento das sementes pode influenciar na qualidade fisiológica das mesmas.

O tegumento da semente é proveniente dos integumentos do óvulo, ou seja, o integumento externo ou primina dá origem à 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 & Simpson (1974), as quatro camadas da testa de uma semente de soja em conjunto pode variar em 70-100 micrômetros, podendo haver variação entre as cultivares. Porém, essa característica é constante dentro de cada cultivar e é controlada geneticamente. Para Lewis & Yamamoto (1990) a lignina é um polímero natural, e está presente apenas na testa.

Alvarez (1994) e Panobianco (1999) observaram relação direta entre a resistência das sementes aos danos mecânicos e os teores de lignina no tegumento de sementes de soja. Tem sido observada ainda grande variabilidade genética para a característica resistência a dano mecânico (Carbonell & Krzyzanowski, 1993) e para o teor de lignina em tegumentos de cultivares de soja (Tavares et al., 1987; Alvarez, 1994; Carbonel & Krzyzanowski, 1995). A lignificação do tegumento, de acordo com Rijo & Vasconcelos (1983), citado por Tavares et al. (1987), confere ao tecido resistência mecânica e protege a parede celular de infecções por microrganismo.

A análise estrutural do tegumento dessas sementes é importante para a avaliação da deposição da lignina nas camadas do tegumento e para a determinação da relação com a qualidade fisiológica das sementes. De acordo com os estudos realizados por Silva (2006) referentes à qualidade fisiológica da cultivar de soja Conquista, por meio de teste fisiológico e de microscopia eletrônica de varredura, foi possível concluir que as sementes atingiram o ponto de maturidade com aproximadamente 40% de teor de água. Como neste estágio as sementes não possuem os mecanismos de proteção totalmente desenvolvidos, a secagem provocou danos de membranas com redução na qualidade fisiológica das sementes.

Nessa pesquisa foram avaliados o teor de lignina e a espessura das camadas das células paliçádicas e em ampulhetas nas sementes de soja dos parentais, híbridos F₂ e recíprocos, bem como a espessura de lignina presente nessas camadas. Além disso, foi determinada a correlação entre o teor de lignina e os caracteres utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes e o controle genético para as espessuras das camadas da testa e a espessura de lignina presente nessas camadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As seis cultivares envolvidas neste estudo foram selecionadas a partir de análises anteriores de seleção de genótipos, sendo classificadas em cultivares que produzem sementes com alta qualidade fisiológica (M-Soy 8400, CD 201, CD 206, designadas de A, B e C) e com baixa (CD 215, CD 202, Savana, designadas de 1, 2 e 3). A partir dessas cultivares, foram obtidas sementes híbridas F_1 , incluindo os recíprocos, utilizando-se o sistema de cruzamento dialelo parcial, mais as linhagens parentais.

Para realizar os cruzamentos a semeadura foi realizada em seis épocas distintas para garantir a coincidência de florescimento entre os parentais. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 11L e substrato composto de terra de barranco e areia, previamente peneirados e esterco bovino, na proporção de 2:1:1, respectivamente. A adubação foi realizada mediante análise de fertilidade da solo. Foram utilizados 1,4ton/ha de agrosilício, 750Kg/ha de SS (super simples), 500Kg/ha da formulação 0-30-10 e 150Kg/ha de KCL (cloreto de potássio). Essas dosagens por hectare foram convertidas em 2000 m³, para o cálculo da quantidade aplicada por volume de vaso. Também foi utilizado o Bacsol® no substrato, um produto natural de ação biológica, na dosagem de 800g/ha no momento da semeadura.

Os cruzamentos foram efetuados manualmente entre as cultivares dos dois grupos formados. As sementes das plantas parentais e das F_1 foram colhidas no estágio R8, manualmente e as vagens secadas à sombra até as sementes atingirem o teor de água de aproximadamente 12%.

Para garantir o número de sementes para a realização dos testes e para se avaliar as características relacionadas ao tegumento das sementes foi obtida a geração F_2 a partir da F_1 .

Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram realizados os testes de envelhecimento acelerado e o de velocidade de germinação das sementes submetidas ao envelhecimento.

Para o teste de envelhecimento acelerado foram utilizadas mini câmaras do tipo “gerbox”, na qual 50 sementes foram distribuídas sobre uma tela suspensa no interior da caixa contendo 40 mL de água (Krzyzanowski, 1999). O período de envelhecimento das sementes foi de 72 horas numa temperatura de 42°C e umidade relativa próxima a 100%.

Após o envelhecimento as sementes foram semeadas em 4 repetições de 50 sementes por amostra, em rolo de papel toalha, tipo Germitest, embebido em água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Em seguida, as amostras foram transferidas para germinador previamente regulado a temperatura constante de 25° C, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). As avaliações foram realizadas nos 5° e 11° dias após a semeadura, anotando-se, o número de plântulas que atingiram o mínimo de 1 cm de hipocótipo e duas raízes seminais e consideradas como plantas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem média das quatro repetições.

A velocidade de germinação foi determinada conjuntamente com o teste de germinação. As avaliações foram realizadas, anotando-se, diariamente, a partir do 2° dia após a semeadura, o número de plântulas que atingiram o mínimo de 1 cm de radícula até a estabilização. Posteriormente, foi determinada a velocidade de germinação, pela fórmula de Edmond & Drapala (1958), citados por Nakagawa (1999):

$$VG = \frac{(N1G1)}{G1} + \frac{(N2G2)}{G2} + \dots + \frac{(NnGn)}{Gn}$$

onde:

- VG = Velocidade de germinação (dias)
- G1, G2,... Gn: número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e contagem n;
- N1, N2...Nn: número de dias da semeadura em cada contagem.

Procedimento estatístico – Os testes realizados para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As análises estatísticas foram realizadas por meio do SISVAR (Sistema de Análise de Variância) para Windows (Ferreira, 2000) e a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.1 Determinação do teor de lignina

Primeiramente foram retiradas, manualmente, amostras dos tegumentos de quatro sementes dos parentais, dos híbridos F₂ e recíprocos com auxílio de um bisturi e depois trituradas em nitrogênio líquido e lavadas 2 vezes com 1,5 mL de triton e centrifugadas a 10.000 rpm, por 10 min, descartando-se o sobrenadante. O precipitado foi lavado com 1,5 mL de água destilada e novamente centrifugado a 10.000 rpm, por 10 min, descartando-se o sobrenadante. Em seguida, foram secadas por 8 h em liofilizador (*Integrated SpeedVac System* modelo L 101, marca Liobras). Deste material liofilizado, 30 mg foram pesados e armazenados em dessecador para posterior análise experimental.

Um volume de 1,5 mL de metanol 80% foi adicionado aos 30 mg de tegumento, agitado por 15 horas em agitador rotativo em temperatura ambiente e centrifugado a 12.000 rpm, por 5 min. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi secado a 65 °C, por 4 h. O resíduo seco insolúvel em metanol, contendo lignina e ácidos fenólicos esterificados da parede celular, foi utilizado para

determinação de lignina, de acordo com metodologia de Barber & Ride (1988). Para tanto, um volume de 1,5 mL de solução contendo ácido tioglicólico e HCl 2M (proporção de 1:10) foi adicionado ao resíduo. Os tubos eppendorf foram agitados suavemente para a hidratação do resíduo e então colocados em banho-maria a 100°C, por 4 h. Após, os tubos foram colocados em gelo para resfriar rapidamente por 10 min e então centrifugados a 10.000 rpm por 10 min. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi lavado com 1,5 mL de água destilada e deionizada e novamente centrifugado a 10.000 rpm, por 10 min. Logo após, o sobrenadante foi descartado e o precipitado foi ressuspensão em 1,5 mL de NaOH 0,5 M, sendo a mistura agitada em agitador rotativo, por 15 h, em temperatura ambiente. A mistura foi centrifugada a 10.000 rpm, por 10 min e o sobrenadante foi transferido para novo tubo eppendorf, no qual foi adicionado 200 µL de HCl concentrado ao sobrenadante e mantido em câmara fria (4 °C), por 4 h, para permitir a precipitação da lignina ligada ao ácido tioglicólico. A seguir, a mistura foi centrifugada a 10.000 rpm, por 10 min, o sobrenadante descartado e o precipitado ressuspensão em 1,5 mL de NaOH 0,5 M. A absorbância desta solução foi determinada a 280 nm e os valores calculados com base na curva de lignina, sendo expresso em mg de lignina por grama de tecido seco (Rodrigues et al., 2005).

Procedimento estatístico – A análise do teor de lignina foi realizada em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A estimativa da correlação fenotípica entre o teor de lignina e os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi determinada entre os caracteres dois a dois, pela expressão proposta por Falconer & Mackay, 1996:

$$r(xy) = \frac{COV_{xy}}{\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}}$$

em que:

$r(xy)$: correlação fenotípica entre os caracteres x e y.

$COV[x, y]$: estimativa da covariância fenotípica entre os caracteres x e y.

σ_x^2 e σ_y^2 : variância fenotípica entre os caracteres x e y obtidas a partir das análises de variância estrutural.

4.2 Avaliação do tegumento de soja em microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para o registro de imagens em microscópio eletrônico de varredura, quatro sementes dos parentais, dos híbridos F₂ e recíprocos foram cortadas transversalmente para retirada dos tegumentos.

Os tegumentos foram colocados em fixador primário Karnovsky modificado (Glutaraldeído 2,5%, Formaldeído 2,5 % em tampão Cacodilato de sódio 0,05 M pH 7,2 e CaCl₂ 0,001 M), onde permaneceram por 48 horas. Para a avaliação das camadas das células paliçádicas e das células em ampulheta, os tegumentos foram colocados em glicerol por 30 minutos e depois cortados transversalmente com bisturi em nitrogênio líquido para subsequente série de três lavagens de 10 min em tampão Cacodilato de sódio 0,05 M e posterior fixação secundária em tetróxido de ósmio 1% (3 gotas/amostra) em tampão Cacodilato 0,05 M pH 7,2, por 1 hora. Após a segunda fixação, os tegumentos foram lavados em água destilada por três vezes e submetidos à desidratação em série de acetona. O tempo de exposição dos tegumentos às soluções foi de 10 minutos para cada concentração de acetona, em ordem crescente de concentração (25%, 50%, 75%, 90% e 100%). Uma vez desidratado, o material

foi submetido à secagem ao ponto crítico no secador CPD 030 e posterior banho de ouro no evaporador SCD 050. A visualização das amostras para determinação da espessura das camadas das células paliçádicas e das células em ampulhetas foram feitas em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo 40 (Alves, 2004).

Procedimento estatístico – Para a análise da espessura das camadas das células paliçádicas e das células em ampulhetas empregou-se o delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.3 Avaliação da espessura de lignina nos tegumentos das sementes de soja por microscopia de luz

As avaliações da espessura de lignina existente no tegumento de sementes de soja dos parentais, dos híbridos e recíprocos foram realizadas no Laboratório de Anatomia do Departamento de Biologia.

Utilizou-se o micrótomo de mesa para obtenção seções transversais do terço médio do tegumento. As seções transversais foram coradas com Safra-Blau (mistura de azul de astra a 1% e safranina 0,1%) (Kraus & Arduin 1997). Para montagem das lâminas foi utilizada glicerina 50% e as fotomicrografias foram feitas ao fotomicroscópio BX-60.

Para cada tratamento foram preparadas 2 lâminas e dessas retiradas 10 fotos no aumento de 40 x com 1 redução. Em cada foto foram feitas três medidas pelo programa Sigma Scan das células epidérmicas e das células paliçádicas que estavam coradas de vermelho. O aparecimento da cor vermelha indica a presença de lignina.

Procedimento estatístico – O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 repetições. A comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.4 Estimativas das capacidades geral e específica de combinação e do efeito recíproco

A partir das médias da espessura das camadas das células paliçádicas, células em ampulhetas e do conjunto de células paliçádicas e em ampulhetas e da espessura de lignina presente nessas camadas foram obtidas as estimativas da capacidade geral (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC).

Utilizando os resultados médios, foram estimados os parâmetros genéticos segundo o modelo dialélico proposto por Griffing (1956) e adaptado ao dialelo parcial (Cruz & Regazzi, 1994):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + e_{ij}$$

em que:

- Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$);
- m : média geral;
- g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i -ésimo genitor do grupo 1;
- g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j -ésimo genitor do grupo 2;
- s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação entre os genitores de ordem i e j dos grupos 1 e 2, respectivamente;
- r_{ij} : efeito recíproco que mede as diferenças proporcionais pelo genitor i , ou j , quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij ;
- e_{ij} : erro experimental médio associado à observação de ordem ij .

O efeito recíproco foi obtido por meio da fórmula:

$$r_{ij} = \frac{Y_{ij} - Y_{ji}}{2}$$

em que:

- r_{ij} : efeito recíproco que mede as diferenças proporcionais pelo genitor i , ou j , quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij ;
- Y_{ij} : média do híbrido F_2 i , ou j , quando utilizado como fêmea;
- Y_{ji} : média do híbrido F_2 j , ou i , quando utilizado como macho.

Procedimento estatístico – As análises estatísticas foram realizadas por meio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 1997) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para os caracteres relacionados à qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento (Tabela 1B).

Os valores médios dos teores de lignina encontram-se na Tabela 1. Houve variação no teor de lignina presente na testa das sementes de soja para os parentais independente da classificação relacionada à qualidade fisiológica das sementes. Para as cultivares M-Soy 8400 e CD 201, por exemplo, com sementes classificadas como de alta qualidade fisiológica, foram observados valores extremos de teores de lignina. Com relação aos resultados observados para os híbridos e recíprocos foi observada variação nos teores de lignina nos descendentes, independente dos parentais apresentarem valores altos ou baixos de lignina no tegumento.

Nos descendentes envolvendo a cultivar CD 201, com maior valor de lignina, por exemplo, foram observadas variações nos teores de lignina, mesmo naquelas sementes provenientes de cruzamentos nas quais essa cultivar foi utilizada como parental feminino, como Bx2 (0,38) e Bx3 (0,52).

Tabela 1. Teores de lignina (g %) dos genitores, híbridos F2's e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

Tratamentos	Lignina [g%]
2	0,36c
A	0,37c
Bx2	0,38c
3xA	0,38c
2xB	0,41c
Ax2	0,41c
2xC	0,42c
1	0,42c
C	0,42c
1xC	0,45c
1xA	0,46b
Cx2	0,46b
Cx3	0,47b
1xB	0,47b
Bx1	0,48b
3	0,48b
Cx1	0,49b
3xB	0,50b
Bx3	0,52b
Ax1	0,54a
3xC	0,59a
B	0,60a

A: M-Soy 8400; B: CD 201; C: CD 206; 1: CD 215; 2: CD 202; 3: Savana.

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

Na Tabela 2 estão apresentados os dados relativos à correlação entre o teor de lignina e os parâmetros utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Foram observadas correlações positivas entre o teor de lignina e a porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento aos 5º e 11º dias de avaliação após a semeadura, com valores maiores de correlação aos 5º dias.

Na condição do teste de envelhecimento as sementes ficam expostas à alta temperatura (42°C) e umidade relativa (próxima a 100%). Infere-se dessa forma que a lignina tenha se constituído em uma proteção às sementes nessas condições e, conseqüentemente a semente pode ter sofrido menor deterioração.

Para a correlação entre os caracteres velocidade de germinação e teor de lignina o valor foi negativo, ou seja, quanto maior o teor de lignina, menor o tempo gasto para a germinação das sementes. Como já abordado, a lignina parece ter protegido a semente da deterioração nas condições do teste. Nas sementes menos deterioradas a reparação dos sistemas de membranas seria mais rápida o que propiciaria uma emergência mais rápida das plântulas. Nessa situação a menor deterioração das sementes seria mais importante que o impedimento à absorção de água que poderia ocorrer em função de um maior teor de lignina nas sementes. França Neto (1999) também constatou que sementes de soja com maior quantidade de lignina apresentaram melhor qualidade de sementes. Carbonell & Krzyzanowski (1995) ao estudarem 12 cultivares de soja quanto ao teor de lignina na testa, encontraram forte correlação entre o teor de lignina e a resistência ao dano mecânico.

TABELA 2. Correlação genética entre o teor de lignina e 1ª contagem de germinação (1ªC), contagem final de germinação (CF) e velocidade de germinação (VG) dos genitores, híbridos F₂ e recíprocos de sementes de soja. UFLA, Lavras – MG, 2008.

Caracteres	1ªC	CF	VG
Teor de lignina	0,415	0,209	-0,54

Com relação aos dados de espessura das camadas das células paliçádicas e das células em ampulhetas Tabela 2A (Anexo), foram observadas diferenças significativas entre as sementes das cultivares de soja estudadas.

As espessuras médias das camadas de células paliçádicas e de células em ampulhetas variaram de 26,70 a 42,80 μm e de 21,20 a 65,90 μm , respectivamente (Tabela 3). Silva (2003), ao avaliar eletromicrografias de varredura de cortes transversais da testa das sementes de soja cultivares M-Soy 8400 e M-Soy 8411 observou espessura média da camada de células paliçádicas e das células em ampulhetas de 55,00 e 49,69 μm e de 49,81 e 44,46 μm , respectivamente. No presente trabalho, o conjunto das camadas das células paliçádicas e das células em ampulhetas variaram de 52,70 a 108,70 micrômetros. De acordo com Caviness & Simpson (1974), a espessura da testa de uma semente de soja varia entre 70-110 micrômetros ao considerar o conjunto das quatro camadas de células (cutícula, paliçádica, hipoderme, parênquima lacunoso). Os autores observaram ainda diferenças entre cultivares e que, dentro de cada cultivar, essa característica física é constante e controlada geneticamente.

Nos tratamentos avaliados os três maiores valores na espessura de células paliçádicas foram observados em sementes de cruzamentos envolvendo genótipos como parental feminino de alta qualidade fisiológica, a exemplo da cultivar CD 201. Os dois menores valores foram observados em sementes que envolveram o parental feminino a cultivar Savana classificada como de baixa qualidade fisiológica de sementes.

TABELA 3. Espessura (μm) das camadas de células paliçádicas, células em ampulheta e do conjunto de células paliçádicas e ampulheta dos genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos em microscopia de varredura. UFLA, Lavras - MG, 2008.

T	CP	T	CA	T	CPA
3xA	26,70f	2xA	21,20h	2xA	52,70h
3xC	29,30e	A	22,70h	3xA	59,70g
Bx2	31,10e	2	26,10g	2	59,90g
2xA	31,20e	3	27,10g	A	63,50f
1xA	32,60d	C	27,60g	1xB	64,30f
1xB	32,90d	2xC	28,00g	C	64,60f
Ax2	33,60d	2xB	29,30f	2xB	65,50f
2	34,00d	B	30,80f	Ax2	66,70e
Ax3	34,80c	1xB	31,20f	3	67,40e
1	34,90c	1xC	32,30f	B	68,20e
3xB	35,20c	Cx1	32,40f	Cx2	68,60e
Cx2	35,80c	Cx2	32,70f	2xC	68,80e
Ax1	36,00c	Ax2	32,80f	1xC	69,10e
2xB	36,10c	3xA	32,90f	3xC	71,50d
1xC	36,50c	Cx3	33,90f	Bx2	71,80d
C	37,00b	1	39,00e	Cx3	72,40d
B	37,40b	Bx2	40,80e	Cx1	73,30d
Cx3	38,50b	3xC	42,20e	1	74,00d
3	40,40a	1xA	43,30e	1xA	75,80d
2xC	40,80a	Ax1	45,30d	Ax1	81,10c
A	41,10a	3xB	46,30d	3xB	81,20c
Cx1	41,20a	Ax3	50,30c	Ax3	85,10c
Bx3	41,70a	Bx3	54,40b	Bx3	96,20b
Bx1	42,80a	Bx1	65,90a	Bx1	108,70 ^a

T: tratamento; CP: células paliçádicas; CA: células em ampulhetas; CPA: células paliçádicas e ampulheta; A: M-Soy 8400; B: CD 201; C: CD 206; 1: CD 215; 2: CD 202; 3: Savana.

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

Nas eletromicrografias de varredura de cortes transversais da testa de sementes de soja dos parentais, híbridos F₂ e recíprocos foram observadas

estruturas altamente organizadas. Foram observadas três camadas de células visíveis: células paliçádicas (a), células em ampulhetas (b) e o parênquima lacunoso (c). O mesmo foi observado por Silva (2003) ao avaliar cortes das sementes das cultivares de soja M-Soy 8400 e M-Soy 8411 (Figura 1).

Por meio das eletromicrografias de varredura não foram observadas diferenças ultraestruturais entre as cultivares avaliadas. Roveri José (2003), estudou linhagens de milho tolerantes e intolerantes a alta temperatura de secagem. Concluiu que pela análise física foi possível observar algumas diferenças na estrutura do pericarpo das sementes que podem influenciar na tolerância das sementes de determinados genótipos a alta temperatura de secagem.

De maneira geral, nos tratamentos avaliados, a espessura de lignina foi maior nas camadas de células paliçádicas quando comparadas às camadas de células em ampulhetas (Tabela 4). Na cultivar CD 206, por exemplo, com sementes classificadas como de alta qualidade, foi observado maior espessura de lignina com valor de 39,76 μm nas camadas de células paliçádicas quando comparadas com o de camadas de células em ampulhetas de 19,12 μm de espessura (Figura 2). Com relação aos dados, verifica-se que os valores de espessura de lignina presente nas camadas de células variaram nos híbridos e recíprocos, independente dos parentais serem de alta ou baixa qualidade.

Em alguns descendentes, envolvendo sementes de cultivares de alta qualidade como parental feminino, foram observados maior espessura de lignina nas camadas de células paliçádicas, como Cx3 (40,09 μm), Bx1 (40,25 μm), Bx3 (41,08 μm) e Ax2 (41,64 μm). Já em outros cruzamentos que envolveram como parental feminino cultivares de baixa qualidade, observa-se menor espessura de lignina nas camadas de células paliçádicas, como exemplo os híbridos 2xA (34,63 μm), 1xB (34,71 μm), 3xB (36,40 μm) (Tabela 4).

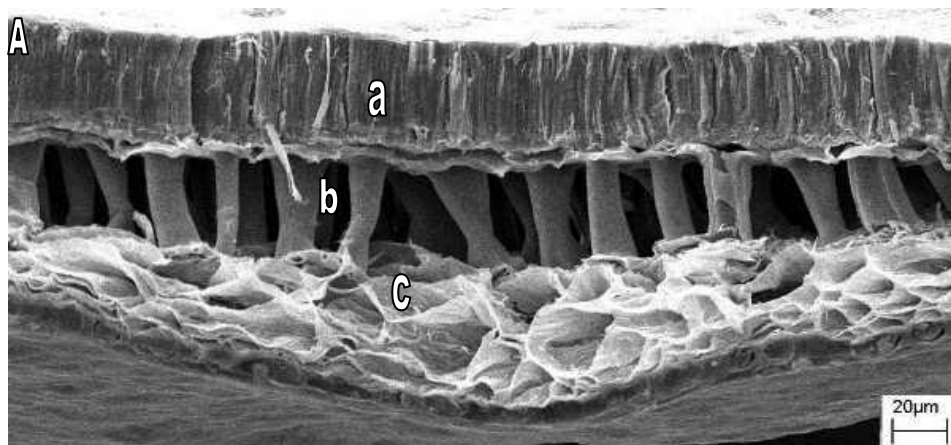


FIGURA 1. Eletromicrografias de varredura da testa da cultivar CD 201 (B); a: camada de células paliçádicas; b: camada de células em ampulheta e c: parênquima lacunoso.

TABELA 4. Espessura (μm) de lignina nas camadas de células paliçádicas (CP), células em ampulhetas (CA) dos parentais, híbridos e recíprocos obtidos em microscopia de luz. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Tratamentos	CP	CA
Ax3	31,92a	38,57d
2xA	34,63b	21,9a
1xB	34,71b	17,56a
3xB	36,40c	49,47e
Cx1	36,60c	22,79a
1	36,95c	18,00a
Bx2	37,50c	37,92d
Ax1	37,69c	35,38c
3	37,74c	16,06a
Cx2	37,82c	33,73c
1xA	37,90c	40,63d
B	38,64c	20,17a
3xA	39,38d	87,33f
1xC	39,72d	36,52c
C	39,76 d	19,12a
2xB	39,77d	25,84b
Cx3	40,09d	47,43e
Bx1	40,25d	46,78e
Bx3	41,08d	61,69e
3xC	41,15d	33,50c
Ax2	41,64d	31,61b
2	44,41e	27,11b
A	44,54e	38,72d
2xC	46,00e	43,13d

T: tratamentos; CP: células paliçádicas; CA: células em ampulhetas; CPA: células epidérmicas e paliçádicas; A: M-Soy 8400; B: CD 201; C: CD 206; 1: CD 215; 2: CD 202; 3: Savana.

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

Apesar de não estar esclarecido se a espessura das camadas de células da testa tem relação com a espessura da camada de lignina, observa-se que ao comparar os dados de microscopia de varredura com microscopia de luz de

alguns descendentes, como Cx3 (38,50 μm), Bx1 (42,80 μm) e Bx3 (41,70 μm) (Tabela 3) com maior espessura das camadas de células paliçádicas, foram observados também maiores espessura de lignina nessas camadas Cx3 (40,09 μm), Bx1 (40,25 μm), Bx3 (41,08 μm) (Tabela 4 e Figuras 3, 4 e 5).

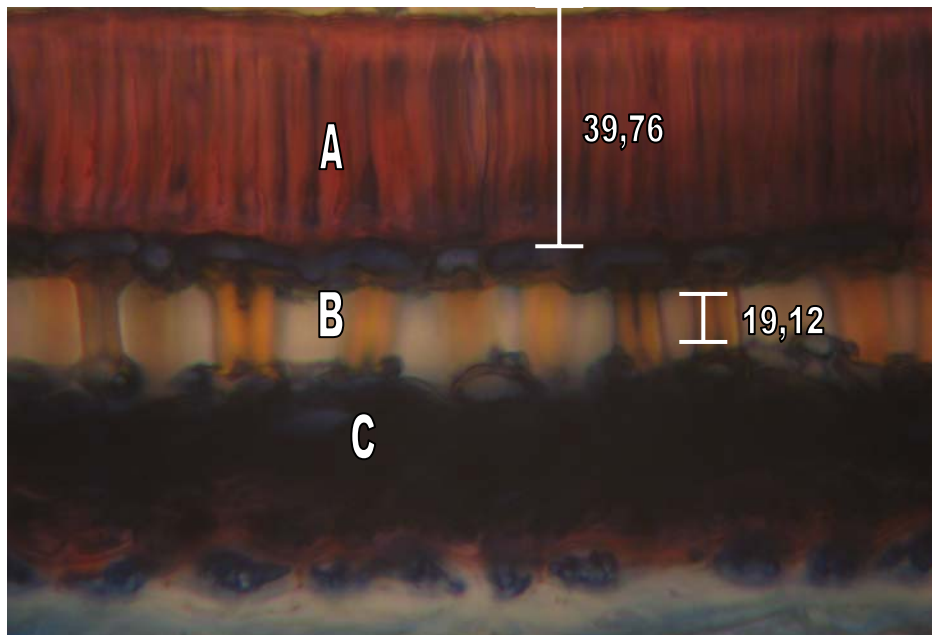


FIGURA 2. Comparação das camadas de células paliçádicas e das células em ampulhetas obtidas por microscopia de luz da cultivar CD 206. A: camada de células paliçádicas; B: camada de células em ampulheta e C: parênquima lacunoso.

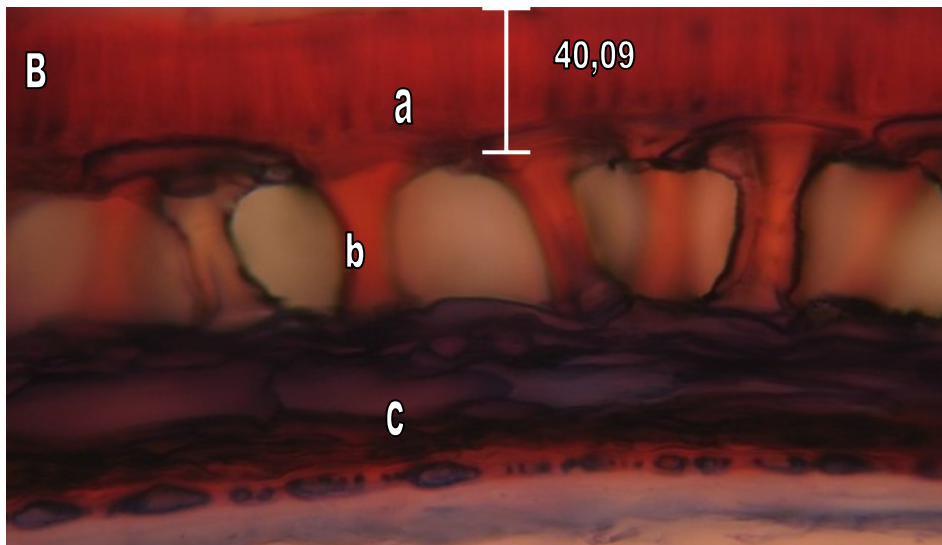
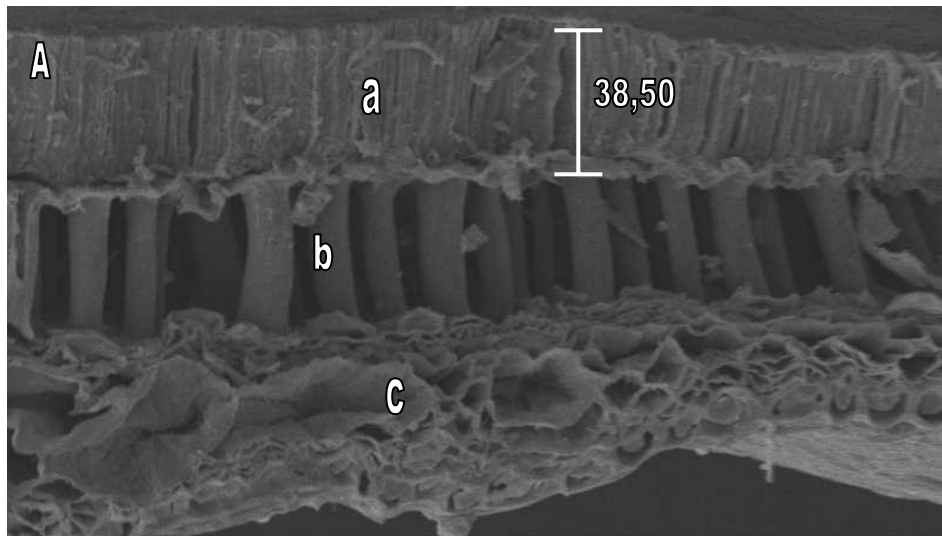


FIGURA 3. Comparação da espessura das camadas de células paliçádicas obtidos por microscopia de varredura (A) com a espessura de lignina obtida por microscopia de luz (B) do híbrido Cx3. a: camada de células paliçádicas; b: camada de células em ampulheta e c: parênquima lacunoso.

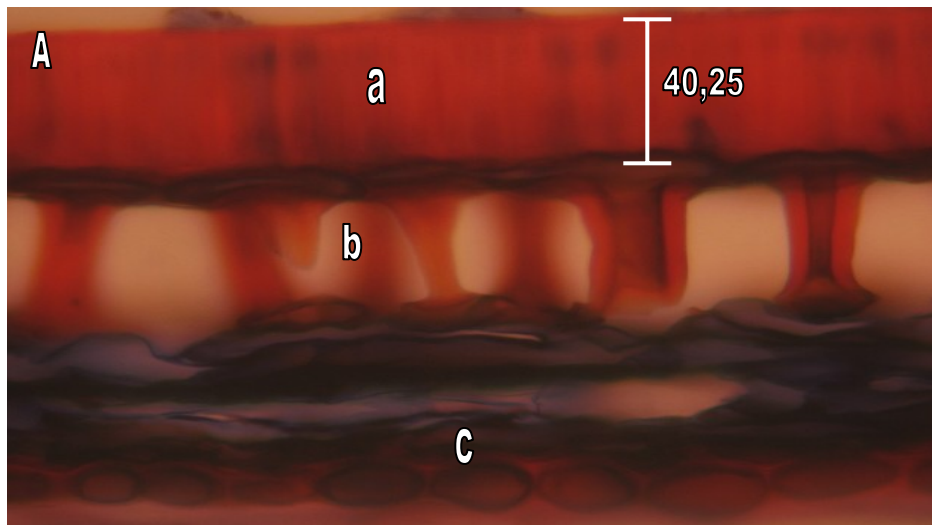
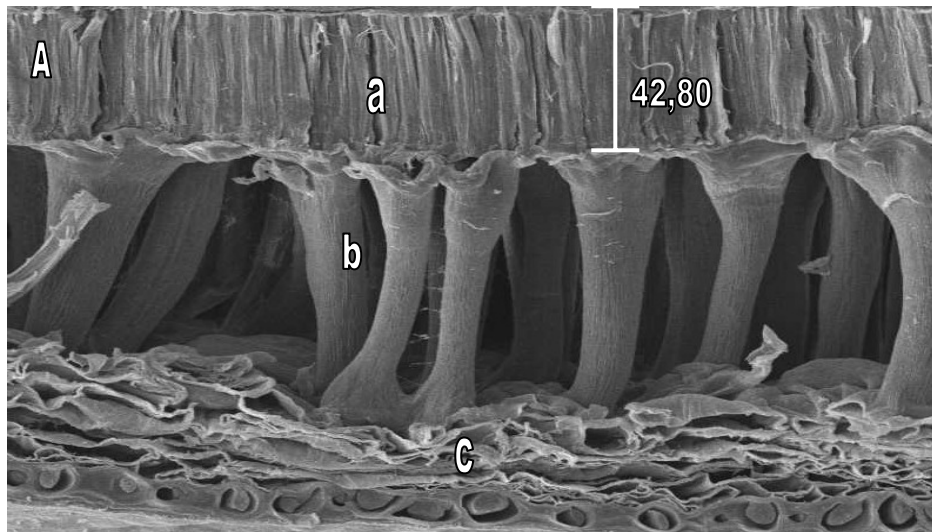


FIGURA 4. Comparação da espessura das camadas de células paliçádicas obtidos por microscopia de varredura com a espessura de lignina obtida por microscopia de luz do híbrido Bx1. a: camada de células paliçádicas; b: camada de células em ampulheta e c: parênquima lacunoso.

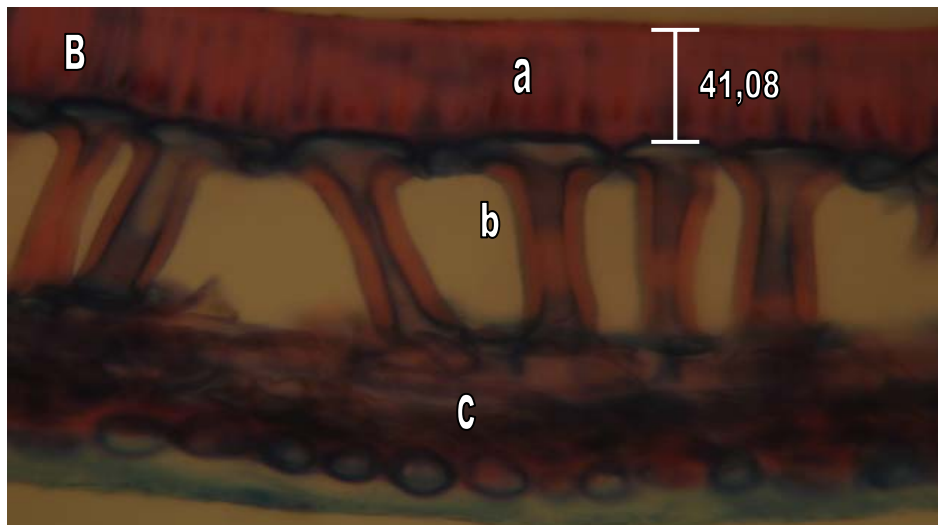
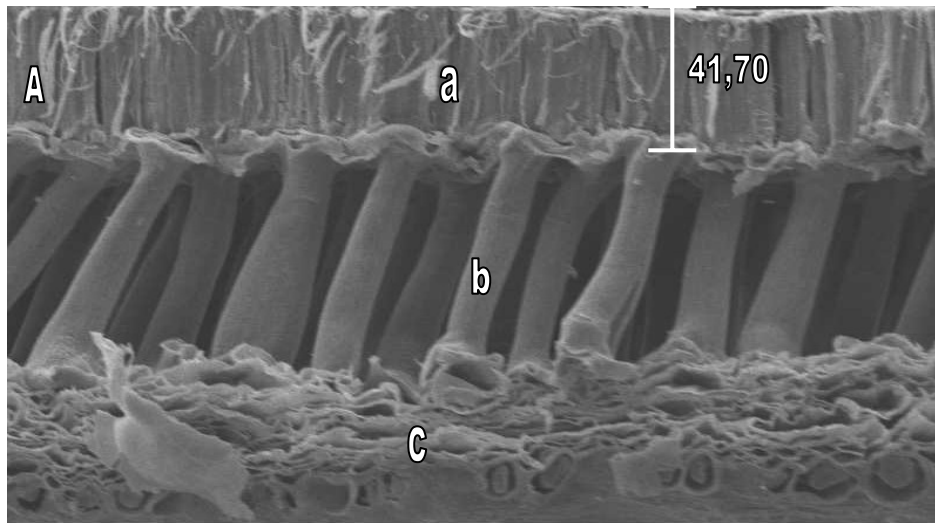


FIGURA 5. Comparação da espessura das camadas de células paliçádicas obtidos por microscopia de varredura com a espessura de lignina obtida por microscopia de luz do híbrido Bx3. a: camada de células paliçádicas; b: camada de células em ampulheta e c: parênquima lacunoso.

Avaliações ultraestruturais são importantes em estudos na área de sementes. No entanto, na presente pesquisa não foi possível estabelecer uma relação entre a qualidade fisiológica das sementes de soja com os aspectos anatômicos do tegumento avaliados por meio de microscopia de varredura. Contudo, há necessidade de aperfeiçoar as metodologias disponíveis para essa finalidade. Uma dificuldade encontrada foi fixar a área de trabalho de estruturas comuns nas sementes. Foi observado que estruturas celulares variam em diferentes posições no tegumento, o que dificulta a comparação dessas estruturas entre sementes de diferentes genótipos.

Com relação à análise do dialelo para a característica de espessura das camadas da testa obtidos por microscopia eletrônica de varredura Tabela 4A (Anexo), observou-se efeito significativo para os genitores G1 para as camadas de células paliçádicas e em ampulhetas. Para o grupo de genitores G2 e híbridos F₂ todos os parâmetros analisados foram significativos, indicando existência de variabilidade para espessura das camadas de células paliçádicas, em ampulhetas e do conjunto de células paliçádicas e em ampulhetas.

Os valores dos quadrados médios referentes à capacidade geral de combinação (CGC) e específica de combinação (CEC), bem como os efeitos recíprocos, foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F para todos os parâmetros analisados. Assim tanto os efeitos gênicos aditivos quanto os não aditivos estão envolvidos no controle da espessura das camadas das células da testa. A significância do efeito recíproco indica efeito materno ou extracromossômico para a característica em questão.

Para todos os caracteres analisados, o valor do quadrado médio de CGC foi maior que observado para o CEC Tabela 4A (Anexo), indicando que os efeitos gênicos aditivos são mais importantes que os não aditivos. A concentração de genes predominantemente aditivos têm sido de grande utilidade

na indicação dos genitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional (Cruz & Regazzi, 1994).

Foi observado para a espessura das camadas de células paliçádicas (Tabela 5), baixos valores de CGC nas cultivares A e C classificadas como de alta qualidade fisiológica a CGC foi negativa. Pode-se inferir que a seleção das cultivares em apenas uma safra e em um ciclo de produção não seja suficiente para selecionar as mesmas. Resultados semelhantes foram observados por Roveri José (2005), ao avaliar o comportamento das linhagens de milho quanto à tolerância a alta temperatura de secagem em diferentes safras.

Na Tabela 5, encontram-se as estimativas dos efeitos de CEC. Altos valores de CEC's indicam combinações melhores ou piores com base nas capacidades gerais de combinações dos progenitores. Foram observados maiores valores positivos da CEC para as combinações Ax2 e Bx3 e menores valores negativos para Cx1.

Para a espessura das camadas de células em ampulhetas (Tabela 6), foram observados baixos valores de CGC, com exceção do observado para a cultivar B. Nas combinações Bx1 e Cx2, foram observados os maiores valores positivos da CEC e menores valores negativos para Cx3.

Quando foram analisadas as camadas de células paliçádicas e em ampulhetas em conjunto (Tabela 7) os valores da CCG e da CEC foram superiores. A CGC manteve-se alta para as cultivares B e 1. Para a CEC observou-se maiores valores para as combinações Bx1 e Cx2 e os menores valores negativos para Cx3.

TABELA 5. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para espessura da camada de células paliçádicas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	-1,52	2,57	-1,05	-2,48
B	1,54	-3,65	2,11	1,25
C	-0,022	1,08	-1,05	1,22
CGC2	2,72	-3,78	1,05	

TABELA 6. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para espessura da camada de células em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	-2,2	-2,27	4,47	-0,36
B	7,5	-5,17	-2,33	10,53
C	-5,3	7,43	-2,13	-10,17
CGC2	4,7	-7,73	3,03	

TABELA 7. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para espessura do conjunto das camadas de células paliçádicas e em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	-3,8	0,47	3,33	-2,8
B	9,2	-9,03	0,17	11,8
C	-5,4	8,56	3,17	-9
CGC2	7,26	-11,4	4,13	

Pelas Tabelas 8 a 10, observa-se que a maior parte das combinações híbridas apresenta significância para o efeito recíproco quanto à espessura das camadas da testa, tornando-se uma característica importante a ser considerada na escolha dos genitores. Sabe-se que o tegumento da semente tem função de proteção ao eixo embrionário e ao tecido de reserva contra choques e abrasões, estando relacionado ainda à manutenção da união entre as partes internas da semente, à entrada de microrganismos e insetos, ao controle de velocidade de hidratação e de troca gasosa entre a semente e o meio (Carvalho & Nakaguawa, 2000).

O efeito recíproco quando significativo indica efeito materno ou extracromossômico para a característica em questão. O efeito materno é utilizado como sendo a principal explicação de resultados recíprocos para a herança do teor de proteínas no grão da soja, feijão, teor de óleo do grão de soja e metionina no feijão (Mesquita, 1989).

TABELA 8. Estimativa do efeito recíproco para espessura da camada de células paliçádicas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	1,7**	1,2 ^{NS}	4,05**
B	4,95**	-2,5**	3,25**
C	-2,35**	-2,5**	4,6**

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

TABELA 9. Estimativa do efeito recíproco para espessura da camada de células em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	1 ^{NS}	5,8**	8,7**
B	17,35**	5,75**	4,05**
C	0,05 ^{NS}	2,35 ^{NS}	-4,15**

* e ** Significativo a 5 e 1% se probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

TABELA 10. Estimativa do efeito recíproco para espessura do conjunto das camadas de células paliçádicas e em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	2,65 ^{NS}	7**	12,7**
B	22,2**	3,15 ^{NS}	7,5 ^{NS}
C	2,1 ^{NS}	-0,1 ^{NS}	0,45 ^{NS}

* e ** Significativo a 5 e 1% se probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

Para a característica de espessura de lignina nas camadas de células paliçádicas, em ampulhetas e no conjunto de células paliçádicas e em ampulhetas, houve efeito significativo para os genitores G1 e G2 e para os híbridos F₂ para todos os parâmetros analisados Tabela 10A (Anexo).

Os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, bem como os efeitos recíprocos, foram significativos para todos os parâmetros analisados, com exceção para CGC do grupo 2 para espessura de lignina nas camadas de células paliçádicas. De uma maneira geral foi observada a presença de efeitos gênicos aditivos quanto de não-aditivos envolvidos no controle de lignina nas camadas da testa.

Estimativas baixas e negativas da CGC para espessura de lignina nas células paliçádicas foram observadas para as cultivares A, C, 1 e 3 (Tabela 11).

Maiores valores da CEC foram observados para sementes provenientes dos cruzamentos Ax2 e Cx3 e menores valores para a combinação Cx2.

Para a espessura de lignina nas camadas de células ampulhetas os valores da CGC e da CEC foram maiores quando comparadas à espessura de lignina presente nas células paliçádicas (Tabela 12). Foram observados maiores valores da estimativa da CGC para as cultivares B e 3. Com relação a CEC os maiores valores foram verificados para as combinações Ax1 e Cx2 e os menores para Bx2. A mesma tendência da CGC's foi verificada para a espessura de lignina analisada no conjunto das células paliçádicas e em ampulhetas (Tabela 13). Elevados valores da CEC foram verificados para as combinações Ax1 e Ax2 e menor valor para Bx2.

TABELA 11. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para espessura de lignina na camada de células paliçádicas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	0,72	3,85	-4,57	-1,21
B	0,75	-2,81	2,06	1,32
C	-1,46	-1,05	2,51	-0,12
CGC2	-0,11	0,70	-0,59	

TABELA 12. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para espessura de lignina na camada de células em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	4,75	1,55	-6,30	-4,36
B	2,54	-5,75	3,21	9,25
C	-7,30	4,20	3,09	-4,89
CGC2	-4,56	-5,12	9,68	

TABELA 13. Estimativa dos efeitos das capacidades gerais (CGC) e específicas (CEC) de combinação para espessura de lignina no conjunto das camadas de células paliçádicas e em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

G1/G2	1	2	3	CGC1
A	5,46	5,41	-10,87	-5,56
B	3,29	-8,56	5,26	10,57
C	-8,75	3,15	5,61	-5,01
CGC2	-4,67	-4,42	9,09	

Para a maior parte das combinações híbridas houve significância para o efeito recíproco em relação à espessura de lignina nas camadas de células paliçádicas, células em ampulhetas e no conjunto de células paliçádicas e em ampulhetas (Tabelas 14 a 16), indicando efeito materno ou extracromossômico. O controle desse caráter é uma característica importante a ser considerada nos programas de melhoramento de soja para direcionamento dos genitores usados nos cruzamentos. Nos programas de melhoramento genético de soja buscam-se a seleção de genótipos com elevados teores de lignina maior que 5,0%, por apresentarem maior resistência ao impacto mecânico, em relação ao desenvolvimento de cultivares com testa impermeável (Alvarez et al., 1997).

TABELA 14. Estimativa do efeito recíproco para espessura de lignina na camada de células paliçádicas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	-0,10 ^{NS}	3,50**	-3,73**
B	2,77**	-1,13 ^{NS}	2,34**
C	-1,56 ^{NS}	-4,09**	-0,53 ^{NS}

* e ** Significativo a 5 e 1% se probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

TABELA 15. Estimativa do efeito recíproco para espessura de lignina na camada de células em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	-2,62 ^{NS}	4,82**	-24,38**
B	14,61**	6,04**	6,11**
C	-6,86**	-4,7**	6,96**

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

TABELA 16. Estimativa do efeito recíproco para espessura de lignina no conjunto das camadas de células paliçádicas e em ampulhetas, considerando todos os cruzamentos em que se obtiveram híbridos e recíprocos. UFLA, Lavras - MG, 2008.

G1/G2	1	2	3
A	-2,73 ^{NS}	8,32**	-8,42**
B	17,38**	4,9**	8,45**
C	8,42**	-8,79**	6,43**

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ^{NS} não significativo.

6 CONCLUSÃO

Caracteres utilizados para a avaliação da qualidade fisiológica podem ser correlacionados com o teor de lignina.

Há efeito significativo para as capacidades geral e específica de combinação para a espessura das camadas da testa e espessura de lignina nessas camadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, P. J. C. **Relação entre o conteúdo de lignina no tegumento da semente de soja e sua relação ao dano mecânico**. 1994. 43 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Faculdade Estadual de Londrina, Londrina.

ALVAREZ, P. J. C.; KRYZANOWSKI, F. C.; MANDARINO, J. M.; FRANÇA NETO, J. B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, Zurique, v. 25, n. 2, p. 209-214, 1997.

ALVES, E. **Introdução à microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: FAEPE, 2004. 43 p. Apostila.

BARBER, M. S.; RIDE, J.P. A quantitative assay for induced lignification in wounded wheat leaves and its use to survey potential elicitors of the response. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 32, n. 2, p. 185-1197, Mar. 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

CARBONELL, S. A. M.; KRZYKANOWSKI, F. C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistance to mechanical damage. **Seed Science and Tecnology**, Zurich, v. 23, n. 2, p. 331-339, 1995.

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

CAVINESS, C. E.; SIMPSON, A. M. J. R. Influence of variety and location on seed coat thickness of mature soybean seed. **Proceedings Associations of Seed Analysis**, Wellington, v. 64, p. 102-108, 1974.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. D. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.

EDMOND, J. D.; DRAPALA, W. S. The effects of temperature, sand and acerone in germination of okra seed. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, New York, v. 71, p. 428-434, June 1958.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. Malaysia: Longman, 1996. 464 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais....** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; WEST, S. H.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. Determinação do conteúdo de lignina nos tegumentos de sementes de soja com tegumento preto e amarelo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. 247 p. (Documento, 134).

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 9, p. 462-493, 1956.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos. em morfologia vegetal. Seropédica: EDUR, 1997. 198 p.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LEWIS, N. G.; YAMAMOTO, E. Lignin: occurrence, biogenesis and biodegradation. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 41, p. 455-496, 1990.

MESQUITA, I. A.. Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 1989. 70 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.21.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science Technology**, Zurich, v.27. n.3, p.945-949, 1999.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2 ed. Brasília: [s.n.], 1985. 289 p.

ROVERI JOSÉ, S. C. B. **Tolerância a alta temperatura de secagem de sementes de milho**. 2003. 149 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROVERI JOSÉ, S. C. B.; VON-PINHO, É. V. R.; VON-PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA-FILHO, J. L. Características físicas do pericarpo de sementes de milho associadas com a tolerância à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 125-131, 2005.

SILVA, M. A. D. **Morfologia da testa e potencial fisiológico de sementes de soja**. 2003.84 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, N. O. **Controle genético de características associadas à qualidade de sementes de milho**. 2006. 91p. (Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

TAVARES, D. Q.; MIRANDA, M. A. C.; UMINO, C. Y.; DIAS, G. M. Características estruturais do tegumento de sementes permeáveis e impermeáveis de linhagens de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 147-153, jul. 1987.

ANEXO

TABELA 1A. Análise de variância de dados obtidos da primeira contagem de germinação (1^aC), contagem final de germinação (CF) e velocidade de germinação (VG) do teste de envelhecimento acelerado de um dialelo parcial, incluindo genitores, híbridos F₂'s e recíprocos. 108.

TABELA 1B. Análise de variância da 1^a contagem de germinação (1C), contagem final de germinação (CF), velocidade de germinação (VG) e teor de lignina (LG) dos genitores, híbridos F₂'s e recíprocos.....109.

TABELA 2A. Análise de variância da espessura das camadas de células paliçádicas, células em ampulheta e do conjunto das células paliçádicas e ampulheta dos genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos em microscopia de varredura.....110.

TABELA 4A. Resumo das análises de variância de dados obtidos da espessura das camadas de células paliçádicas (CP), células em ampulhetas (CA) e do conjunto de células paliçádicas e ampulhetas de um dialelo parcial, incluindo os genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos por microscopia varredura.....111.

TABELA 10A. Resumo das análises de variância de dados obtidos da espessura de lignina das camadas de células paliçádicas (CPL), células em ampulhetas (CAL) e do conjunto de células paliçádicas e ampulhetas (CPAL) de um dialelo parcial, incluindo os genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos por microscopia de luz.....112.

TABELA 1A. Análise de variância de dados obtidos da primeira contagem de germinação (1ªC), contagem final de germinação (CF) e velocidade de germinação (VG) do teste de envelhecimento acelerado de um dialelo parcial, incluindo genitores, híbridos F2's e recíprocos. UFLA, Lavras – MG, 2008.

FV	GL	1ªC	CF	VG
		QM	QM	QM
Tratamentos	23	3.206 **	2445,29**	5,45**
Genitores	5	58,04**	3104,67**	1,55ns
Grupo 1 (G1)	2	97**	2628**	1,72ns
Grupo 2 (G2)	2	49**	2552,33**	0,061ns
G1 vs G2	1	0 ns	5162,67**	4,2**
Híbridos (F2)	17	381,97**	1852,52**	6,85**
CGC1	2	8278,36**	2001,86**	2,93**
CGC2	2	156,36**	478,86**	0,26 ns
CEC	4	893,02**	642,9028**	5,84**
Recíprocos	9	4943,72**	2662,21**	8,24**
G vs H	1	8515,13**	9225,36**	7,99**
Erro	72	3,03**	42,32	0,9467

** e * Teste F significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, ^{NS} não significativo.

TABELA 1B. Análise de variância da 1ª contagem de germinação (1ªC), contagem final de germinação (CF), velocidade de germinação (VG) e teor de lignina (LG) dos genitores, híbridos F₂'s e recíprocos de sementes de soja. UFLA, Lavras – MG, 2008.

FV	GL	1ªC	CF	VG	GL	LG
		QM	QM	QM		QM
Tratamentos	23	3206,18**	2445,29**	5,75**	21	1,75**
Erro	216	3,03	42,32	0,95	66	0,21

**Teste F significativo a 5% de probabilidade respectivamente.

TABELA 2A. Análise de variância da espessura das camadas de células paliçádicas (CP), células em ampulheta (CA) e do conjunto das células paliçádicas e ampulheta (CPA) dos genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos em microscopia de varredura. UFLA, Lavras – MG, 2008.

FV	GL	CP	CA	CPA
		QM	QM	QM
T	23	172,2*	1137,8**	1428,1**
Erro	216	8,4	22,4	34,37

T: tratamento; CP: células paliçádicas; CA: células em ampulhetas; CPA: células paliçádicas e ampulheta. **Teste F significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 4A. Resumo das análises de variância de dados obtidos da espessura das camadas de células paliçádicas (CP), células em ampulhetas (CA) e do conjunto de células paliçádicas e ampulhetas (CPA) de um dialelo parcial, incluindo os genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos por microscopia eletrônica. UFLA, Lavras – MG, 2008.

FV	GL	CP	CA	CPA
		QM	QM	QM
Tratamentos	23	172,22**	1137,85**	1.428,09**
Genitores	5	81,27**	313,66**	231,59**
Grupo 1 (G1)	2	51,1**	166,43**	60,43 ^{NS}
Grupo 2 (G2)	2	120,03**	515**	497,7**
G1 vs G2	1	64,07**	205,35**	41,67 ^{NS}
Híbridos (F2)	17	197,55**	1.196,12**	1.704,57**
CGC1	2	138,14**	3.216,7**	3.421,2**
CGC2	2	341,94**	1.366,43**	2.997,73**
CEC	4	81,39**	515,53**	761,53**
Recíprocos	9	230,28**	1.011,74**	1.454,88**
G vs H	1	1,28 ^{NS}	7.344,5**	7.225**
Erro	216	8,45	22,41	34,37

** e * Teste F significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, ^{NS} não significativo.

TABELA 10A. Resumo das análises de variância de dados obtidos da espessura de lignina das camadas de células paliçádicas (CPL), células em ampulhetas (CAL) e do conjunto de células paliçádicas e ampulhetas (CPAL) de um dialelo parcial, incluindo os genitores, híbridos F₂'s e recíprocos obtidos por microscopia de luz. UFLA, Lavras – MG, 2008.

FV	GL	CPL	CAL	CPAL
		QM	QM	QM
Tratamentos	23	105,32	1.473	1.792,55
Genitores	5	111,54**	720,63**	1.331,37**
Grupo 1 (G1)	2	98,54**	1.216,88**	1.988,61
Grupo 2 (G2)	2	167,94**	348,1**	983,77**
G1 vs G2	1	24,70 ^{NS}	473,2**	712,08**
Híbridos (F2)	17	101,42**	1250,32**	1.625,47**
CGC1	2	48,31**	1.928,24*	2.518,19*
CGC2	2	12,88 ^{NS}	2.113,10**	1.860,04**
CEC	4	146,15**	487,74**	1.017,93**
Recíprocos	9	113**	1.246,88**	2.044,99**
G vs H	1	151,54**	9.619**	7.355**
Erro	216	8,92	40,95	62,31

** e * Teste F significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, ^{NS} não significativo.