

ANÁLISE FISIOLÓGICA E ULTRA-ESTRUTURAL DURANTE O DESENVOLVIMENTO E A SECAGEM DE SEMENTES DE SOJA¹

PAULO DE ALBUQUERQUE SILVA², KÊNIA ALMEIDA DINIZ³, JOÃO ALMIR OLIVEIRA⁴, ÉDILA VILELA DE REZENDE VON PINHO⁵

RESUMO - Durante o desenvolvimento e a secagem, vários mecanismos de proteção atuam na manutenção da qualidade fisiológica de sementes. Alguns desses mecanismos mantêm a integridade das membranas celulares, o que é fundamental para o perfeito funcionamento do metabolismo celular. O estudo de ultra-estrutura além de permitir a visualização dos danos causados pela secagem na ausência de mecanismos de proteção, permite, ainda, a observação do início da efetividade destes mecanismos. Neste trabalho, foram estudados os danos durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja, por meio de microscopia eletrônica de varredura e testes fisiológicos. Para isso, foram colhidas sementes em diferentes estádios de desenvolvimento, que foram submetidas a diferentes temperaturas e tratamentos de secagem. Foram feitas avaliações quanto à qualidade fisiológica das sementes por meio dos testes de germinação, teste de frio, teste de emergência em condições controladas e condutividade elétrica. Os danos de membrana foram observados por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando-se microscópio LEO Evo40. Concluiu-se que as sementes de soja tornam-se tolerantes a dessecação quando possuem em torno de 30% de teor de água. A secagem em sementes de soja com teor de água acima de 30% provoca danos de membrana que diminuem a qualidade fisiológica das sementes. Os maiores valores de germinação em sementes de soja são alcançados quando estas atingem cerca de 30% de grau de umidade no campo e os maiores valores de vigor em sementes de soja são alcançados quando estas atingem cerca de 40% de grau de umidade no campo.

Termos para indexação: *Glycine max*, MEV, dessecação, vigor.

ULTRA-STRUCTURAL AND PHYSIOLOGICAL ANALYSIS DURING THE DEVELOPMENT AND DRYING OF SOYBEAN SEEDS

ABSTRACT - During development and drying, a number of protection mechanisms act on the maintenance of seed physiological quality. Some of these mechanisms maintain the integrity of the cells, which is fundamental to the perfect functioning of cell metabolism. The study of the ultra-structure enables visualization of damage caused by drying in the absence of protection mechanisms. In this research, damage occurred during the soybean seed development and drying was studied by means of Scanning Electron Microscopy (SEM). In addition, seeds were also evaluated regarding the physiological quality. Thus, seeds in different developmental stages were collected and submitted to different drying temperatures and treatments. Evaluations were made concerning the seed physiological quality by means of the germination test, cold test, emergence test under controlled conditions and electrical conductivity test. The damages were visualized by means of scanning electron microscopy utilizing the LEO Evo40 Microscope. The results showed that the soybean seeds become desiccation tolerant when they possess around 30% water content. Drying of seeds with moisture content above 30% caused reduction in cellular volume,

¹ Submetido em 12/02/2006. Aceito para publicação em 04/01/2007.

² Doutorando em Agronomia / Fitotecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). pas77@ig.com.br

³ Doutorando em Agronomia / Fitotecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). keniadiniz@hotmail.com

⁴ D.Sc. Prof. Adj. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa postal 3037, CEP 37200-000 Lavras – MG. jalmir@ufla.br

⁵ D.Sc. Prof^a. Adj. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa postal 3037, CEP 37200-000 Lavras – MG. edila@ufla.br

disorganization of the cell walls and decrease in seed physiological quality. Higher germination values were observed in seeds with 30% moisture content in the field, whereas higher values of vigor were observed in seeds with 40% of moisture content in the field.

Index terms: *Glycine max*, SEM, desiccation, vigor.

INTRODUÇÃO

A soja, nos últimos 10 anos, tornou-se a maior geradora de divisas do agronegócio brasileiro. A cultura ocupa uma área de 21,24 milhões de hectares com produção em 2005/2006 de, aproximadamente, 51 milhões de toneladas de grãos. A demanda por semente na safra 2005/2006 foi de, aproximadamente, um milhão de toneladas. Todo complexo agroindustrial da soja movimenta, no Brasil, mais de 30 bilhões de dólares (IBGE, 2006).

Além do desafio de produzir sementes de qualidade para atender a demanda crescente, as unidades de beneficiamento ainda têm que solucionar o problema de concentração de produção e operação das usinas. A utilização de dessecantes para a antecipação de colheita é uma técnica que tem sido adotada por diversos produtores, porém, o estágio do desenvolvimento para aplicação não está claro, sendo observadas recomendações divergentes.

Durante o desenvolvimento, as sementes passam pela fase de histodiferenciação, em que há um aumento na massa fresca e na deposição de reserva, acompanhado por um rápido aumento na massa seca durante a maturação. O acúmulo de massa seca cessa e o de massa fresca diminui, quando as sementes atingem o ponto de maturidade fisiológica. Após a histodiferenciação e antes da secagem na maturação, as sementes adquirem a habilidade para germinar e tolerar a dessecação. Em sementes em desenvolvimento, a concentração de ABA diminui próximo ao final do desenvolvimento, enquanto a tolerância à dessecação é aumentada (Oliver e Bewley, 1997).

Em soja, as fases de desenvolvimento são divididas em estágio vegetativo (V1, V2... Vn) e estágio reprodutivo (R1, R2, R3,..., R8) (Fehr e Caviness, 1979). No estágio reprodutivo, o R7 marca o ponto de maturidade fisiológica, que é caracterizado pelo máximo acúmulo de matéria seca na semente e com teor de água variando de 50% a 60% (Howell et al., 1959). Na transição do estágio R7 ao R8, o metabolismo de mecanismos de tolerância à dessecação é intensificado e a semente passa a tolerar altas temperaturas de secagem (Oliver e Bewley, 1997).

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

Estudos de ultra-estrutura conduzidos durante os últimos anos contribuíram para a compreensão das diferentes respostas à secagem apresentadas por sementes recalcitrantes e ortodoxas. Membranas das organelas celulares, o citoesqueleto e o núcleo esquelético são essenciais para o perfeito funcionamento da célula e danos a essas estruturas durante a secagem podem levar à perda de viabilidade (Berjak e Pammanter, 2000).

Neste trabalho foram estudados os danos celulares por meio de testes fisiológicos e microscopia eletrônica de varredura (MEV) durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram conduzidas no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) e no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultra-Estrutural (LME) e o experimento de campo, na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG. Após análise de solo, seguiram-se as recomendações da Embrapa para Minas Gerais para as correções de fertilidade e pH. A área de cultivo possui predominância de solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro. **Instalação e condução do experimento:** foi utilizada a cultivar MG/BR 46 (Conquista), recomendada para o estado de Minas Gerais. Em solo preparado de maneira convencional, as parcelas foram instaladas com espaçamento de 0,45m entre linha e 15 plantas por metro linear. Cada parcela constou de 20 linhas de 10 metros, totalizando 9m², sendo as 18 linhas centrais de cada parcela consideradas úteis. Foram feitos controles de invasoras, assim como de pragas e doenças sempre que necessário. A colheita de sementes foi realizada em diferentes estádios fenológicos para a avaliação da

qualidade fisiológica e ultra-estrutural durante a secagem. Utilizou-se a escala de Caviness (Fehr e Caviness, 1979) como critério para a caracterização da primeira colheita, feita quando as sementes estavam no estágio R6, que se caracteriza por vagens com sementes verdes, porém, totalmente formadas. A partir do R6, quando as sementes tinham, aproximadamente, 65% de teor de água, foram feitas colheitas semanais quando as sementes possuíam 60%, 50%, 40%, 30%, 22% e 12% de grau de umidade. As vagens colhidas foram debulhadas manualmente e as sementes levadas a secadores de pequena escala, construídos de acordo com Navratil e Burris (1982). Os secadores foram regulados para as temperaturas constantes de 35°C e 45°C, até atingir 13% de grau de umidade e temperaturas alternadas, iniciando com 35°C até um conteúdo médio de água das sementes de 20%, quando, então, a temperatura foi elevada para 45°C, até conteúdo de água em torno de 12%. No momento da colheita e após atingirem 20% e 12% de teor de água, foram retiradas amostras de sementes para serem avaliadas quanto à qualidade fisiológica e incidência de danos de membrana por meio de microscopia eletrônica de varredura. **Determinação do grau de umidade:** o grau de umidade inicial foi mensurado utilizando-se o método da estufa a 130°C por 2 horas, utilizando-se duas repetições para cada avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem. **Teste de germinação:** foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em rolos de papel tipo "Germitest" à temperatura de 25°C. A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes o peso do papel, visando a umedecimento adequado e a uniformização do teste. As avaliações e contagens das plântulas normais foram feitas no 4º e 7º dias após a semeadura de acordo com as RAS (Brasil, 1992). **Teste de emergência em condições controladas:** a semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo como substrato solo + areia, na proporção 1:2. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25°C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). Foi considerada a porcentagem de plântulas normais aos 14 dias. **Teste de frio:** foram utilizadas caixas plásticas com uma mistura de areia e terra (2:1), com quatro repetições de 50 sementes cada. Uma quantidade de 4.000g da mistura areia e solo juntamente com adição da quantidade de água calculada para 70% da capacidade de campo, foi colocada em cada caixa. Em seguida estas caixas foram colocadas em câmara previamente regulada a 10 °C, onde na qual permaneceram durante cinco dias. Após esse período, as caixas foram transferidas para uma câmara

de germinação com temperatura de 25°C, por sete dias para a emergência das plântulas. A avaliação foi realizada considerando somente as plântulas normais emergidas (Krzyzanowski et al., 1999). **Condutividade elétrica:** foi utilizada a quantificação em massa, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram pesadas com precisão de duas casas decimais e, em seguida, colocadas em copos plásticos descartáveis com 75mL de água deionizada. Após 24 horas de embebição à temperatura de 25°C, a condutividade elétrica foi determinada com auxílio de um condutivímetro com resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, de acordo com o método descrito por Krzyzanowski et al. (1999). **Microscopia eletrônica de varredura:** os eixos embrionários foram extraídos e imersos em solução fixativa (Karnovisk's modificada), pH 7,2, por 24 horas. Em seguida foram lavadas em tampão cacodilato por três vezes, durante 10 minutos. A pós-fixação foi feita em tetróxido de ósmio 1% por uma hora. Após esse período, foram feitas lavagens com água destilada e desidratação em gradiente de acetona a 25%, 50%, 75%, 90% e 100%, por três vezes. As amostras foram levadas para o aparelho de ponto crítico, onde foi eliminado todo o resíduo de acetona, para posterior montagem em stubs sob fita de carbono e revestimento com ouro. A visualização das amostras foi feita em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo40. **Delineamento experimental e análise estatística:** utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, arranjos em esquema fatorial (6x3x3), em que foram utilizadas épocas de colheitas (65%, 60%, 50%, 40%, 30%, 22 % de teor de água das sementes), 3 temperaturas de secagem (35, 45 e 35/45°C), 3 tratamentos de secagem (sem secagem, secagem até 20% de teor água e secagem até 12% de teor água). Para as variáveis germinação, emergência em condições controladas, condutividade elétrica e teste de frio, foram realizados estudos de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância observou-se diferença significativa para a interação estágio de desenvolvimento e tratamento de secagem, para todas as variáveis analisadas, não sendo observada diferença significativa entre temperaturas de secagem.

Na medida em que o teor de água de colheita das sementes foi diminuindo, a germinação foi aumentando para os três tratamentos de secagem, porém nas sementes com 65% e 60% de teor de água (Figura 1) os mecanismos responsáveis pela tolerância à dessecação parecem não estar presentes ou

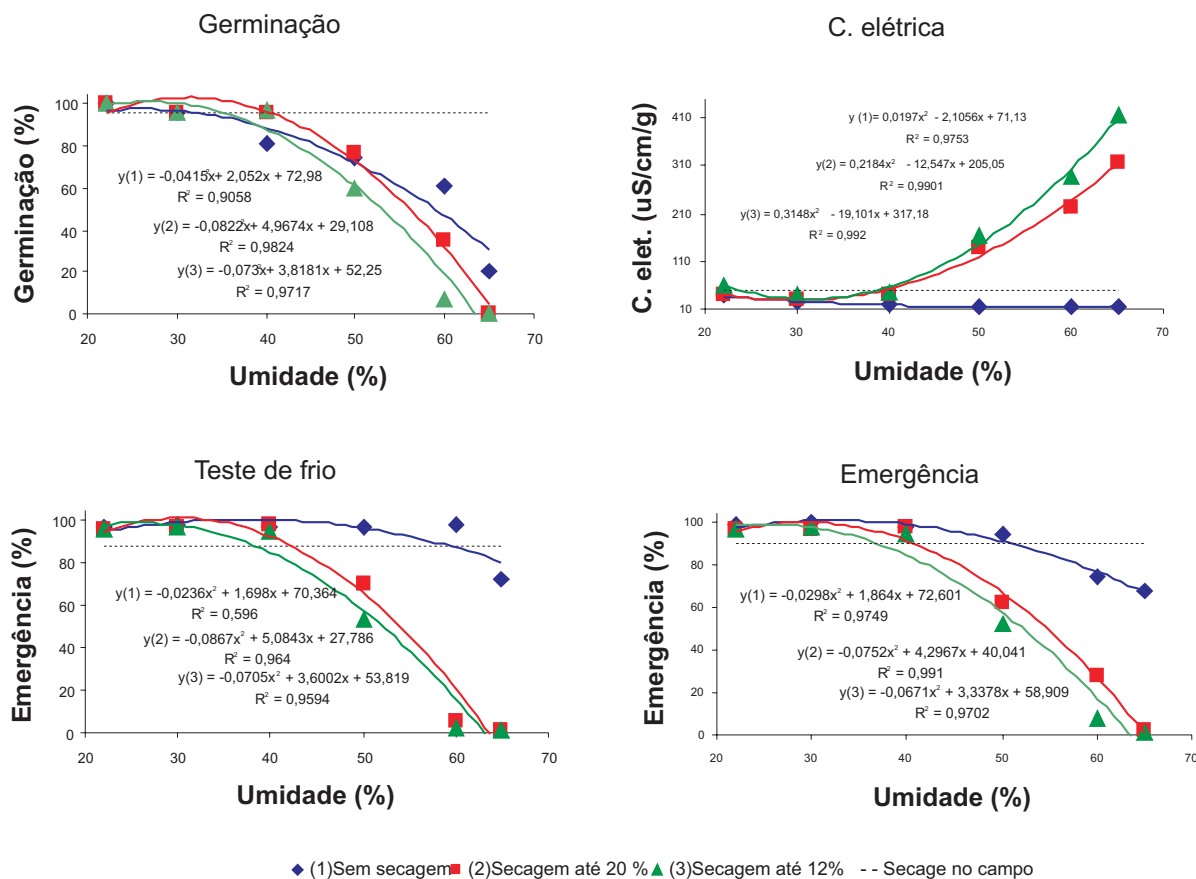


FIGURA 1. Representação gráfica das equações de regressão para os resultados dos testes de germinação (%), emergência em condições controladas (%), condutividade elétrica ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) e teste de frio (%) em função da secagem de sementes de soja cultivar MG/BR 46 (Conquista) colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento. A linha tracejada representa os valores médios de sementes soja colhidas convencionalmente no campo com teor de água de 12%. UFLA, Lavras – MG, 2006.

ativos, levando a semente a perder drasticamente sua viabilidade após secagem. Observou-se acentuada redução de volume celular que pode ter ocasionado a ruptura de plasmodesmata nos três sistemas de tecidos fundamentais (dérmico, fundamental e vascular) (Figura 2 e 3), fazendo com que o conteúdo citoplasmático seja lixiviado refletindo nos altos valores de condutividade elétrica (Figura 1). Segundo Taiz e Zaiger (2004), a maioria das células vegetais é interconectada por plasmodesmas que formam um *continuum* citoplasmático e estes são responsáveis por transporte de solutos. Pammenter e Berjak (1999) relataram que o dano mecânico associado com a redução do volume celular durante o processo de secagem é o mais importante dano em tecidos muito hidratados. Marcos Filho (1979), relatou prejuízos na germinação e no vigor de sementes de soja colhidas precocemente. Faria (2006) trabalhando com armazenamento de sementes de *Inga vera*, observou, por meio de microscopia

eletrônica de varredura, uma retração celular relacionada com a baixa qualidade fisiológica. A diminuição do volume celular em sementes com alta umidade e em estágio de desenvolvimento poderia estar relacionada com o conteúdo de água “livre” e adsorvida, que é superior à água de constituição, quando comparado a sementes desenvolvidas. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) e Marcos Filho (2005) a água livre e adsorvida possui forças de atração muito frágeis, sendo facilmente eliminadas da semente durante a secagem.

Com 50% de grau de umidade, foi possível submeter às sementes a uma secagem até 20% de teor de água sem causar prejuízo para a germinação (Figura 7). Segundo Marcos Filho (2005), o prejuízo causado à configuração de membranas durante a secagem prematura é minimizada quando são mantidos teores de água em torno de 25%. Segundo Kermode e Bewley. (1989), o sinal indicativo da mudança de estágio de desenvolvimento para germinação é a redução no teor de água

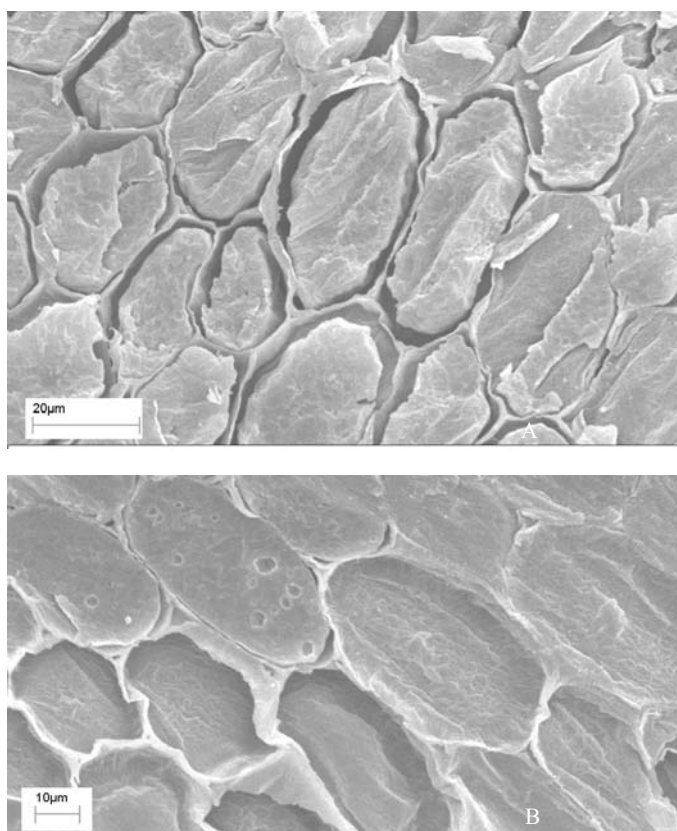


FIGURA 2. Imagens obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura mostrando danos causados por secagem em eixos embrionários de sementes de soja colhidas com 65% de grau de umidade. A imagem A representa eixos embrionários de sementes submetidas à secagem artificial e B sementes secas naturalmente. Aumento médio 1500 X. UFLA, Lavras-MG, 2006.

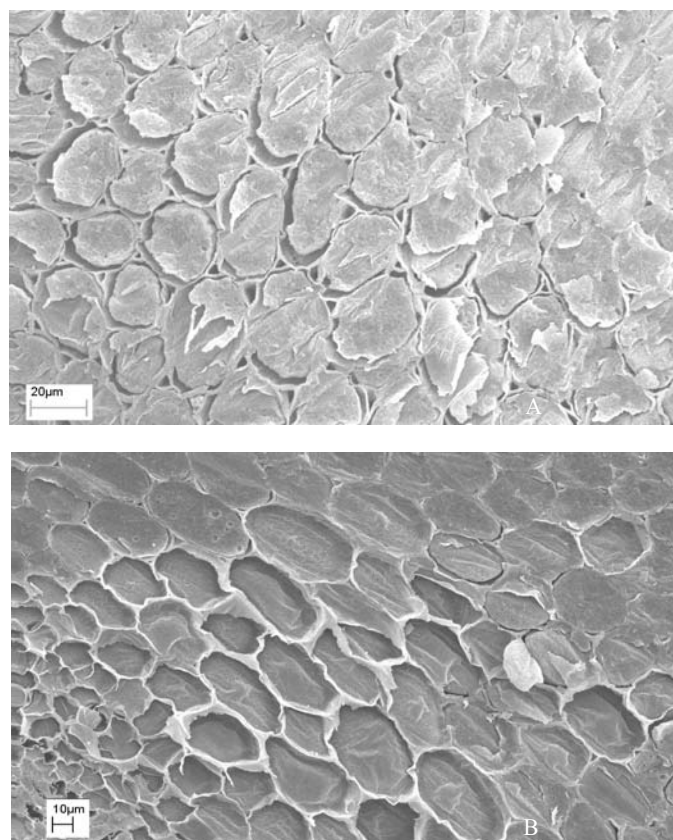


FIGURA 3. Imagens obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura mostrando danos causados por secagem em eixos embrionários de sementes de soja colhidas com 60% de grau de umidade. A imagem A representa eixos embrionários de sementes submetidas à secagem artificial e B sementes secas naturalmente. Aumento médio 1250 X. UFLA, Lavras, MG, 2006.

nas sementes. Nesse estágio, observou-se uma diminuição na profundidade do dano causado pela secagem (Figura 4), sendo este mais intenso nos tecidos mais externos (dérmico e fundamental), podendo ter sido causado pela maior exposição destes tecidos à temperatura de secagem.

A indução da germinação pela secagem foi efetivamente promovida quando o teor de água das sementes estava em torno de 40% (Figura 1), suportando, a partir de então, secagem até 12% de teor de água. Nesse estágio, o valor médio de germinação das sementes submetidas à secagem tornou-se superior ao das sementes sem secagem. As células mantiveram-se túrgidas com danos mínimos por secagem (Figura 5), sendo estes observados principalmente nas células mais externas do córtex e epiderme. A menor incidência de danos condicionou menores valores de condutividade elétrica.

Sun e Leopold (1993), trabalhando com a cultivar Chippewa 64, consideraram que os eixos embrionários de sementes de soja atingem o ponto de maturidade aos 48 dias após o florescimento, quando estes possuem em torno de 38% de grau de umidade.

Com 30% e 22% de teor de água, foram observados os maiores valores de germinação e vigor (Figura 1) comparados aos observados em sementes nos estádios anteriores. Zanakis et al. (1994) testando três cultivares de soja, obtiveram resultados semelhantes, porém, os autores relataram que estas possuíam menor longevidade do que sementes colhidas com 15% de teor de água. A partir desse estágio, as células mantiveram-se túrgidas após a secagem, com aspecto semelhante ao das sementes secas naturalmente em campo (Figura 6 e 7). Os valores de condutividade elétrica (Figura

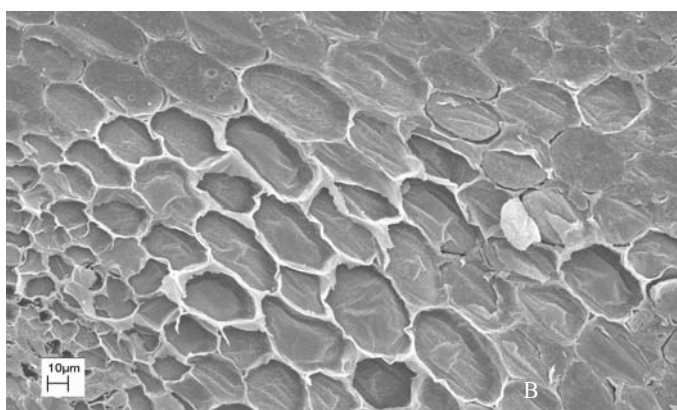
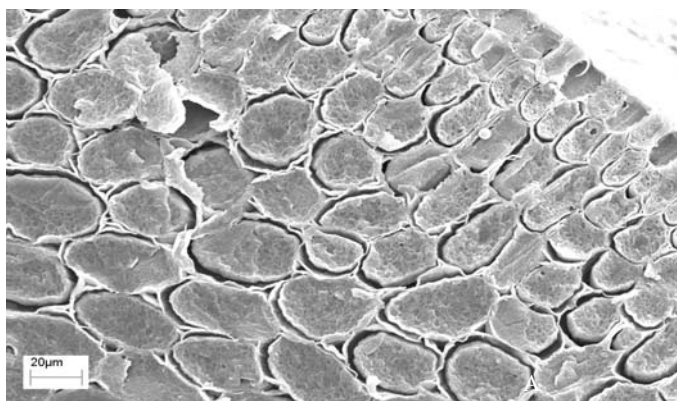


FIGURA 4. Imagens obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura mostrando danos causados por secagem em eixos embrionários de sementes de soja colhidas com 50% de grau de umidade. A imagem A representa eixos embrionários de sementes submetidas à secagem artificial e B sementes secas naturalmente. Aumento médio 1250 X. UFLA, Lavras, MG, 2006.

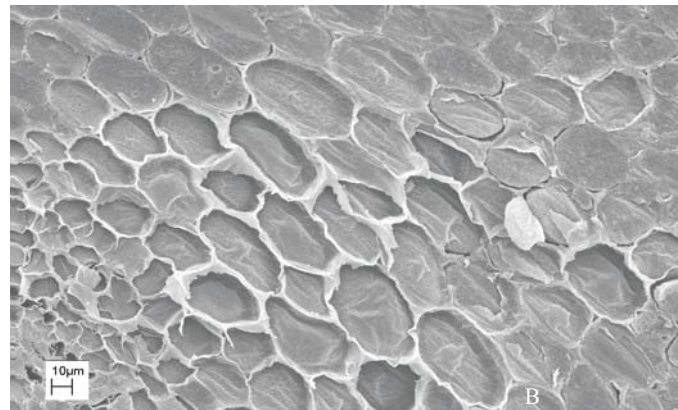
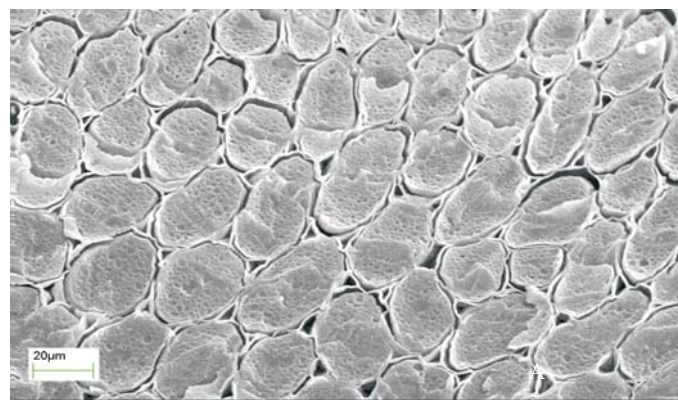


FIGURA 5. Imagens obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura mostrando danos causados por secagem em eixos embrionários de sementes de soja colhidas com 40% de grau de umidade. A imagem A representa eixos embrionários de sementes submetidas à secagem artificial e B sementes secas naturalmente. Aumento médio 1250 X. UFLA, Lavras, MG, 2006.

1) nesses estádios não variaram com a secagem, relacionando-se diretamente com a diminuição dos danos de membrana observados nas imagens.

Os resultados obtidos para o teste de emergência em condições controladas e teste de frio foram semelhantes aos da germinação (Figura 1). Observou-se, porém, que, nas sementes sem secagem, o estresse causado nos testes induziu a ativação de genes ligados à germinação, fazendo com que os valores de emergência em condições controladas e no teste de frio aumentassem significativamente quando comparados com o teste de germinação, resultados que corroboram os resultados obtidos por Veiga (2005).

De acordo com Howell et al. (1959), as sementes de soja atingem seu ponto de maturidade fisiológica quando possuem entre 50% a 60% de umidade, diferente do

encontrado nesta pesquisa, que foi de, aproximadamente, 40% de teor de água, como pôde ser observado nos testes fisiológicos (Figura 1) e imagens de ultra-estruturas, porém, por não possuir os mecanismos de proteção totalmente desenvolvidos neste estágio, a secagem provocou decréscimo nos valores de vigor das sementes. O vigor das sementes foi crescente nos três tratamentos de secagem, na medida em que a umidade de colheita diminuía e, assim, como no teste de germinação, os valores de maior vigor foram alcançados em sementes secadas quando apresentavam em torno de 30% de teor de água, não diferindo das sementes com 20% (Figura 1).

CONCLUSÕES

As sementes de soja tornam-se tolerantes à dessecação

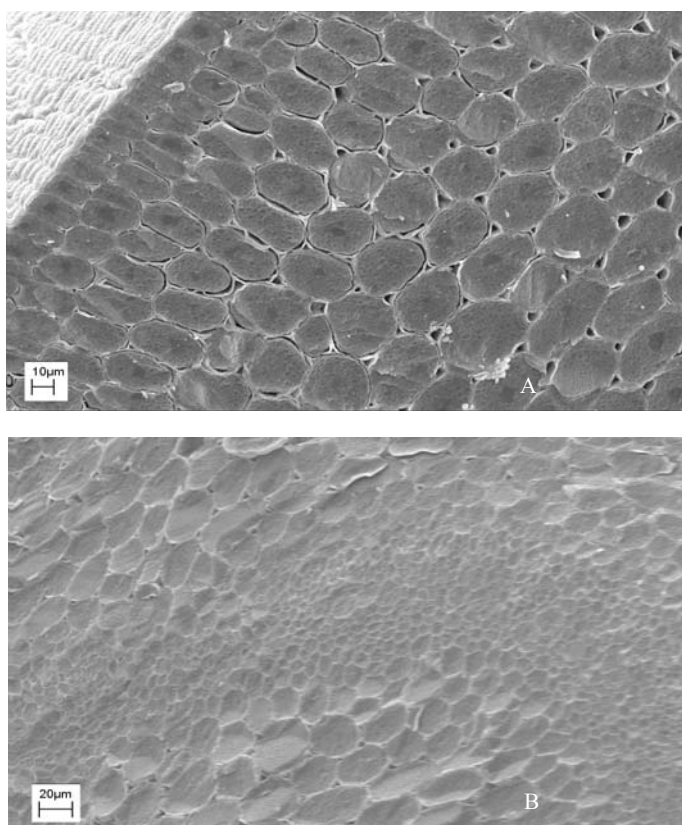


FIGURA 6. Imagens obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura mostrando danos causados por secagem em eixos embrionários de sementes de soja colhidas com 30% de grau de umidade. A imagem A representa eixos embrionários de sementes submetidas à secagem artificial e B sementes secas naturalmente. Aumento médio 1150 X. UFLA, Lavras, MG, 2006.

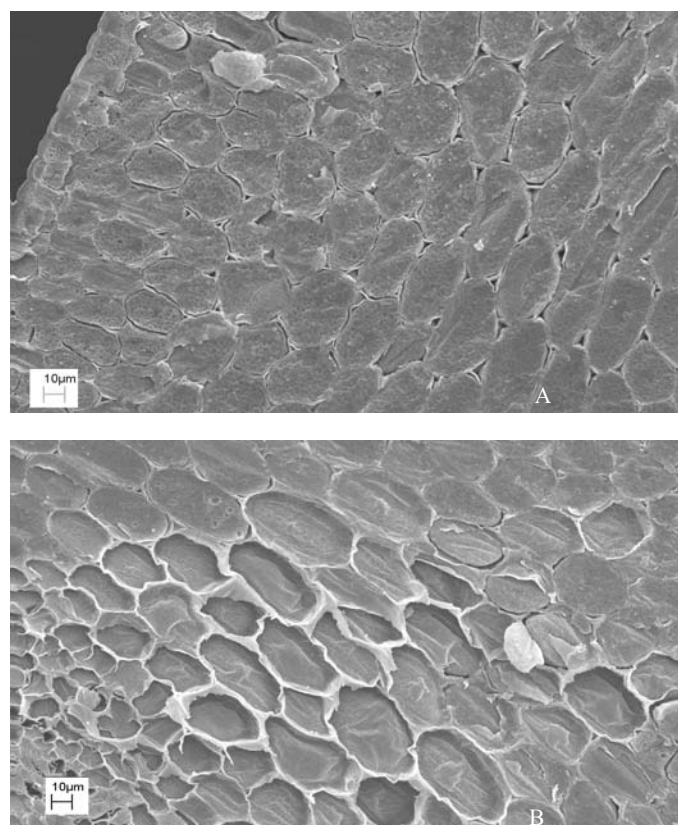


FIGURA 7. Imagens obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura mostrando danos causados por secagem em eixos embrionários de sementes de soja colhidas com 20% de grau de umidade. A imagem A representa eixos embrionários de sementes submetidas à secagem artificial e B sementes secas naturalmente. Aumento médio 1250 X. UFLA, Lavras, MG, 2006.

quando possuem em torno de 30% de teor de água.

A secagem em sementes de soja com teor de água acima de 30%, provoca danos de membrana que diminuem a qualidade fisiológica das sementes.

Os maiores valores de germinação em sementes de soja são alcançados quando estas atingem cerca de 30% de grau de umidade no campo.

Os maiores valores de vigor em sementes de soja são alcançados quando estas atingem cerca de 40% de grau de umidade no campo.

REFERÊNCIAS

BERJAK, P.; PAMMENTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*,

Brasília, v. 12, p. 22-55, 2000. Edição Especial.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDN/CLAV, 1992. 365 p.

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

FARIA, J. M. R. **Desiccation tolerance and sensitivity in *Medicago truncatula* and *Inga vera* seeds**. 2006. 135f. Tese (Doutorado) - Wageningen Universiteit, Wageningen, 2006.

FERH, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University, Cooperative extension Service, 1979. 12 p.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2006.

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

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: FEALQ, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. **Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrel)**. 1979. 180 p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1979.

NAVRATIL, R. J.; BURRIS, J. S. Small-scale dryer designer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 1, p. 159-161, 1982.

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

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

SUN, W. Q. A.; LEOPOLD, A. C. Acquisition of desiccation tolerance in soybeans. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 87, n. 3, p. 403-409, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Califórnia: Cummings, 2004. 565 p.

VEIGA, A. D. **Tolerância de sementes de soja à dessecação**. 2005. 36 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

ZANAKIS, G. N.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J. Seed quality in relation to seed development in three genotypes of soybean (*Glycine max*). **Experimental Agriculture**, Londres, v. 30, n. 2, p. 139-156, 1994.

