



PATRÍCIA DE OLIVEIRA ALVIM VEIGA

**QUALIDADE DE MUDAS E ASPECTOS
FISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E BIOFÍSICOS
DE SEMENTES DE CAFÉ ARMazenadas**

**LAVRAS - MG
2010**

PATRÍCIA DE OLIVEIRA ALVIM VEIGA

**QUALIDADE DE MUDAS E ASPECTOS FISIOLÓGICOS,
BIOQUÍMICOS E BIOFÍSICOS DE SEMENTES DE CAFÉ
ARMAZENADAS**

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

Orientador

Dr. João Almir Oliveira

**LAVRAS - MG
2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Veiga, Patrícia de Oliveira Alvim.

Qualidade de mudas e aspectos fisiológicos, bioquímicos e biofísicos de sementes de café armazenadas / Patrícia de Oliveira Alvim Veiga. – Lavras : UFLA, 2010.

112 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: João Almir Oliveira.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Armazenamento. 3. Análise bioquímica.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.521

PATRÍCIA DE OLIVEIRA ALVIM VEIGA

**QUALIDADE DE MUDAS E ASPECTOS FISIOLÓGICOS,
BIOQUÍMICOS E BIOFÍSICOS DE SEMENTES DE CAFÉ
ARMAZENADAS**

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

APROVADA em 28 de maio de 2010

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

EMBRAPA Café

Dr. Antônio Rodrigues Vieira

EPAMIG

Dra. Lilian Padilha

EMBRAPA Café

Dr. Rubens José Guimarães

UFLA

Dr. João Almir Oliveira

Orientador

**LAVRAS - MG
2010**

*Aos meus pais, Wolney e Denise, pelo amor, carinho e ensinamentos durante
toda a minha vida.*

Aos meus irmãos, Cris e Júnior, pela amizade e companheirismo.

Ao meu amor André por estar sempre ao meu lado

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua infinita bondade e misericórdia.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade.

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

Ao Prof. Dr. João Almir de Oliveira, pela orientação, confiança, amizade e pelo exemplo de profissional e ser humano, durante todos estes anos de convivência.

A minha coorientadora e tia Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, pelas valiosas contribuições, pela amizade, pelo carinho e pelo exemplo de dedicação.

Aos professores e pesquisadores Maria Laene Moreira de Carvalho, Édila Vilela de Resende Von Pinho, Antônio Rodrigues Vieira e Renato Mendes Guimarães pelos ensinamentos, amizade e colaboração.

Aos meus avós, pelos ensinamentos e pelas orações.

A minha sogra, Beth e ao meu sogro, Delly, por todo apoio nesta etapa da minha vida.

Aos meus cunhados, Ursúla, Marcelo e Adriano, por estarem sempre presentes.

Às funcionárias do Laboratório de Sementes da UFLA, Dona Elza, Elenir, Ivani, Laís, Dalva, Wilder e Wilder “xará” pela disponibilidade e atenção durante a realização do curso.

A funcionária da pós-graduação, Marli, pela ajuda, compreensão e incentivo durante o curso.

Aos estagiários Gustavo, Jaime, Cascão, Ricardo, Cibele, Bruno e Débora, pela incansável ajuda.

Aos meus amigos Kênia, Vivian, Paulize, Heloísa, Letícia, Priscila, Rosiani, Marcela e Álvaro, sem vocês tudo seria mais difícil.

A todos os meus familiares que sempre estiveram do meu lado em todos os momentos.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão deste trabalho e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu agradecimento.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO GERAL

A baixa longevidade das sementes de café é um fator limitante no sistema produtivo e que tem reflexos diretos na competitividade dos produtores, que ficam sujeitos à produção de mudas em épocas desfavoráveis à implantação da lavoura no campo. Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de se ampliar os conhecimentos sobre as alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares nas sementes de *Coffea arabica* L. de diferentes variedades utilizando diferentes métodos de secagem e tratamento químico ao longo do armazenamento. Os frutos das cultivares Rubi, Acaiá e Catuai no estágio cereja foram colhidos, despolidos, desmucilados por fermentação a 30°C, por 24 horas. As sementes foram submetidas à secagem convencional (à sombra) e secagem em secador estacionário à temperatura de 35°C. Foram analisadas ainda sementes sem secagem. As avaliações foram feitas imediatamente após os tratamentos de secagem e após três, seis, nove e doze meses de armazenamento. As sementes foram armazenadas a 10°C em embalagens plásticas e herméticas. Foram realizados os testes de germinação, emergência, análises eletroforéticas, análise sanitária e análises térmicas. Concluiu-se que há redução da qualidade das sementes úmidas ao longo do armazenamento. Menor atividade de enzimas removedoras de radicais livres é encontrada nas sementes úmidas, independente da época de armazenamento. O tratamento químico, das sementes de café antes do armazenamento, prejudica o desenvolvimento das mudas. Mudas feitas de sementes úmidas tem melhor desenvolvimento quando são utilizadas sementes recém colhidas. Os resultados das análises térmicas indicam que a sensibilidade de sementes de café à dessecação e baixa longevidade não estão relacionadas às propriedades térmicas da água à formação dos vidros intracelulares.

Palavras chave: *Coffea arabica* L.. Armazenamento. Análises bioquímicas.

GENERAL ABSTRACT

The poor longevity of coffee seeds is a limiting factor in the production system and which has direct reflexes on the farmers' competitiveness, which become subject to production of seedlings in times unfavorable to the establishment of the crop in the field. Therefore, this work was conducted with the purpose of broadening the knowledge about the physiological, biochemical and molecular in the seeds of *Coffea arabica* L. of varying ages by utilizing different drying methods and chemical treatment over the storage. The fruits of cultivars Rubi, Acaia and Catuai at the berry stage were collected, pulped, without mucilage by fermentation at 30°C for 24 hours. The seeds were submitted to conventional drying (in the shade) and drying in stationary dryer at the temperature of 35°C. Further, seeds with no drying were analyzed. The evaluations were done immediately after the drying treatments and after three, six and twelve months of storage. The seeds were stored at 10°C in plastic and air-tight packages. The tests of germination, emergency, electrophoresis analyses, health analysis and thermal analyses were done. It follows that there is a reduction of the quality of the moist seeds during the storage. Less activity of the free-radical removing enzymes is found in moist seeds, independent of the storage season. The chemical treatment of coffee seeds before storage impairs the seedlings' development. Seedlings done from moist seedlings have better development when they are utilized fresh-collected. The results of the thermal analyses point that the sensitivity of coffee seeds to dissection and short longevity are not related to the thermal properties of water to the formation of intracellular glasses.

Keywords: *Coffea arabica* L.. Storage. Biochemical analyses.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO	09
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
REFERÊNCIAS	14

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 Aspectos fisiológicos e bioquímicos de sementes de café submetidas a diferentes métodos de secagem, tratamento fungicida e armazenamento	17
--	----

INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

ARTIGO 2 Formação de mudas de cafeeiro com sementes submetidas á secagem, ao armazenamento e ao tratamento químico	63
---	----

1 INTRODUÇÃO	65
2 MATERIAL E MÉTODOS	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4 CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS	88

ARTIGO 3 Relevância da formação de vidros intracelulares na sensibilidade de sementes de café à dessecação e à deterioração	92
--	----

1 INTRODUÇÃO	94
2 MATERIAL E MÉTODOS	99

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	103
4 CONCLUSÃO.....	117
REFERÊNCIAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos mais importantes no mercado internacional, tendo o Brasil liderança absoluta na produção mundial. O Brasil contribui com 30% do total produzido e esta produção tem grande importância sócio econômica, seja pela fonte de renda, participação na receita cambial, formação de capital e, principalmente, pela expressiva capacidade de absorção de mão-de-obra. Plantas de café são propagadas por meio de mudas, as quais são ainda produzidas a partir de sementes e, problemas relacionados à conservação destas sementes num curto/médio prazo, visando à produção de mudas com padrão de qualidade ideal e em época de clima favorável ao plantio, bem como a conservação num longo prazo, em bancos de germoplasma, ainda carecem de soluções. Além disso, o comportamento no campo, de mudas de cafeeiro oriundas de sementes armazenadas, tanto na fase de implantação quanto à época da colheita, permanece obscuro. Sementes de café apresentam germinação lenta e desuniforme, além de baixa tolerância a dessecação e baixa longevidade e, sabe-se que fatores genéticos, de produção e processamento pós-colheita podem proporcionar alterações físicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares, com reflexos diretos na qualidade das sementes. Assim, considerando-se a exigência estratégica de se viabilizar a conservação das sementes, fatores estes considerados primordiais para garantir a competitividade do agronegócio café no cenário internacional. Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de se ampliar os conhecimentos sobre as alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares nas sementes de *Coffea arabica* L. de diferentes variedades utilizando diferentes métodos de secagem e tratamento químico ao longo do armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A produção de mudas de café com padrão de qualidade desejável e em época de clima ideal ao plantio é ainda impossibilitada devido à baixa capacidade de armazenamento das sementes, aliada à sua germinação lenta e desuniforme. Estas características das sementes são, também, fatores limitantes para a manutenção do germoplasma num longo prazo, colocando em risco a variabilidade genética existente. Sementes de café foram classificadas como recalcitrantes (KING; ROBERTS, 1979), ortodoxas (ROBERTS; KING; ELLIS, 1984), e, posteriormente consideradas intermediárias (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990, 1991; HONG; ELLIS, 1992) porque toleram considerável secagem em comparação às recalcitrantes, mas não resistem a uma extrema perda de água e têm sua longevidade reduzida quando armazenadas com baixo teor de água e sob baixas temperaturas.

Tem sido recomendado que sementes de café devem ser armazenadas com umidade de 10 a 12% de umidade, em embalagens herméticas sob temperatura de 10/15°C (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990, 1991; HONG; ELLIS, 1992). No entanto, sementes armazenadas nestas condições não produzem mudas com padrão de qualidade aceitável para o plantio. Resultados recentes demonstram que após oito/nove meses de armazenamento das sementes, as mudas produzidas têm uma área foliar cinco vezes menor, um peso seco três vezes menor e, até 2 vezes menor número de pares de folhas verdadeiras do que aquelas produzidas logo após a colheita das sementes. Estes resultados indicam que a melhor maneira de armazenar as sementes de café, se mais úmidas ou mais secas, necessita ainda de investigações.

Outro fator importante a ser estudado é a implantação das mudas de sementes armazenadas. Mudas oriundas de sementes armazenadas por seis meses tem o mesmo desenvolvimento inicial de mudas cuja sementeira foi

realizada na época da colheita, sendo que estas muitas vezes são levadas a campo em épocas com escassez de água, aumentando o percentual de replantio (OLIVEIRA, 2007). Dos resultados de inúmeros trabalhos sobre a dessecação e o armazenamento de sementes de café observa-se grandes controvérsias dos resultados, quanto a conservação no estado seco (BACCHI, 1955, 1956; BENDANNA, 1962; DUSSERT et al., 2006; EIRA et al., 1999; HONG; ELLIS, 1992; MIRANDA, 1987; VEIGA et al., 2007; VIEIRA et al., 2007; WELLMAN; TOOLE, 1960) ou úmido (COUTURON, 1980; KING; ROBERTS, 1979; MIRANDA, 1987; SILVA; DIAS, 1985; VALIO, 1976; VEIGA et al., 2007; VIEIRA et al., 2007; WELLMAN; TOOLE, 1961).

Diferenças de comportamento das sementes durante o armazenamento dependem das características inerentes às espécies e das condições sob as quais são processadas e secas. A água é considerada essencial para a estrutura das células e organelas e organismos que podem tolerar a sua remoção devem estar aptos para prevenir ou reparar as reações deletérias que podem ocorrer. Com a secagem de sementes e grãos, a água livre, fracamente ligada às macromoléculas, é retirada e as propriedades biofísicas da água que é retida após a secagem são fundamentais para preservação da qualidade durante o armazenamento. Os estudos de propriedade da água e suas correlações com a tolerância à dessecação iniciaram após Clegg (1986) e seus colaboradores introduzirem a idéia de que muitos processos metabólicos em células permanecem inalterados se o teor de água não é reduzido além de um nível crítico abaixo do qual a viabilidade é perdida, o que é variável com a espécie, estádios de desenvolvimento e velocidade de secagem. Leprince, Hendry e Mckersie (1993) sugeriram que a taxa de secagem tem efeito mais marcante do que a proporção de diferentes tipos de água.

Os métodos tradicionais de mensurar a qualidade das sementes como os testes de germinação, emergência em condições controladas, sanidade, entre

outros, tem atualmente, sido associados às análises bioquímicas. Por exemplo, têm sido empregadas enzimas ligadas ao metabolismo das sementes envolvidas no processo de germinação, na proteção das sementes durante a secagem e o armazenamento ou ligadas ao processo deteriorativo. A esterase, peroxidase, catalase e endo- β -mananase são enzimas muito informativas que são utilizadas com estes objetivos.

Sementes de cafeeiro possuem um alto conteúdo dos polissacarídeos celulose e hemicelulose (WOLFROM; PATIN, 1964 citados por SILVA, 2002), sendo que as principais hemiceluloses são mananas e galacto-mananas insolúveis, as quais possuem 2% de galactose (BEWLEY; BLACK, 1985). Segundo Silva (2002), estes polissacarídeos, os quais geralmente são depositados como fonte de reserva na semente, são degradados no momento da germinação pela ação de enzimas, incluindo endo-b-mananase, bmanosidase, galactosidase e celulase, resultando no enfraquecimento das paredes celulares do endosperma.

Outro aspecto de interações da água com os constituintes da semente ou grão envolve a idéia de formação de vidros aquosos, introduzida por Burke (1986), formado quando o citoplasma das células entra num estado de alta viscosidade líquida, com baixa mobilidade dos constituintes e, portanto, lenta taxa de reações deteriorativas nas células durante o armazenamento (LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). Vidros aquosos estabilizam macromoléculas garantindo quiescência metabólica, prevenindo reações entre os metabólitos e além disto, suprimindo ou prevenindo a cristalização de solutos no citoplasma.

Assim, estudos sobre as propriedades físicas e calorimétricas da água contida nas sementes, por meio de análises térmicas realizadas para a determinação da temperatura de transição de vidros aquosos e outros parâmetros, podem contribuir para o entendimento da sensibilidade das sementes

de café a dessecação. Tais parâmetros podem ser experimentalmente identificados por meio de várias técnicas de análise térmica, sendo o Differential Scanning Calorimetry o mais largamente utilizado.

A qualidade da semente de café é influenciada por fatores genéticos, ambientais e aqueles relacionados as alterações que ocorrem durante a secagem, o processamento e armazenamento.

Alguns estudos têm demonstrado possíveis correlações entre as alterações bioquímicas e estruturais nos grãos de café durante os diferentes tipos de processamento, e os eventos fisiológicos, tais como a ativação de enzimas específicas do metabolismo da germinação ou o acúmulo de β -tubulina indicando divisões celulares (BYTOF et al., 2005; LELOUP et al., 2004; SELMAR et al., 2004). Desta forma, torna-se importante investigar os efeitos que estas alterações podem causar na qualidade de sementes para o desenvolvimento de metodologias de processamento que possam promovê-los ou inibi-los.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No presente estudo observamos que há redução da qualidade das sementes úmidas ao longo do armazenamento. Houve uma menor atividade de enzimas removedoras de radicais livres nas sementes úmidas, independente da época de armazenamento. O tratamento químico, das sementes de café antes do armazenamento, prejudica o desenvolvimento das mudas. Mudanças oriundas de sementes armazenadas por seis meses apresentam maior desenvolvimento de raízes. O método de secagem das sementes de café não influencia na formação de mudas após o armazenamento desta por seis meses. Mudanças feitas de sementes úmidas tem melhor desenvolvimento quando são utilizadas sementes recém colhidas. Os resultados das análises térmicas indicam que a sensibilidade de

sementes de café à dessecação e baixa longevidade não estão relacionadas às propriedades térmicas da água à formação dos vidros intracelulares.

REFERÊNCIAS

BACCHI, O. Novos ensaios sobre a seca da semente de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 8, p. 83-91, 1956.

_____. Seca da semente de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v. 14, n. 22, p. 225-236, 1955.

BENDANNA, F. E. The physiology of coffee seeds: I., problems related to storage. **Coffee**, San Jose, v. 4, n. 1, p. 73-75, Jan./Mar. 1962.

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

BURKE, M. J. The glassy state and survival of anhydrous biological systems. In: LEOPOLD, A. C. **Membrane, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Cornell University, 1986. p. 358-363.

BYTOF, G. et al. Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 220, n. 3/4, p. 245-250, Mar. 2005.

CLEGG, J. S. The physical properties and metabolic status of *Artemia* cysts at low water contents: the "water replacement hypothesis". In: LEOPOLD, A. C. (Ed.). **Membranes, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Cornell University, 1986. p. 169-187.

COUTURON, E. Mantenimiento de la viabilidad de las semillas de cafetos por el control de su contenido en agua y de la temperatura de almacenamiento. **Cafe Cacao**, Paris, v. 24, n. 1, p. 27-32, 1980.

DUSSERT, S. et al. Oxidative stress, phospholipid loss and lipid hydrolysis during drying and storage of intermediate seeds. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 127, n. 2, p. 192-204, Apr. 2006.

EIRA, M. T. S. et al. Tolerance of coffee spp. seeds to desiccation and low temperature. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 97-105, 1999.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?: I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, Sept. 1990.

_____. An intermediate category of seed storage behavior?: II., effects of provenance, immaturity, and imbibition on desiccation-tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 238, p. 653-657, May 1991.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Development of desiccation tolerance in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seeds during maturation drying. **Seed Science Research**, Wallington, v. 2, n. 2, p. 169-172, June 1992.

KING, M. W.; ROBERTS, E. H. **The storage of recalcitrant seeds: achievements and possible approaches**. Rome: IBPGR, 1979. 96 p.

LELOUP, V. et al. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** New Delhi: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, n. 3, p. 231-246, Sept. 1993.

MIRANDA, J. M. **Estudo de alguns fatores que influenciam a duração da viabilidade de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuai)**. 1987. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

OLIVEIRA, A. L. **Utilização de diferentes tipos de mudas visando à antecipação da primeira colheita do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2007. 77 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ROBERTS, E. H.; KING, M. W.; ELLIS, R. H. Recalcitrant seeds: their recognition and storage. In: HOLDEN, J. H. W.; WILLIAMS, J. T. (Ed.). **Crop genetic resources: conservation and evaluation**. London: G. A. Unwin, 1984. p. 38-52.

SELMAR, D. et al. Biochemical insights into coffee processing: quality and nature of green coffee are interconnected with an active seed metabolism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** New Delhi: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, E. A. A. da. **Coffee (Coffee arabica L., cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation.** 2002. 105 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Wageningen University, Wageningen, 2002.

SILVA, W. R.; DIAS, M. C. L. L. Interferência do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 5, p. 551-560, maio 1985.

VALIO, I. F. M. Germination of coffee seeds (Coffea Arabica L. cv. Mundo Novo). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27, n. 100, p. 983-991, 1976.

VEIGA, A. D. et al. Armazenabilidade de sementes de café colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 83-91, jan./fev. 2007.

VIEIRA, A. R. et al. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 76-82, jan./fev. 2007.

WELLMAN, F. L.; TOOLE, V. K. **Coffee: botany, cultivation and utilization.** London: L. Hill, 1961. 488 p.

_____. Coffee seed germination as affected by species, diseases and temperature. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCES, 8., 1960, Caribbean. **Proceedings...** Caribbean: American Society for Horticultural Sciences, 1960. p. 1-6.

ARTIGO 1 Aspectos fisiológicos e bioquímicos de sementes de café submetidas a diferentes métodos de secagem, tratamento fungicida e armazenamento

RESUMO

Sementes de café são bastante sensíveis ao processo de secagem artificial, principalmente quando são secas rapidamente, utilizando temperaturas mais elevadas. Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos do método de secagem e do tratamento químico sobre a armazenabilidade de sementes de café. Os trabalhos foram realizados no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras. Os frutos das cultivares Rubi MG-1192, Acaiá Cerrado MG 1474 e Catuai IAC-99, no estágio cereja, foram colhidos, despulpados e desmucilados por fermentação a 30°C, por 24 horas. As sementes foram submetidas à secagem convencional (à sombra) e secagem em secador estacionário à temperatura de 35°C. Foram analisadas ainda sementes sem secagem. As avaliações foram feitas imediatamente após os tratamentos de secagem e após três, seis, nove e doze meses de armazenamento. As sementes foram armazenadas a 10°C, em embalagens plásticas e herméticas. Foram realizados os testes de germinação, emergência, análises eletroforéticas das enzimas catalase, peroxidase e esterase e quantificação da atividade da enzima endo- β -mananase. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x2x5) com 4 repetições, sendo 3 métodos de secagem (secador artificial, secagem à sombra e sem secagem), 2 tratamentos de sementes (tratadas e não tratadas) e 5 épocas de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Há redução da qualidade das sementes úmidas ao longo do armazenamento. Menor atividade de enzimas removedoras de radicais livres é encontrada nas sementes úmidas, independente da época de armazenamento.

Palavras chave: Qualidade fisiológica. Vigor. Enzimas. *Coffea arabica* L.

ABSTRACT

Coffee seeds are greatly sensitive to artificial drying process, mainly when they are dried rapidly, by utilizing higher temperatures. In this context, this work was undertaken with the purpose of evaluating the effects of the drying method and of the chemical treatment upon storability of coffee seeds. The works were conducted in the Central Laboratory of Seeds, in the Federal University of Lavras. The fruits of cultivars Rubi MG-1192, Acaiá Cerrado MG 1474 and Catuaí IAC-99 at the berry stage, were collected, pulped and had their mucilage removed by fermentation at 30°C for 24 hours. The seeds were submitted to conventional drying (in the shade) and drying in a stationary dryer at the temperature of 35°C. Further, seeds without drying were analyzed. The evaluations were done immediately after the drying treatments and after three, six, nine and twelve months of storage. The seeds were stored at 10°C in plastic and air-tight packages. The tests of germination, emergence, electrophoresis analyses of enzymes catalase, peroxidase and esterase and quantification of the activity of enzyme endo- β -mannanase were carried out. The experimental design used was the completely randomized in a factorial scheme (3x2x5) with four replicates, that is, three drying methods (artificial dryer, drying in the shade and without drying), 2 treatments of seeds (treated and untreated ones) and five storage seasons (0, 3, 6, 9 and 12 months). There is a reduction of the quality of moist seeds across the storage. Reduced activity of free radical-removing enzymes is found in the moist seeds, independent of the storage season.

Key-words: Physiological quality. Vigor. Enzymes. *Coffea arabica* L.

1 INTRODUÇÃO

A importância da cultura cafeeira é indiscutível para o nosso país, pela sua participação expressiva no contexto sócio-econômico, gerando divisas pela exportação e empregando, diretamente e indiretamente, mão-de-obra maciça nas diferentes etapas do processo produtivo e do agronegócio café.

As atividades relacionadas à cafeicultura demandam desenvolvimento de novas tecnologias, as quais têm sido geradas nos últimos anos, fruto de programas de pesquisa implementados com o objetivo de superar os níveis de produção e de melhorar a qualidade da bebida do café. Embora esforços tenham sido também envidados para a obtenção de sementes de café de melhor qualidade, resultados conclusivos ainda não foram alcançados.

Sementes de café têm germinação lenta e desuniforme, além de alta sensibilidade à dessecação, com conseqüente baixo potencial de armazenamento. A manutenção da qualidade das sementes de café durante o armazenamento é uma das maiores dificuldades encontradas pelos produtores de mudas, devido ao fato de elas perderem a viabilidade rapidamente, dificultando a sua utilização por um período mais prolongado. Dessa forma, muitas pesquisas têm buscado desenvolver tecnologias para a manutenção da viabilidade das sementes de café, durante o armazenamento (GENTIL, 2001).

Ao chegar ao ponto de maturidade fisiológica, a semente encontra-se com o máximo acúmulo de matéria seca e pode apresentar seu máximo vigor (ELLIS; PIETA FILHO, 1992). A partir desse ponto, as sementes deterioram aos poucos, até perderem a viabilidade. Essa perda de viabilidade é, provavelmente, causada pela diminuição progressiva do potencial das sementes para sintetizarem compostos como os lipídios, as proteínas e os ácidos ribonucleicos (OSBORNE; CHEAH, 1982).

A sequência de eventos de caráter bioquímico e fisiológico, que levam à perda de qualidade das sementes e, conseqüentemente, à perda de viabilidade, é conhecida como deterioração ou envelhecimento de sementes. Muitos eventos têm sido caracterizados como básicos para a deterioração das sementes, entre os quais estão aberrações cromossômicas e danos do DNA (BEWLEY; BLACK, 1982; OSBORNE, 1983; ROBERTS, 1972; VASQUEZ; MONTIEL; VAZQUEZ-RAMOS, 1991), alterações ou sínteses de RNA e proteínas, mudanças em enzimas e proteínas de reserva (BASAVARAJAPPA; SHETTY; PRAKASH, 1991), diferenças na atividade respiratória a produção de ATP (VILLIERS; EDGCUMBE, 1975) e alterações no sistema de membranas (BEWLEY, 1986; PRIESTLEY, 1986; SMITH; BERJAK, 1995; WILSON; MCDONALD, 1986). A intensidade com que esses processos de deterioração ocorrem depende das condições de desenvolvimento da semente, dos processos de colheita e de secagem e, ainda, das condições de armazenamento.

No que diz respeito ao teor de água a ser empregado no armazenamento de sementes de café, são encontradas muitas divergências nos resultados das pesquisas realizadas. A recomendação do teor de água depende da condição do ambiente para o armazenamento, dentre outros fatores. Em ambientes sem controle de temperatura, foi observado que o teor de água de sementes de café entre 15% e 25% não é eficiente para a manutenção da sua viabilidade (BACCHI, 1958; MIRANDA, 1987; SILVA; DIAS, 1985; SOTO; ECHEVARRIA; RODRIGUEZ, 1995).

Resultados satisfatórios foram alcançados em trabalhos nos quais foram utilizadas sementes com teores de água próximos de 10% e temperatura de 10°C (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1991; GENTIL, 1999). O mesmo foi observado por Bacchi (1958) que obteve 75% de germinação em sementes de café armazenadas por 21 meses com teor de água em torno de 10%. Por outro lado,

sementes secas até 35% de teor de água e acondicionadas em polietileno mantiveram 70% de germinação após 8 meses de armazenamento. Já as sementes secas até 15% e 25% de umidade, nas mesmas condições de armazenamento, tiveram queda de germinação e vigor após os quatro meses de armazenamento (VASCONCELOS; GROTH; RAZERA, 1992).

Comparando os métodos de secagem artificial e natural, Bacchi (1955) observou que as sementes de *Coffea arabica* Typica podem ser secas pelos métodos natural (à sombra e ao sol) e artificial (em secadores), à temperatura próxima de 40°C, sem prejuízo ao poder germinativo, desde que o teor de água das sementes seja mantido acima do limite crítico de 8%-9%. Entretanto Octaviani (2001), trabalhando com sementes de *C. arabica*, verificaram que a secagem conduzida em terreiro proporcionou os maiores percentuais de germinação e vigor, comparados à secagem realizada em estufa a 45°C, mesmo quando a secagem natural foi conduzida sob condições de elevada umidade relativa.

Brandão Júnior (2000), avaliando a tolerância à dessecação de sementes de café colhidas em diferentes estágios de maturação, utilizando a secagem artificial em estufa a 30°C e sementes não submetidas à secagem, observou que as sementes de café apresentaram um nível de tolerância à dessecação maior com a evolução do processo de desenvolvimento. Nesse sentido, sementes secas a 15% de umidade mantiveram a qualidade fisiológica ao longo de nove meses de armazenamento. Já as sementes não secas (50% de umidade) apresentaram queda linear ao longo do armazenamento.

Os métodos tradicionais de mensurar a qualidade das sementes como os testes de germinação, emergência em condições controladas, sanidade, entre outros, têm, atualmente, sido associados às análises bioquímicas. Por exemplo, têm sido empregadas enzimas ligadas ao metabolismo das sementes envolvidas

no processo de germinação, na proteção das sementes durante a secagem e o armazenamento ou ligadas ao processo deteriorativo. Esterase, peroxidase, catalase e endo- β -mananase são enzimas muito informativas que são utilizadas com estes objetivos.

A catalase é uma enzima capaz de realizar a desintoxicação de (O_2^-) e H_2O_2 (BAILLY et al., 2002; MCDONALD, 1999). O peróxido de hidrogênio gerado é decomposto, principalmente, pela catalase, cujas subunidades são formadas no citoplasma, sendo a síntese completada no peroxissomo. Em outros compartimentos subcelulares, o peróxido de hidrogênio é removido pelas peroxidases (MCDONALD, 1999). As funções metabólicas da enzima catalase (CAT) e os resultados de atividade dessa enzima sugerem, a exemplo do detectado em outras determinações, aumento da tolerância à dessecação com a evolução do desenvolvimento das sementes. A catalase, enzima envolvida na remoção de peróxido de hidrogênio (FRIDOVICH, 1986), pode desempenhar controle desses peróxidos endógenos, por meio do ciclo de oxidorredução, envolvendo glutadione e ascorbato (SMITH, 1989). A menor atividade dessa enzima resulta, provavelmente, na diminuição da prevenção de danos oxidativos. Esses danos ocorrem, principalmente, em tecidos de sementes sensíveis à desidratação.

A esterase é uma enzima envolvida na hidrólise de ésteres, estando diretamente ligada ao metabolismo dos lipídeos. Sendo a peroxidação de lipídeos um evento associado a danos de membrana das sementes (BASAVARAJAPPA; SHETTY; PRAKASH, 1991), alterações nos padrões dessa enzima podem estar contribuindo para a ocorrência de eventos deteriorativos, reduzindo a germinação das sementes de milho à medida que são aumentados os fatores temperatura e teor de água das sementes no processo de deterioração controlada.

Veiga et al. (2007) estudaram a armazenabilidade de sementes de café colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem e observaram que ocorre aumento da atividade da enzima endo- β -mananase, durante o armazenamento. Essa enzima é importante porque, em sementes cuja germinação é limitada pela presença do endosperma, como as de *Coffea arabica* L., há a necessidade de amolecimento desse tecido para que haja a protrusão da radícula. Esse papel é desempenhado por várias enzimas, como, por exemplo, a endo- β -mananase, que está presente no endosperma em diferentes isoformas, sendo duas delas inibidas pelo ácido abscísico na fase de enfraquecimento do endosperma na região próxima à radícula, inibindo a força de pressão da radícula (SILVA et al., 2004). O enfraquecimento do endosperma cap foi sugerido como um pré-requisito para a germinação de várias culturas, como tomate (GROOT; KARSSSEN, 1987; HAIGH; BARLOW, 1987) melão (WELBAUM et al., 1995), pimenta (WATKINS et al., 1985) e sementes de café (SILVA et al., 2004).

Já a enzima peroxidase é removedora de peróxido e a perda de sua atividade pode tornar a semente mais sensível aos efeitos de O_2 e radicais livres sobre ácidos graxos insaturados de membrana, o que provoca a degeneração de suas membranas e o comprometimento de seu vigor. As peroxidases desempenham papel crítico no metabolismo das plantas e na oxidação por peróxidos, como aceptores de hidrogênio, sendo importante nos mecanismos de defesa (FARIA et al., 2003).

Diante do exposto, existe a necessidade contínua de pesquisas capazes de ampliar a base de conhecimentos sobre o processamento das sementes que preservem sua qualidade, limitando ao máximo as inevitáveis perdas no armazenamento. Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar, fisiológica e bioquimicamente, as sementes de diferentes

variedades de *Coffea arabica* L. após a secagem e o tratamento químico, ao longo do armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Foram colhidos frutos de *Coffea arabica* L. das cultivares Rubi MG-1192, Acaia Cerrado MG-1474 e Catuaí IAC-99, no estágio cereja, os quais foram despulpados em despulpador manual e desmucilados por fermentação natural em água, a 30°C, por 24 horas. As sementes foram lavadas e deixadas, em esteiras, ao sol para a retirada do excesso da água superficial e, a seguir, submetidas a dois métodos de secagem: secagem convencional, à sombra, em ambiente de laboratório (secagem lenta) e secagem em secador estacionário (secagem rápida). Uma parte das sementes não foi submetida à secagem, sendo avaliada após a retirada da água superficial. Na secagem à sombra, as sementes foram acondicionadas, por 17 dias, em telas metálicas forradas com papel e diariamente revolvidas, até atingirem teor de água de 12%. Na secagem rápida foi empregado um secador estacionário experimental, de pequena escala, conforme modelo descrito por Navratil e Burris (1982). O secador foi regulado para funcionar na temperatura de 35°C e fluxo de ar de, aproximadamente, $20\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{t}^{-1}$. As sementes também foram secas até atingir o teor de água de 12%.

Para o tratamento químico das sementes, utilizou-se o produto Vitavax® Thiram 200 SC na dose de 200 mL por 100 kg de sementes, diluído em água. Uma calda de 10 ml por kg de sementes foi aplicada em uma parte e a outra parte não recebeu qualquer tratamento químico, somente o tratamento com água, antes de serem armazenadas sob temperatura de 10°C e 50% de UR em câmara fria, em embalagens impermeáveis de 1 kg, por um período de um ano.

As avaliações foram realizadas aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, por meio dos seguintes testes:

determinação do teor de água: foi determinado a $105\pm 3^{\circ}\text{C}/24\text{h}$, pelo método da estufa (BRASIL, 2009), em duas amostras de 50 sementes por repetição. Os resultados obtidos, com base no peso úmido (BU), foram expressos em porcentagem;

teste de germinação - realizado com quatro subamostras de 50 sementes sem pergaminho, distribuídas em papel tipo germitest umedecido com quantidade de água equivalente a duas vezes e meia o peso do substrato seco e colocadas para germinar à temperatura de 30°C , na presença de luz. As avaliações foram realizadas aos trinta dias após a semeadura, considerando apenas as plântulas normais de acordo com as descrições nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem;

teste de emergência – realizado com quatro subamostras de 50 sementes distribuídas em bandejas plásticas, contendo mistura de areia e terra, na proporção de 2:1 e colocadas em câmara de crescimento, a 30°C . A irrigação foi realizada de 2 em 2 dias e a quantidade de água necessária foi calculada para manter, aproximadamente, 70% da capacidade de campo do substrato. O IVE foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguirre (1962), utilizando-se os resultados das avaliações diárias no teste de emergência, computando-se o número de plântulas emersas. Ao final deste teste foi ainda calculada a porcentagem de plântulas normais emergidas, em cada bandeja;

eletroforese das enzimas catalase e peroxidase: realizadas com 100 mg de hipocótilo de plântulas resultantes de sementes colocadas para germinar a 25°C , por cinco dias; os hipocótilos foram macerados sobre gelo com 2,5 vezes o seu peso de tampão de extração (Tris-HCl 0,2M + 0,001% de β -mercaptoetanol pH 8), tampão fosfato (0,034 M de fosfato de sódio bi-básico; 0,2 M de sacarose; 2,56% de PVP40; 3 M de DTT; 5,7 mL ácido ascórbico; 2,5mM de borato de sódio; 1% de PEG 6000, 0,002% de β -mercaptoetanol) e 2 g do

antioxidante PVP 40 (polivinilpirrolidone). O tampão fosfato foi utilizado somente para a extração da enzima peroxidase; após a maceração, as amostras foram deixadas à temperatura de 4°C por uma noite e, então, centrifugadas a 16.000 xg, por 30 minutos, a 4°C, sendo, em seguida, aplicados 100 mL do sobrenadante de cada amostra em gel de poliacrilamida 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O tampão de corrida utilizado foi Tris-glicina pH 8,9 e a corrida eletroforética foi realizada a 4°C, por quatro horas, a uma voltagem de 150V, após a qual, os géis foram revelados para os sistemas enzimáticos peroxidase, seguindo as prescrições de Tanksley (1983) e, para o sistema catalase, seguindo as prescrições de Alfenas et al. (1998). A avaliação dos géis foi realizada sobre transluminador, sendo considerada a presença e ausência das bandas;

eletroforese da enzima esterase: feita pelo sistema PAGE, em que 50 sementes foram congeladas em nitrogênio líquido e moídas (partículas 0,25 mm) em moinho refrigerado (TE-631 Tecnal). A extração das isoenzimas foi realizada ressuspendendo-se 100 mg do pó das sementes em 200 µl do tampão Tris HCl 0,2M, pH 8,0 + 0,1% de β ME + 0,4% PVP + 0,4% PEG + 1mM EDTA, mantidos a 4°C, por 16 horas. Para a revelação da enzima foram preparadas duas soluções. A solução 1 foi composta de 50 mg de α-naftil acetato e 50 mg de β-naftil acetato, dissolvidos em 10 mL de acetona 50%. A solução 2 foi composta de 100 mL de Tris HCl 0,05 M pH 7,1 e 100 mg de Fast Blue RR. A solução foi filtrada e o seu volume foi completado para 100 mL, com 3 mL da solução 1. O gel foi então mergulhado na solução reveladora e mantido a 37°C até o aparecimento das bandas;

eletroforese da enzima endo β-mananase: para a extração da enzima endo-b-mananase foram moídas dez sementes intactas de cada tratamento em moinho refrigerado. De cada tratamento, foram pesados 200 mg de cada material para a adição de 600 µL de tampão de extração [0,1 M Hepes/0,5 M NaCl e

ácido ascórbico (5 mg de ácido ascórbico por ml de tampão), pH 8,0]. Na etapa seguinte, as amostras foram centrifugadas, por 30 minutos, a 10.000 g e 2 µL do sobrenadante aplicados em gel contendo 6 mL de *locust bean gum* (LBG), 0,24 g de agarose e 24 mL de tampão pH 5,0 (1 M ácido cítrico/0,4 M de Na₂HPO₄ 2 H₂O). As alíquotas foram aplicadas em furos de 2 mm, feitos no gel com auxílio de um furador. O gel ficou incubado por 21 horas e revelado segundo metodologia proposta de Silva et al. (2004). A atividade da enzima endo-β-mananase foi calculada de acordo com Downie, Hilhorst e Bewley (1994).

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x2x5) com 4 repetições, sendo 3 métodos de secagem (secador artificial, secagem à sombra e sem secagem), 2 tratamentos de sementes (tratadas e não tratadas) e 5 épocas de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Para as comparações de médias, foi utilizado o teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Para comparações entre os períodos de armazenamento foram feitas regressões. As análises dos dados foram realizadas por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

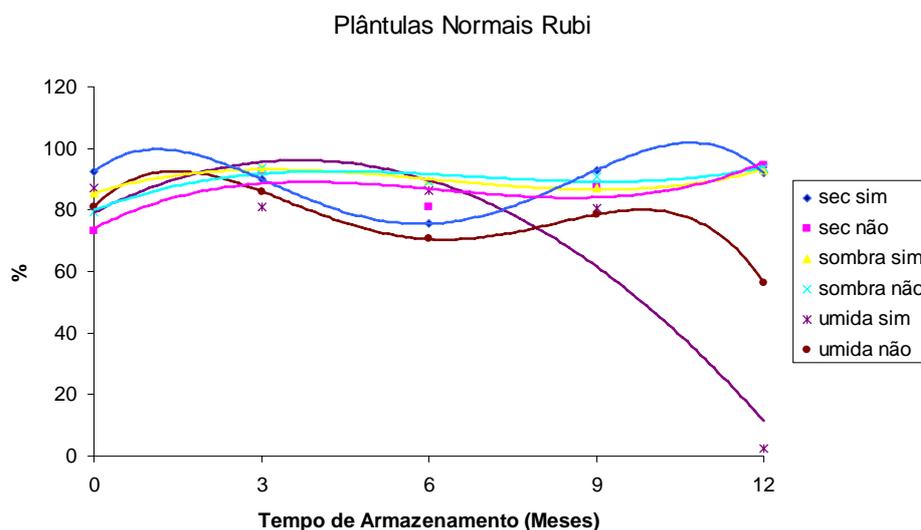
Na cultivar Rubi, pelos resultados das análises de variância dos dados, houve efeito significativo para a interação entre os três fatores época de armazenamento, método de secagem e tratamento, para os parâmetros porcentagem de plântulas normais e emergência. Já para o índice de velocidade de emergência, observou-se efeito significativo dos fatores época de armazenamento e método de secagem, de forma isolada.

Tabela 1 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café da cultivar Rubi submetidas a diferentes métodos de secagem, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	92,50 Aa	73,00 Ab
0 meses	Secagem à sombra	85,50 Aa	79,50 Aa
0 meses	Úmida	87,00 Aa	81,00 Aa
3 meses	Secador	90,00 Aa	92,50 Aa
3 meses	Secagem à sombra	93,50 Aa	93,50 Aa
3 meses	Úmida	81,00 Ba	86,00 Aa
6 meses	Secador	75,50 Ba	81,00 Aa
6 meses	Secagem à sombra	89,50 Aa	89,00 Aa
6 meses	Úmida	86,50 Aa	70,50 Bb
9 meses	Secador	93,00 Aa	88,00 Aa
9 meses	Secagem à sombra	87,00 Aa	91,00 Aa
9 meses	Úmida	80,50 Ba	78,50 Ba
12 meses	Secador	92,00 Aa	94,50 Aa
12 meses	Secagem à sombra	93,00 Aa	93,50 Aa
12 meses	Úmida	2,50 Bb	56,50 Ba

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

Na Tabela 1 e na Figura 1 estão apresentados os resultados de porcentagem de plântulas normais da cultivar Rubi, obtidos no teste de germinação. Nota-se, de maneira geral, que não houve grandes variações entre os diferentes tratamentos e que, aos 12 meses de armazenamento, foi observada porcentagem de plântulas normais acima de 90%, com exceção daquelas que foram armazenadas úmidas, principalmente quando tratadas, com porcentagem de plântulas normais de apenas 2,5%.



Legenda:

Úmida não: 4^o grau

Úmida sim: $y = -1,2341x^2 + 9,1595x + 79,186$; $R^2 = 0,8651$

Sombra não: 3^o grau

Sombra sim: 3^o grau

Sec não: 3^o grau

Sec sim: 4^o grau

Figura 1 Estimativa dos valores de porcentagem de plântulas normais de sementes de café da cultivar Rubi submetidas à secagem em secador (sec), à sombra e não secas (úmidas), tratadas ou não com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Neste caso, provavelmente, o tratamento químico causou algum efeito fitotóxico para as sementes, em função da alta atividade metabólica dessas sementes.

Pelos resultados do índice de velocidade de emergência (Tabela 2), observa-se que os menores índices ocorreram para as sementes úmidas. Já com relação aos resultados do índice durante o armazenamento, verifica-se que a redução foi significativa apenas aos 12 meses (Figura 2).

Tabela 2 Resultados médios de índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Rubi submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas.

Secagem	Médias
Úmida	1,19 B
Sombra	1,32 A
Secador	1,34 A

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

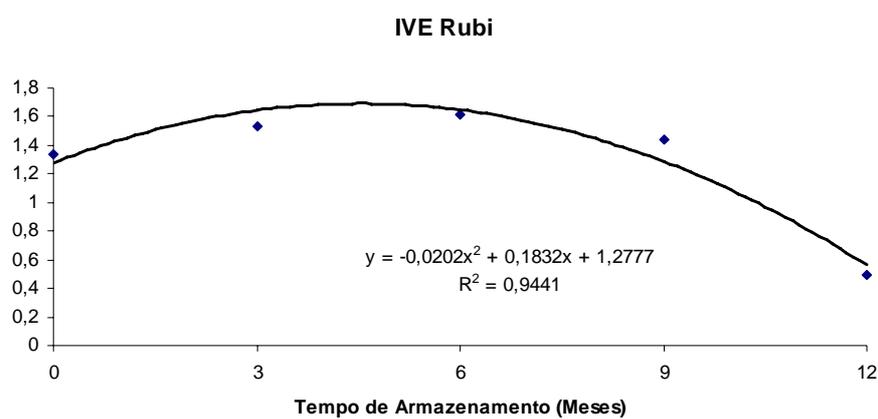
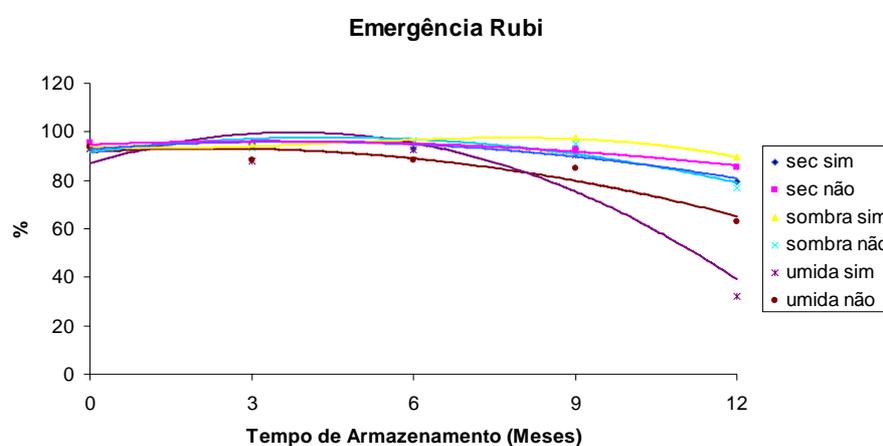


Figura 2 Estimativa dos valores do índice de velocidade de emergência de sementes de café da cultivar Rubi armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Para a emergência, nota-se que, até os nove meses de armazenamento, não houve diferença entre os tratamentos, com exceção das sementes úmidas e não tratadas que, aos nove meses, apresentaram menor emergência em relação àquelas tratadas (Tabela 3). No entanto, aos 12 meses de armazenamento (Figura 3), as sementes úmidas, principalmente as que foram tratadas, tiveram baixa emergência (32%), resultados semelhantes aos obtidos no teste de germinação.



Legenda:

Úmida não: $y = -0,2937x^2 + 1,3238x + 91,664$; $R^2 = 0,8998$
 Úmida sim: $y = -0,9008x^2 + 6,8262x + 86,886$; $R^2 = 0,8385$
 Sombra não: $y = -0,3214x^2 + 2,8071x + 91,614$; $R^2 = 0,8496$
 Sombra sim: 3 grau
 Sec não: $y = -0,131x^2 + 0,8548x + 94,743$; $R^2 = 0,9276$
 Sec sim: $y = -0,2222x^2 + 1,6667x + 92,8$; $R^2 = 0,8996$

Figura 3 Estimativa dos valores de porcentagem de emergência de plântulas oriundas de sementes da cultivar Rubi, submetidas à secagem em secador (sec), à sombra e não secas, tratadas ou não com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tabela 3 Resultados médios de porcentagem de emergência de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Rubi submetidas à diferentes métodos de secagem, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	93,50 Aa	95,50 Aa
0 meses	Secagem à sombra	94,00 Aa	93,50 Aa
0 meses	Úmida	93,00 Aa	94,00 Aa
3 meses	Secador	95,00 Aa	94,50 Aa
3 meses	Secagem à sombra	94,50 Aa	93,50 Aa
3 meses	Úmida	88,00 Aa	88,50 Aa
6 meses	Secador	93,00 Aa	95,50 Aa
6 meses	Secagem à sombra	96,00 Aa	96,50 Aa
6 meses	Úmida	92,50 Aa	88,50 Aa
9 meses	Secador	93,00 Aa	93,00 Aa
9 meses	Secagem à sombra	97,50 Aa	95,00 Aa
9 meses	Úmida	90,50 Aa	85,00 Ba
12 meses	Secador	79,50 Ba	85,50 Aa
12 meses	Secagem à sombra	89,50 Aa	77,00 Ab
12 meses	Úmida	32,00 Cb	62,75 Ba

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

Para a cultivar Catuaí, com base nos resultados das análises de variância dos dados, houve efeito significativo para a interação época de armazenamento, método de secagem e tratamento, para os parâmetros porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência.

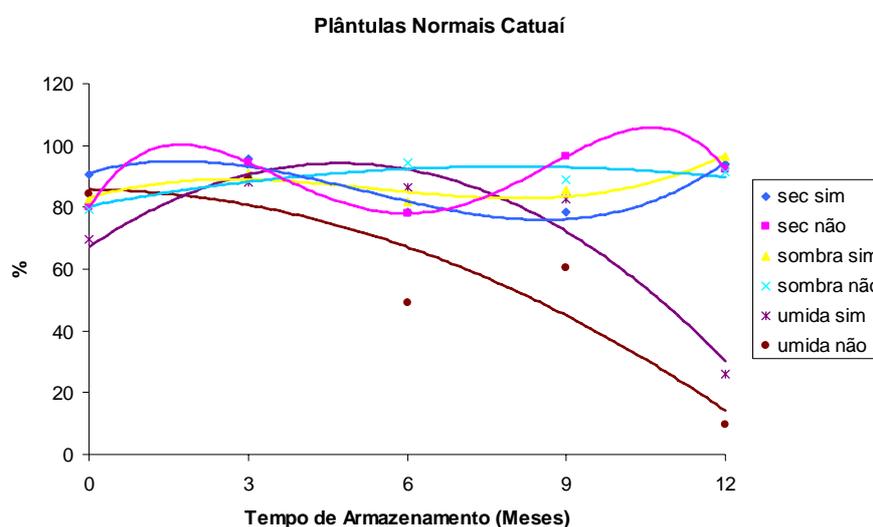
Observa-se, pelos dados da Tabela 4, que as sementes úmidas e tratadas tiveram menor porcentagem de plântulas normais no teste de germinação a zero e aos 12 meses de armazenamento, enquanto, para as úmidas não tratadas, o menor percentual ocorreu aos 6 e aos 12 meses.

Tabela 4 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café da cultivar Catuaí submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	90,50 Aa	80,0 Ab
0 meses	Secagem à sombra	82,50 Aa	79,50 Aa
0 meses	Úmida	69,50 Bb	84,50 Aa
3 meses	Secador	95,5 Aa	94,50 Aa
3 meses	Secagem à sombra	91,0 Aa	89,50 Aa
3 meses	Úmida	88,0 Aa	89,50 Aa
6 meses	Secador	78,50 Aa	78,0 Ba
6 meses	Secagem à sombra	82,00 Ab	94,5 Aa
6 meses	Úmida	86,50 Aa	49,0 Cb
9 meses	Secador	78,50 Ab	96,50 Aa
9 meses	Secagem à sombra	85,50 Aa	89,00 Aa
9 meses	Úmida	82,50 Aa	60,50 Bb
12 meses	Secador	94,00 Aa	92,50 Aa
12 meses	Secagem à sombra	96,50 Aa	91,50 Aa
12 meses	Úmida	26,0 Ba	9,50 Bb

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

Esta redução foi altamente significativa no final do armazenamento, pois aquelas que foram secas e tratadas mantiveram a germinação acima de 90% enquanto, para as sementes úmidas, a germinação foi menor ou igual a 26%. Observa-se, também pelo gráfico da Figura 4, que, nas sementes que não foram secas e nem tratadas, a redução da germinação ocorreu a partir do início do armazenamento, enquanto, para as que foram tratadas e úmidas, a redução iniciou-se a partir dos seis meses de armazenamento.



Legenda:

Úmida não: $y = -0,4762x^2 - 0,2524x + 85,829$; $R^2 = 0,8376$

Úmida sim: $y = -1,2103x^2 + 11,44x + 67,214$; $R^2 = 0,9365$

Sombra não: $y = -0,2024x^2 + 3,2119x + 80,457$; $R^2 = 0,8018$

Sombra sim: 3º grau

Sec não: 4º grau

Sec sim: 4º grau

Figura 4 Estimativa dos valores de porcentagem de plântulas normais de sementes de café da cultivar Catuaí submetidas à secagem em secador (sec), à sombra e não secas, tratadas ou não com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Para o índice de velocidade de emergência, as sementes da cultivar Catuaí tratadas e não tratadas, quando úmidas, tiveram pior desempenho a partir do nono mês de armazenamento (Tabela 5). Observa-se, também pelo gráfico da Figura 5, que houve aumento na velocidade da germinação até os seis meses e, a partir daí, houve queda crescente, principalmente para aquelas que foram armazenadas úmidas.

Tabela 5 Resultados médios de índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas oriundas sementes de café da cultivar Catuaí submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	1,30 Aa	1,42 Aa
0 meses	Secagem à sombra	1,34 Aa	1,34 Aa
0 meses	Úmida	1,22 Aa	1,34 Aa
3 meses	Secador	1,58 Aa	1,58 Aa
3 meses	Secagem à sombra	1,63 Aa	1,54 Aa
3 meses	Úmida	1,43 Ba	1,56 Aa
6 meses	Secador	1,73 Aa	1,63 Aa
6 meses	Secagem à sombra	1,70 Aa	1,54 Ab
6 meses	Úmida	1,53 Bb	1,72 Aa
9 meses	Secador	1,51 Aa	1,42 Aa
9 meses	Secagem à sombra	1,53 Aa	1,50 Aa
9 meses	Úmida	1,24 Ba	1,09 Bb
12 meses	Secador	0,67 Aa	0,60 Aa
12 meses	Secagem à sombra	0,67 Aa	0,64 Aa
12 meses	Úmida	0,21 Ba	0,05 Bb

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

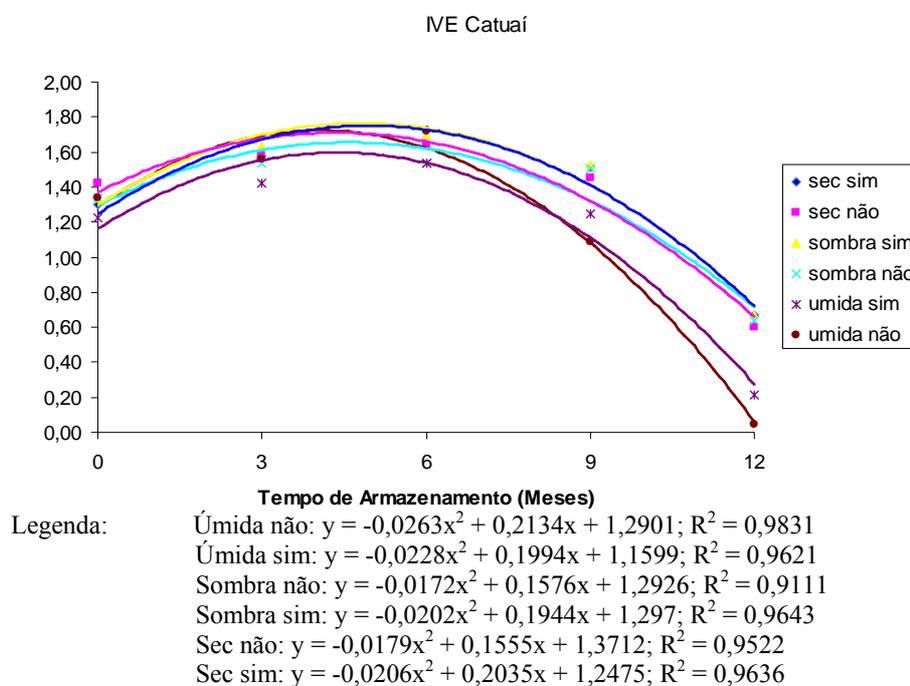


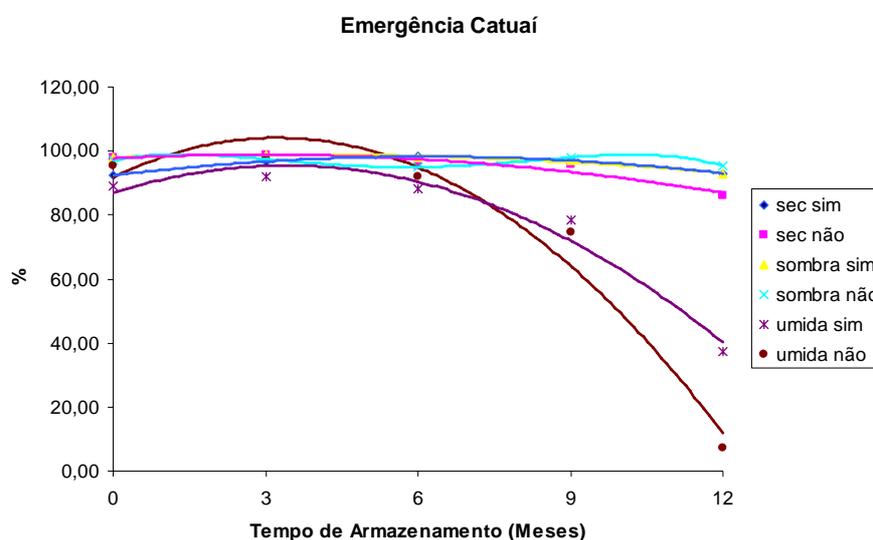
Figura 5 Estimativa dos valores índice de velocidade de emergência de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Catuaí submetidas à secagem em secador (sec), à sombra e não secas, tratadas ou com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Já para a porcentagem de emergência das sementes da cultivar Catuaí, observa-se, pelos dados da Tabela 6, que as sementes que foram secas independente do tratamento químico, mantiveram sua qualidade até os 12 meses de armazenamento. Já naquelas que não foram secas, a redução iniciou-se a partir do sexto mês e foi drasticamente reduzida aos 12 meses, principalmente para aquelas não tratadas (Figura 6), comportamento semelhantes ao das demais cultivares.

Tabela 6 Resultados médios de emergência (%) de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Catuaí submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	92,50 Ba	98,00 Aa
0 meses	Secagem à sombra	98,00 Aa	97,00 Aa
0 meses	Úmida	89,00 Ba	95,50 Aa
3 meses	Secador	96,50 Aa	99,00 Aa
3 meses	Secagem à sombra	99,00 Aa	97,50 Aa
3 meses	Úmida	92,00 Aa	97,50 Aa
6 meses	Secador	98,50 Aa	95,50 Aa
6 meses	Secagem à sombra	98,00 Aa	95,00 Aa
6 meses	Úmida	88,00 Ba	92,00 Aa
9 meses	Secador	97,00 Aa	96,00 Aa
9 meses	Secagem à sombra	97,00 Aa	98,00 Aa
9 meses	Úmida	78,50 Ba	74,50 Ba
12 meses	Secador	93,0 Aa	86,00 Bb
12 meses	Secagem à sombra	93,0 Aa	95,3 Aa
12 meses	Úmida	37,3 Ba	7,00 Cb

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



Legenda:

Úmida não: $y = -1,1984x^2 + 7,7143x + 91,729$; $R^2 = 0,9662$
 Úmida sim: $y = -0,746x^2 + 5,0524x + 86,921$; $R^2 = 0,9651$
 Sombra não: 4 grau
 Sombra sim: $y = -0,0794x^2 + 0,5524x + 97,971$; $R^2 = 0,9792$
 Sec não: $y = -0,1429x^2 + 0,8143x + 97,729$; $R^2 = 0,8959$
 Sec sim: $y = -0,1548x^2 + 1,9071x + 92,414$; $R^2 = 0,9958$

Figura 6 Estimativa dos valores de porcentagem de emergência de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Catuaí, submetidas à secagem em secador (sec), à sombra e não secas (úmida), tratadas ou com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Já para a cultivar Acaíá, pelos resultados das análises de variância dos dados, observa-se que houve efeito significativo para a interação época de armazenamento, método de secagem e tratamento químico, para a porcentagem de plântulas normais. Para o IVE, observou-se interação dupla significativa entre os fatores época de armazenamento e método de secagem. Já para a porcentagem de emergência, houve interação dupla significativa entre época de armazenamento e método de secagem e também entre época de armazenamento e tratamento químico.

Pelos resultados de porcentagem de plântulas normais da cultivar Acaíá (Tabela 7), observa-se que, antes do armazenamento, as sementes tratadas

apresentaram menor percentual do que aquelas não tratadas, independente do tipo de secagem. A partir do terceiro mês de armazenamento essa diferença já não foi mais observada, provavelmente porque o produto causou algum efeito fitotóxico de imediato para esta cultivar, pois nas demais o mesmo não foi observado.

Tabela 7 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café da cultivar Acaia submetidas à diferentes métodos de secagem, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

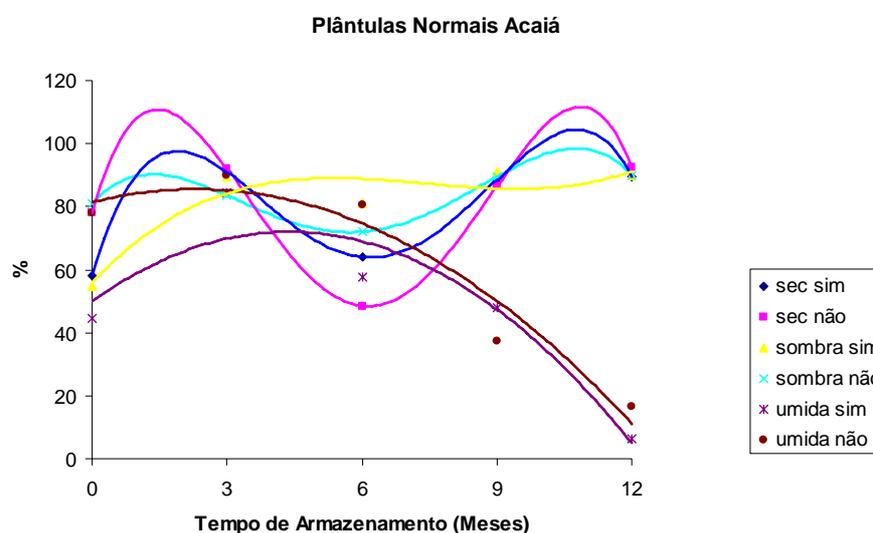
Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	58,0 Ab	78 Aa
0 meses	Secagem à sombra	54,5 Ab	81 Aa
0 meses	Úmida	44,5 Bb	78 Aa
3 meses	Secador	91,0 Aa	92,0 Aa
3 meses	Secagem à sombra	89,5 Aa	83,5 Aa
3 meses	Úmida	84,5 Aa	90 Aa
6 meses	Secador	64 Ba	48,5 Bb
6 meses	Secagem à sombra	81 Aa	72 Aa
6 meses	Úmida	57,5 Bb	80,5 Aa
9 meses	Secador	88,5 Aa	86,5 Aa
9 meses	Secagem à sombra	91,0 Aa	89,5 Aa
9 meses	Úmida	48,0 Ba	37,5 Bb
12 meses	Secador	89,5 Aa	92,5 Aa
12 meses	Secagem à sombra	90,0 Aa	90 Aa
12 meses	Úmida	6,50 Bb	16,5 Ba

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

Verifica-se também que, aos 12 meses de armazenamento, independente do método de secagem e do tratamento químico, as sementes permaneceram com porcentagem de plântulas normais próxima de 90%. Já naquelas que não

foram secas, a porcentagem de plântulas normais foi reduzida significativamente, iniciando a partir do sexto mês (Figura 7), resultados semelhantes aos obtidos na cultivar Rubi. Observa-se, ainda pelo gráfico da Figura 4, que as sementes que foram secas, com exceção daquelas secas à sombra e tratadas, tiveram redução aos seis meses e aumento novamente aos nove meses, provavelmente, se deve a uma indução de dormência secundária que pode ter ocorrido.

A indução de dormência secundária pode ser de controle hormonal, existindo indicações de que o ABA pode interferir na formação da enzima que estimula a produção do GA₃ em tecidos do endosperma. No entanto, existem outros fatores limitantes para a germinação das sementes, os quais têm influência na expressão da dormência. A disponibilidade de O₂, o regime de temperatura, a composição química, o pH e o nível da atividade de microrganismos podem influenciar na persistência da dormência, podendo induzir a dormência secundária (PEREIRA et al., 2002).



Legenda: Úmida não: $y = -0,7897x^2 + 3,6262x + 81,386$; $R^2 = 0,9371$
 Úmida sim: $y = -1,1548x^2 + 10,107x + 49,914$; $R^2 = 0,8799$
 Sombra não: 4º grau
 Sombra sim: 4º grau
 Sec não: 4º grau
 Sec sim: 4º grau

Figura 7 Estimativa dos valores de porcentagem de plântulas normais de sementes de café da cultivar Acaiá submetidas à secagem em secador (sec), à sombra e não secas (úmida), tratadas ou com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

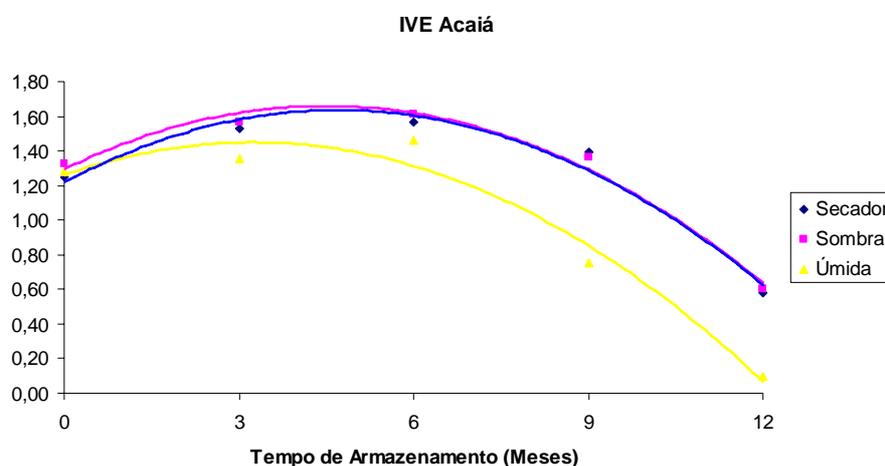
Para o índice de velocidade de emergência da cultivar Acaiá (Tabela 8), as sementes úmidas tratadas e não tratadas tiveram pior desempenho, com exceção apenas daquelas analisadas no tempo zero. Observa-se, também pelo gráfico da Figura 8, que, nos primeiros meses de armazenamento, houve um aumento gradativo desse índice em todos os tratamentos. Esta melhoria significativa se deve, provavelmente, às modificações de ordem química que ocorrem nas sementes no início do armazenamento, pois, em sementes cuja germinação é limitada pela presença do endosperma, como as de *Coffea arabica* L., há a necessidade de amolecimento desse tecido para que haja a protrusão da

radícula. Esse papel é desempenhado por várias enzimas, como, por exemplo, a endo- β -mananase, que está presente no endosperma em diferentes isoformas, sendo duas delas inibidas pelo ácido abscísico na fase de enfraquecimento do endosperma, na região próxima à radícula, inibindo a força de pressão da radícula (SILVA et al., 2004).

Tabela 8 Resultados médios de índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Acaiá submetidas a diferentes métodos de secagem e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem		
	Secador	Secagem à sombra	Úmida
0	1,25 a	1,32 a	1,28 a
3	1,53 a	1,57 a	1,36 b
6	1,57 a	1,61 a	1,46 b
9	1,39 a	1,36 a	0,75 b
12	0,58 a	0,61 a	0,10 b

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



Legenda:

$$\text{Úmida: } y = -0,018x^2 + 0,1168x + 1,2604; R^2 = 0,9681$$

$$\text{Sombra: } y = -0,0181x^2 + 0,163x + 1,294; R^2 = 0,985$$

$$\text{Secador: } y = -0,0189x^2 + 0,1781x + 1,2175; R^2 = 0,9716$$

Figura 8 Estimativa dos valores índice de velocidade de emergência de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Acaiá submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Já para a emergência de plântulas (Tabela 9), as sementes da cultivar Acaiá úmidas apresentaram pior desempenho, quando comparadas com os outros métodos de secagem, após armazenadas por 9 e 12 meses. Observa-se também que, até os seis meses de armazenamento, não houve diferenças significativas, independente do método de secagem (Tabela 9) e do tratamento fungicida (Tabela 10).

Tabela 9 Resultados médios de emergência (%) de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Acaiá submetidas a diferentes métodos de secagem e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem		
	Secador	Secagem à sombra	Úmida
0	94,5a	93,0a	95,0a
3	94,2a	95,0a	90,0a
6	94,0a	93,8 ^a	92,5a
9	93,8a	91,0a	58,8 b
12	82,3 b	88,5 ^a	14,0 c

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

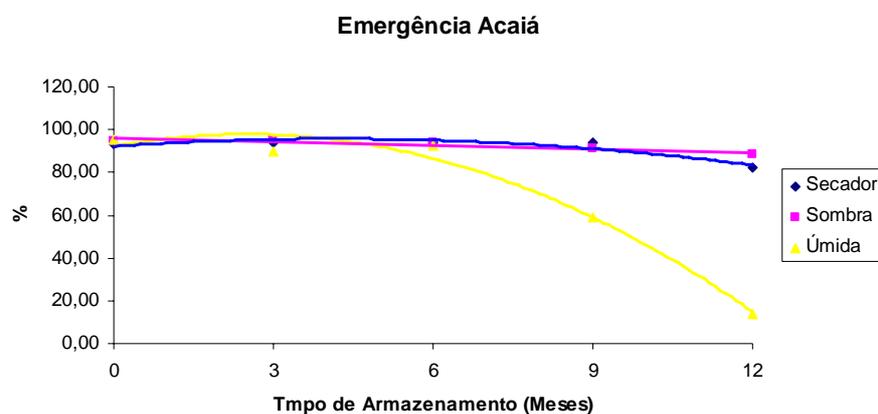
Tabela 10 Resultados médios de emergência (%) de plântulas oriundas de sementes de café da cultivar Acaiá tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Tempo de armazenamento	Tratamento químico	
	Sim	Não
0	94,8a	93,5 ^a
3	92,0a	94,2 ^a
6	92,7a	94,2 ^a
9	77,0 b	85,3 ^a
12	64,0a	59,2 b

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

Pelos resultados das análises de regressão dos dados de emergência para a cultivar Acaiá, as sementes secas tiveram a qualidade mantida durante o armazenamento, independente do método de secagem empregado, o que não

ocorreu nas sementes úmidas, as quais tiveram a qualidade severamente prejudicada, a partir dos seis meses de armazenamento (Figura 9). Isto se deve, provavelmente, ao metabolismo mais intenso nas sementes com alto teor de água. Para o fator tratamento químico, observa-se redução gradativa na emergência tanto nas sementes tratadas quanto nas não tratadas ao longo do armazenamento, tendo, nas sementes tratadas, esta redução sido linear (Figura 10).



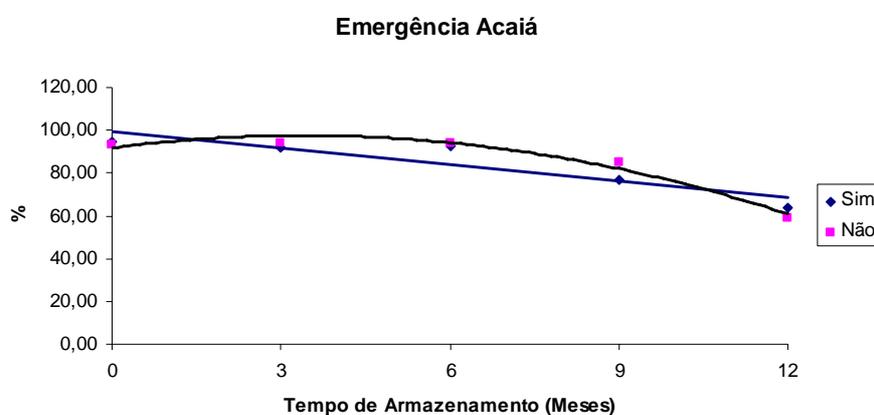
Legenda:

$$\text{Úmida: } y = -0,018x^2 + 0,1168x + 1,2604; R^2 = 0,9681$$

$$\text{Sombra: } y = -0,0181x^2 + 0,163x + 1,294; R^2 = 0,985$$

$$\text{Secador: } y = -0,0189x^2 + 0,1781x + 1,2175; R^2 = 0,9716$$

Figura 9 Estimativa dos valores de porcentagem de emergência de plântulas oriundas de sementes da cultivar Acaiá, submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.



Legenda:

$$\text{Sim: } y = -2,5556x + 99,433; R^2 = 0,8332$$

$$\text{Não: } y = -0,496x^2 + 3,369x + 91,838; R^2 = 0,9694$$

Figura 10 Estimativa dos valores de porcentagem de emergência de plântulas oriundas de sementes da cultivar Acaiá, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 3, 6, 9 e 12 meses.

Nas três cultivares avaliadas, maiores valores de índice de velocidade de emergência foram observados ao redor dos quatro meses de armazenamento. No entanto, após seis meses de armazenamento, observou-se queda da qualidade das sementes, fato de causa natural, ou seja, a qualidade das sementes diminui ao longo do armazenamento, principalmente daquelas que foram armazenadas úmidas.

O mesmo foi constatado nos trabalhos de Veiga et al. (2007), que observaram que tanto as sementes úmidas quanto as secas à sombra e em secador tiveram a emergência aumentada ao redor dos quatro meses, com posterior queda.

No armazenamento, a conservação depende do grau de umidade das sementes e das condições do ambiente. Em geral, é favorecida pela redução da atividade metabólica das sementes, como consequência da diminuição do grau

de umidade e da manutenção de umidade relativa baixa, da temperatura e da concentração de oxigênio (ROBERTS, 1972).

Gentil (1999), realizando o controle da temperatura a 30°C, observou inferioridade no desempenho das sementes com 16% e 23% de umidade em relação às que apresentavam 10% e 34%, no decorrer do armazenamento. Esse comportamento foi, similarmente, verificado no armazenamento sob temperatura de 20°C, por Gentil (1999), Hong e Ellis (1992) e Silva e Dias (1985). Estes autores constataram que, em sementes com graus de umidade entre 12% e 24%, a porcentagem de plântulas normais permaneceu acima de 50%, por dois a seis meses, enquanto, em sementes com graus de umidade de 9% e 34%, o mesmo ocorreu por 24 e 11 meses, respectivamente.

Vossen (1979), ao estudar o armazenamento a 15°C, verificou efeitos adversos de graus de umidade entre 13% e 35% sobre a viabilidade das sementes de café. Em seu trabalho, apenas as sementes com graus de umidade de 11% e 41% germinaram satisfatoriamente após 24 meses de armazenamento; aos 30 meses, somente aquelas com grau de umidade de 41% mantiveram a porcentagem de plântulas normais elevada.

De acordo com Ellis, Hong e Roberts (1991) e Roberts e Ellis (1989), o comportamento no armazenamento das sementes do café parece similar ao observado em sementes “ortodoxas”, havendo, no intervalo de umidade de 2%-7% a 15%-26%, relação negativa entre o grau de umidade e a longevidade das sementes. Ou seja, o aumento do grau de umidade promove a redução da longevidade, contudo, a secagem abaixo de 2%-7% de umidade não aumenta, em muitos casos, a longevidade. Acima de 15%-26% de umidade, sob condições anaeróbicas, a longevidade continua a declinar com o aumento do grau de umidade, porém, sob condições aeróbicas, a longevidade tende a elevar-se (ROBERTS; ELLIS, 1989). Isso ocorre porque, embora a taxa de danos subcelulares continue a aumentar com a elevação do grau de umidade, a partir

desse limite (15%-26% de umidade), os mecanismos celulares de reparo e de substituição acionados são mantidos pela energia metabólica produzida na respiração aeróbica (IBRAHIM; ROBERTS, 1983; IBRAHIM; ROBERTS; MURDOCH, 1983).

As sementes úmidas, tratadas e não tratadas, das três cultivares, antes e após 12 meses de armazenamento, não apresentaram praticamente nenhuma atividade da enzima catalase (Figuras 11 e 12). Observações semelhantes podem ser feitas para a enzima peroxidase (Figura 15 e 16) que, assim como a catalase, tem a função de remover radicais livres nas sementes.

Estes resultados confirmam o fato de que as sementes úmidas perdem sensivelmente a qualidade ao longo do armazenamento, principalmente quando se observam os resultados de índice de velocidade de emergência (Figuras 2, 5 e 8) e a porcentagem de plântulas normais (Figuras 1, 4 e 7), das três cultivares.

Nas sementes úmidas, os mecanismos de reparo que incluem as enzimas removedoras de radicais livres, como a catalase, não são acionados, o que foi comprovado pela falta de atividade dessa enzima para todas as sementes que não foram submetidas à secagem das três cultivares avaliadas com redução drástica da germinação e do vigor, aos 12 meses de armazenamento.

Segundo Leprince, Hendry e McKersie (1993), a incapacidade dos tecidos das sementes sensíveis à dessecação de efetuarem adequada proteção contra eventos oxidativos, consequentes do metabolismo desorganizado durante a desidratação e armazenamento, pode ser considerada uma das principais causas da sensibilidade à dessecação e da baixa longevidade das sementes. Esses resultados concordam com os obtidos por Sung (1996) e Sung e Chin (1995), que verificaram um decréscimo da atividade da catalase com a perda da viabilidade das sementes.

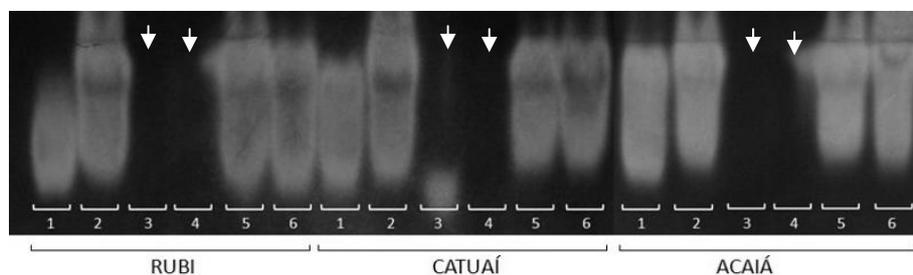


Figura 11 Perfis de bandas do sistema enzimático catalase, extraídos de sementes de café secas em secador, com e sem tratamento (1 e 2), não secas com e sem tratamento (3 e 4) e secas à sombra, com e sem tratamento químico (5 e 6), das cultivares Rubi, Catuaí e Acaíá, antes do armazenamento.

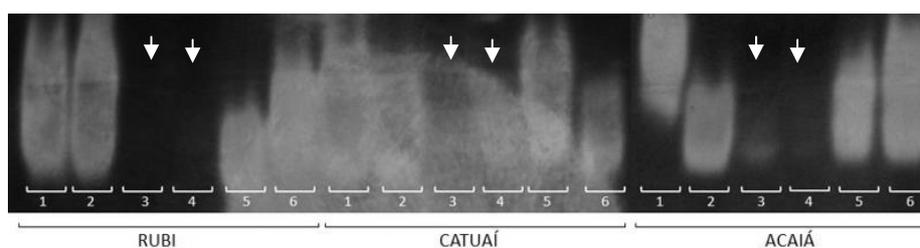


Figura 12 Perfis de bandas do sistema enzimático catalase, extraídos de sementes de café secas em secador, com e sem tratamento (1 e 2), não secas com e sem tratamento (3 e 4) e secas à sombra, com e sem tratamento químico (5 e 6) das cultivares Rubi, Catuaí e Acaíá, após 12 meses de armazenamento.

Após 12 meses de armazenamento, percebe-se que, nos tratamentos 3 e 4, que são as sementes úmidas da cultivar Acaíá, houve menor intensidade de bandas da enzima esterase, quando comparada com as demais (Figuras 13 e 14).

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Brandão Júnior, Carvalho e Vieira (1999) que verificaram diminuição da intensidade das bandas para os estresses mais drásticos em sementes de milho. Alterações nos padrões da enzima esterase evidenciam a ocorrência de eventos deteriorativos, que podem contribuir para a redução na germinação das sementes à medida que são aumentados os níveis de fatores adversos de temperatura e teor de água das

sementes no processo de envelhecimento artificial, pois se trata de uma enzima envolvida em reações de hidrólise de ésteres, estando diretamente ligada ao metabolismo dos lipídios.

Brandão Júnior, Carvalho e Vieira (1999) observaram a diminuição do número e da intensidade de bandas de esterase com a perda da viabilidade das sementes, confirmando os resultados obtidos neste trabalho.

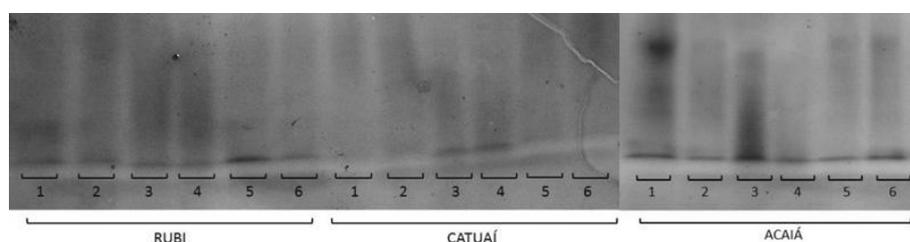


Figura 13 Perfis de bandas do sistema enzimático esterase, extraídos de sementes de café secas em secador, com e sem tratamento (1 e 2), não secas com e sem tratamento (3 e 4) e secas à sombra, com e sem tratamento químico (5 e 6) das cultivares Rubi, Catuai e Acaiá, antes do armazenamento.

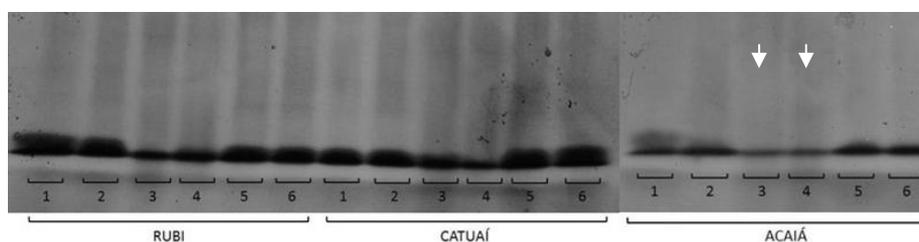


Figura 14 Perfis de bandas do sistema enzimático esterase, extraídos de sementes de café secas em secador, com e sem tratamento (1 e 2), não secas com e sem tratamento (3 e 4) e secas à sombra, com e sem tratamento químico (5 e 6) das cultivares Rubi, Catuai e Acaiá, após 12 meses de armazenamento.

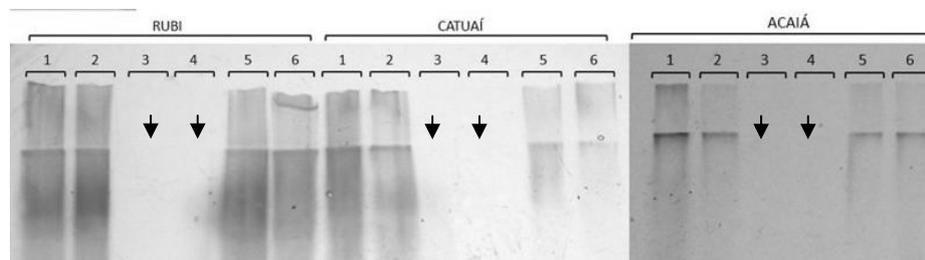


Figura 15 Perfis de bandas do sistema enzimático peroxidase, extraídos de sementes de café secas em secador, com e sem tratamento (1 e 2), não secas com e sem tratamento (3 e 4) e secas à sombra, com e sem tratamento químico (5 e 6) das cultivares Rubi, Catuaí e Acaia, antes do armazenamento.

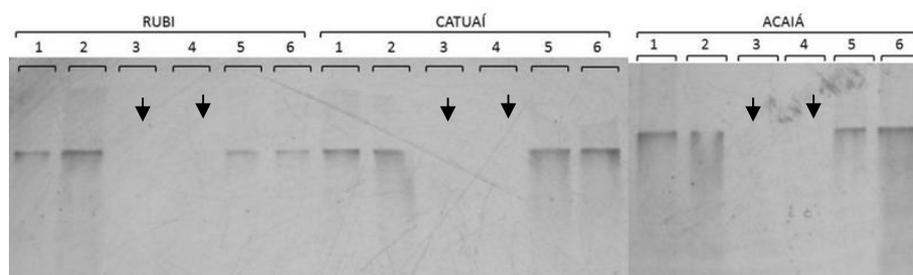


Figura 16 Perfis de bandas do sistema enzimático peroxidase, extraídos de sementes de café secas em secador, com e sem tratamento (1 e 2), não secas com e sem tratamento (3 e 4) e secas à sombra, com e sem tratamento químico (5 e 6) das cultivares Rubi, Catuaí e Acaia, após 12 meses de armazenamento.

Quanto à enzima endo- β -mananase, observou-se um aumento de atividade durante o armazenamento, nas sementes úmidas, para todas as cultivares estudadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Veiga et al. (2007), que verificaram aumento significativo da atividade da mananase em sementes de café ao longo de oito meses de armazenamento. Isto se deve ao fato de a enzima endo- β -mananase estar envolvida na degradação de paredes celulares, em sementes de café (SILVA, 2002).

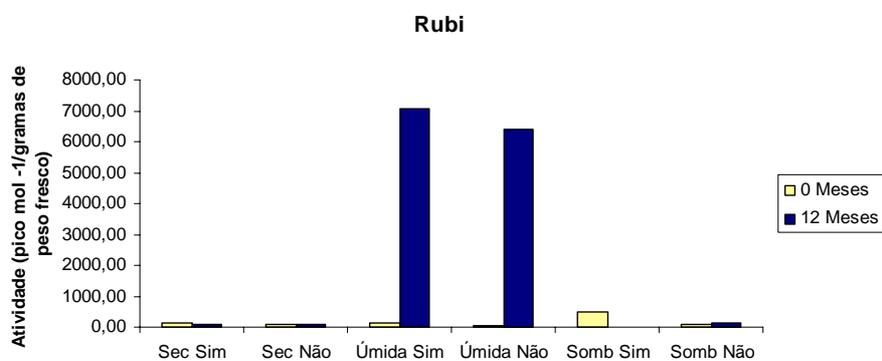


Figura 15 Atividade da enzima endo- β -mananase de extratos de sementes de café secas em secador, não secas e secas à sombra, com e sem tratamento químico da cultivar Rubi, antes e após o armazenamento.

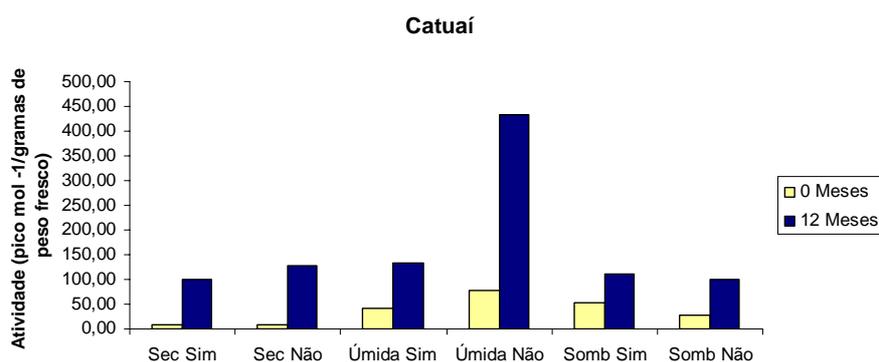


Figura 16 Atividade da enzima endo- β -mananase de extratos de sementes de café secas em secador, não secas e secas à sombra, com e sem tratamento químico da cultivar Catuai, antes e após o armazenamento.

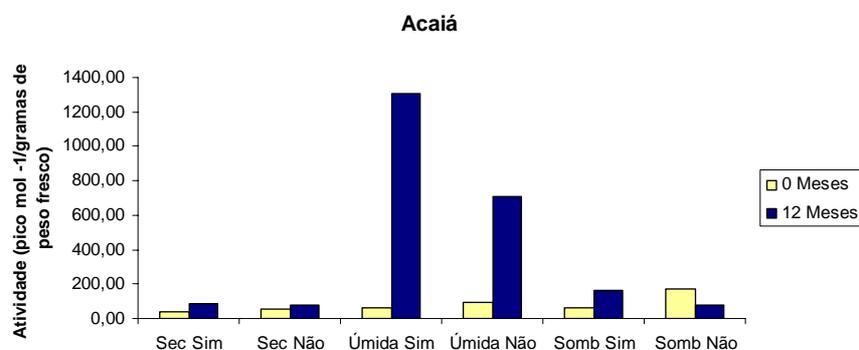


Figura 17 Atividade da enzima endo- β -mananase de extratos de sementes de café secas em secador, não secas e secas à sombra, com e sem tratamento químico da cultivar Catuai, antes e após o armazenamento.

Sementes de café apresentam alto conteúdo de polissacarídeos associados às células das paredes celulares. Os maiores componentes são as β -mananas, compreendendo aproximadamente 2% de galactomananas, cristalinas e insolúveis em água (BEWLEY; REID, 1985; REID, 1985). Giorgini e Comoli (1996) observaram que, durante a germinação de sementes de *Coffea arabica*, a enzima endo- β -mananase não é detectada no período pré-emergência, ou seja, de 0 a 10 dias do início da embebição e aumenta várias vezes no período subsequente à emergência e pós-emergência, de 10 a 25 dias. Outra observação dos autores é que a atividade desta enzima aumenta da extremidade da micrópila para a extremidade oposta das sementes, correlacionado-se com o crescimento dos cotilédones. Os autores ainda concluem que a atividade da enzima e, portanto, a mobilização de reservas para o crescimento da plântula, são fenômenos essencialmente pós-germinativos que podem estar sob o estrito controle do embrião.

Estudando a regulação da germinação em sementes de café, Silva et al. (2004) observaram que, concomitantemente com a protrusão da radícula, correm

mudanças morfológicas na região do endosperma *cap*. Após nove dias do início da embebição, ocorre o aumento da porosidade das células das paredes celulares, como um resultado do aumento da atividade da enzima endo- β -mananase e de outras enzimas hidrolíticas.

Neste trabalho, as sementes que apresentaram os piores desempenhos fisiológicos, ou seja, aquelas armazenadas úmidas por 12 meses, também apresentaram os maiores níveis de atividade da enzima endo- β -mananase. Vale ressaltar que, para a determinação da atividade desta enzima, as sementes não foram pré-germinadas, ou seja, as determinações foram realizadas no pó resultante da moagem das sementes intactas. Assim, pode-se inferir que as maiores atividades da enzima endo- β -mananase detectada nas sementes de pior qualidade podem estar relacionadas com o seu estado de deterioração, ou seja, com a degradação das paredes celulares resultante do processo de deterioração das sementes.

Para que a atividade desta enzima seja associada ao processo de germinação, a extração das enzimas e detecção de sua atividade deve ser realizada após o início da protrusão das radículas, em sementes germinando. O aumento da atividade durante o armazenamento pode, portanto, estar mais relacionado ao processo de deterioração das sementes, do que, propriamente, ao processo de degradação das paredes celulares e mobilização de reservas para o crescimento da plântula, após a germinação (BEWLEY et al., 2000; GIORGINI; COMOLI, 1996).

4 CONCLUSÃO

Há redução da qualidade das sementes úmidas ao longo do armazenamento a 10°C e 50% de UR em câmara fria, em embalagens impermeáveis.

Em sementes sem secagem, a atividade de enzimas removedoras de radicais livres é menor, independente da época de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Eletroforese se proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 242 p.
- BACCHI, O. Estudos sobre a conservação de sementes de café. **Bragantia**, Campinas, v. 17, p. 261-170, 1958.
- _____. Seca da semente de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v. 14, n. 22, p. 225-236, 1955.
- BAILLY, C. et al. Changes in activities of antioxidant enzymes and lipoxygenase during growth of sunflower seedlings from seeds of different vigour. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 12, n. 1, p. 47-55, Mar. 2002.
- BASAVARAJAPPA, B. S.; SHETTY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 19, n. 2, p. 279-286, Apr. 1991.
- BEWLEY, J. D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: McDONALD, M. B.; NELSON, C. J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: Crop Science Society of America, 1986. p. 27-47.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Springer-Verlag, 1982. 375 p.
- BEWLEY, J. D. et al. EndoB Mannanase activity increases in the skin and outer pericarp of tomato fruits during ripening. **Journal of Experimental Botany**, Ottawa, v. 51, n. 344, p. 529-538, 2000.
- BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. **Marcadores da tolerância à dessecação de sementes de café**. 2000. 144 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- BRANDÃO JÚNIOR, D. da S.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 114-121, 1999.

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

DOWNIE, B.; HILHORST, H. W. M.; BEWLEY, J. D. A new assay for quantifying endo- β -mannanase activity using Congo Red dye. **Phytochemistry**, Oxford, v. 36, n. 4, p. 829-835, Apr. 1994.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?: II., effects of provenance, immaturity, and imbibition on desiccation-tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, Ottawa, v. 42, n. 238, p. 653-657, May 1991.

ELLIS, R. H.; PIETA FILHO, C. The development of seed quality in spring and winter cultivars of Barly and wheat. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, n. 1, p. 9-15, Mar. 1992.

FARIA, M. A. V. de R. et al. **Marcadores moleculares da qualidade de fisiológica das sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 51 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. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase. **Advances in Enzymology**, New York, v. 58, n. 1, p. 62-98, Feb. 1986.

GENTIL, D. F. O. Conservação de sementes de cafeeiro: resultados discordantes ou complementares. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 149-154, 2001.

_____. **Conservação de sementes de *Coffea arabica* L.:** interferências do grau de umidade e da temperatura. 1999. 41 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.

GIORGINI, J. F.; COMOLI, E. Effect of embryo and exogenous GA₃ on endospermic ENDO β -Mannanase activity of *Coffea arabica* L. during germination and early seedling growth. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 43-49, mar. 1996.

GROOT, S. P. C.; KARSSSEN, C. M. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberellin-deficient mutants. **Planta**, Berlin, v. 171, n. 4, p. 525-531, Aug. 1987.

HAIGH, A. M.; BARLOW, E. W. R. Water relations of tomato seed germination. **Australian Journal of Plant Physiology**, Wallingford, v. 14, n. 32, p. 485-492, 1987.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Development of desiccation tolerance in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seeds during maturation drying. **Seed Science Research**, Wallington, v. 2, n. 2, p. 169-172, June 1992.

IBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H. Viability of lettuce seeds: I., survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, n. 142, p. 620-630, 1983.

IBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H.; MURDOCH, A. J. Viability of lettuce seeds: II., survival and oxygen uptake in osmotically controlled storage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, n. 142, p. 631-640, 1983.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, n. 3, p. 231-246, Sept. 1993.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination: aid seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 1, p. 177-237, Jan. 1999.

MIRANDA, J. M. **Estudo de alguns fatores que influenciam a duração da viabilidade de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí)**. 1987. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

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

OCTAVIANI, J. C. **Secagem de café cereja descascado desmucilado com a utilização de GLP**. 2000. 120 f. Tese (Doutorado em Armazenamento e Pós-Colheita de Grãos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

OSBORNE, D. J. Biochemical control systems operating in the early hours of germination. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 12, p. 3568-6577, Dec. 1983.

OSBORNE, D. J.; CHEAH, K. S. E. Hormones and foliar senescence. In: JACKSON, M. B.; GROUT, B.; MACKENSIE, I. A. (Ed.). **British plant regulator group**. London: Butterworths, 1982. p. 57-83. (Monograph, 8).

PEREIRA, C. E. et al. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 24, n. 1, p. 306-311, jan./fev. 2002.

PRIESTLEY, D. A. **Seed aging**: implications of seed storage and persistence in the soil. Ithaca: Cornell University, 1986. 304 p.

REID, J. S. G. Structure and function in legume-seed polysaccharides. In: BRETT, C. T.; HILLMAN, J. R. (Ed.). **Biochemistry of plant cell walls**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. p. 259-268.

ROBERTS, E. H. Storage environment and the control of viability. In: _____. **Viability of seeds**. Syracuse: Syracuse University, 1972. chap. 2, p. 14-58.

ROBERTS, E. H.; ELLIS, R. H. Water and seed survival. **Annals of Botany**, New York, v. 63, n. 1, p. 39-52, 1989.

SILVA, E. A. A. da. **Coffee (Coffee arabica L., cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation**. 2002. 105 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Wageningen University, Wageningen, 2002.

SILVA, E. A. A. da et al. Abscisic acid controls embryo growth potential and endosperm cap weakening during coffee (*Coffea arabica* L., cv. Rubi) seed germination. **Planta**, Berlin, v. 220, n. 2, p. 251-261, Dec. 2004.

SILVA, W. R.; DIAS, M. C. L. L. Interferência do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 5, p. 551-560, maio 1985.

SMITH, M. T. The ultrastructures of physiological necrosis in cotyledons of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 17, n. 11, p. 453-462, Nov. 1989.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored desiccation-tolerant and sensitive seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, 1995. p. 701-746.

SOTO, F.; ECHEVARRIA, I.; RODRIGUEZ, P. Estudio sobre la conservación de semillas de cafetos (*Coffea arabica* L. variedad Caturra). **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 16, n. 1, p. 33-36, 1995.

SUNG, J. M. Lipid peroxidation and peroxidescavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 91, n. 1, p. 51-55, Jan. 1996.

SUNG, J. M.; CHIN, C. C. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes of naturally aged soybean seed. **Plant Science**, Limerick, v. 110, n. 1, p. 45-52, Sept. 1995.

TANKSLEY, S. D. **Isozymes**: part b. Amsterdam: Elsevier, 1983. 472 p.

VASCONCELOS, L. M.; GROTH, D.; RAZERA, L. F. Efeito de processos de secagem, diferentes graus de umidade e tipos de embalagens na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 181-188, 1992.

VAZQUEZ, E.; MONTIEL, F.; VAZQUEZ-RAMOS, J. M. DNA ligase activity in deteriorated maize embryo axes during germination: a model relating defects in DNA metabolism in seeds to loss of germinability. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 1, n. 4, p. 269-273, Dec. 1991.

VEIGA, A. D. et al. Armazenabilidade de sementes de cafeeiro colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 83-91, jan./fev. 2007.

VILLIERS, T. A.; EDGCUMBE, D. J. On the cause of seed deterioration in dry storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 3, n. 3, p. 761-774, 1975.

VOSSSEN, H. A. M. Methods of preserving the viability of coffee seed in storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 7, n. 1, p. 65-74, 1979.

WATKINS, J. T. et al. Gibberellic acid stimulated degradation of endosperm in pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 3, p. 61-65, Mar. 1985.

WELBAUM, G. E. et al. Weakening of muskmelon perisperm envelope tissue during germination. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, n. 4, p. 391-400, Aug. 1995.

WILSON, D. O.; MCDONALD, M. B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 14, n. 2, p. 269-300, Apr. 1986.

ARTIGO 2 Formação de mudas de cafeeiro com sementes submetidas à secagem, ao armazenamento e ao tratamento químico**RESUMO**

Sementes de café armazenadas podem não formar mudas vigorosas, o que comprometeria a implantação de lavouras de café, principalmente por se tratar de uma lavoura perene. Sendo assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de estabelecer os efeitos do método de secagem e do tratamento químico sobre a armazenabilidade de sementes de café e, conseqüentemente, na formação de mudas. Os trabalhos foram realizados no Setor de Cafeicultura e no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras e no Instituto Federal do Sul de Minas, campus de Machado. Os frutos das cultivares Rubi MG-1192, Acaia Cerrado MG 1474 e Catuaí IAC-99, no estágio cereja, foram colhidos, despulpados e desmucilados, por fermentação a 30°C, por 24 horas. As sementes foram submetidas à secagem convencional (à sombra) e secagem em secador estacionário à temperatura de 35°C. Foram utilizadas, ainda, sementes sem secagem. A semeadura foi feita em saquinhos de polietileno em viveiro coberto com sombrite, sendo a irrigação utilizada quando necessário. Foram avaliados o índice de velocidade de emergência, o número de pares de folhas verdadeiras, a matéria seca de parte aérea e do sistema radicular, a área foliar e ainda o diâmetro de caule e a altura das mudas. Além da germinação e emergência em laboratório. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (3x2x2), com 3 repetições, sendo 3 métodos de secagem (secador artificial, secagem à sombra e sem secagem), 2 tratamentos de sementes (tratadas e não tratadas) e 2 épocas de armazenamento (0 e 6 meses). O tratamento químico das sementes de café antes do armazenamento prejudica o desenvolvimento das mudas. Mudas oriundas de sementes armazenadas por seis meses apresentam maior desenvolvimento de raízes. O método de secagem das sementes de café não influencia a formação de mudas após o armazenamento desta por seis meses. Mudas feitas de sementes úmidas têm melhor desenvolvimento quando são utilizadas sementes recém-colhidas.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.. Qualidade fisiológica. Análise sanitária.

ABSTRACT

Coffee seeds stored may not give rise of vigorous seedlings, which would compromise the establishment of coffee crops, mainly for its being a perennial crop. So, this work was conducted with the objective of establishing the effects of drying method and of the chemical treatment upon the storability of coffee seeds and, hence on the seedling formation. The works were performed in the Coffee production Sector and in the Central Laboratory of Seeds of the Federal University of Lavras and in the Federal Institute of Southern Minas, campus of Machado. The fruits of cultivars Rubi MG-1192, Acaia Cerrado MG 1474 and Catuaí IAC-99, at the berry stage, were collected, pulped and without had their mucilage by fermentation at 30°C for 24 hours. The seeds were submitted to conventional drying (in the shade) and drying in a stationary dryer at temperature of 35°C. Further, seeds without drying were utilized. Sowing was done in polyethylene bags in a sombrite-covered nursery, irrigation being utilized when necessary. The emergence velocity index, the number of pairs of true leaves, the dry matter of the shoot and root system, leaf area and further the stem diameter and the height of the seedlings were evaluated, In addition, laboratory emergence was also evaluated. The employed experimental design was the one of randomized blocks, in a factorial scheme (3x2x2), with three replicates, that is, three drying methods (artificial drier, drying in the shade and no drying), two treatments of seeds (treated and untreated ones) and two storage seasons (0 and 6 months). The chemical treatment of coffee seeds before storage harms the development of seedlings. Seedlings coming from seeds stored for six-month time present greater development of roots. The drying method of coffee seeds does not influence the seedling formation after storage of them for six months. Seedlings coming from moist seeds have improved development when they freshly-collected are utilized

Key-words: *Coffea arabica* L.. Physiological quality. Sanitary analysis.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande importância do agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o maior produtor mundial de café há, pelo menos, 150 anos.

A produção de mudas sadias e bem desenvolvidas constitui um dos principais fatores de sucesso na formação de novas lavouras cafeeiras, pois qualquer erro cometido nessa fase pode comprometer o empreendimento durante toda a vida da cultura.

As mudas de café (*Coffea arabica* L.) oriundas de sementes podem ser obtidas após seis (mudas de meio ano) e 12 (mudas de ano) meses do momento da semeadura no viveiro. Em geral, utilizam-se mudas de meio ano por permanecerem menos tempo em viveiro e, assim, apresentarem menor custo de produção no final do processo, como resultado da redução dos usos de insumos e de mão-de-obra (GUIMARÃES, 1995). Segundo o mesmo autor, as mudas de meio ano são, geralmente, plantadas a partir de dezembro; há dificuldade de produzi-las antes disso, em virtude de as sementes de café apresentarem viabilidade máxima de seis meses, quando armazenadas em condições apropriadas, serem colhidas em abril/maio e, comercializadas, na maioria das vezes, somente a partir de junho.

Por se tratar de uma cultura perene, falhas na formação da lavoura poderão ocasionar consequências por toda a vida da cultura (CARVALHO, 1978; GONÇALVES; TOMAZIELLO, 1970). Assim, a produção de mudas é uma das principais fases da cultura do cafeeiro, havendo a opção de se produzir em tubetes de polietileno rígido ou em saquinhos de polietileno; neste último, utiliza-se solo como substrato.

A muda formada em saco plástico ainda é o processo mais usado em algumas regiões, embora sejam bem conhecidos os seus inconvenientes, tais

como enovelamento do sistema radicular, dificuldade de manejo no viveiro, dificuldade no transporte para o campo e distribuição para o plantio, grande volume de substrato demandado e risco de ocorrências de fungos de solo e nematoides (CAMPINHOS JUNIOR; IKEMORI, 1983).

Outra particularidade associada à produção de mudas é o tempo para a germinação das sementes, que pode variar de 90 a 120 dias, dependendo da temperatura. Assim, torna-se importante a busca de alternativas para a redução do tempo de germinação que, em algumas situações, corresponde à metade do tempo necessário para a formação da muda. Segundo Rena e Maestri (1986), a presença do endocarpo (pergaminho) e baixas temperaturas atrasam a germinação; com a remoção do pergaminho e sob temperatura de 32°C, as sementes maduras de cafeeiro germinam em 15 dias.

Outro aspecto a ser considerado na conservação de sementes de café é a ação de microrganismos na perda de viabilidade. O armazenamento de sementes com altos teores de água (30%-40%), segundo Miranda e Valias (1984), pode ser viável desde que haja o controle de fungos. Filanii (1972) testou vários fungicidas para o controle de fungos em sementes de café armazenadas e verificou que o tratamento propiciou sementes com maior poder germinativo, bem como maior controle dos fungos desenvolvidos por ocasião do armazenamento e da semeadura. Miranda et al. (1993) também concluíram que o tratamento químico das sementes de café com Dithane M45 foi benéfico com relação à conservação da viabilidade e controle de fungos durante o armazenamento, principalmente para aquelas com altos teores de água.

Uma das alternativas para viabilizar a semeadura antecipada e, conseqüentemente, planejar com antecedência a época de plantio, seria o armazenamento de sementes do ano anterior em condições que conservem a longevidade e o vigor até a época adequada da semeadura. Tem sido recomendado que sementes de café devam ser armazenadas com umidade de

10%-12%, em embalagens herméticas sob temperatura de 10°-15°C (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990, 1991; HONG; ELLIS, 1992).

Resultados recentes demonstram que, após nove meses de armazenamento das sementes, as mudas produzidas têm área foliar cinco vezes menor, peso seco três vezes menor e até duas vezes menos pares de folhas verdadeiras do que aquelas produzidas logo após a colheita das sementes (ROSA et al., 2010). Vale ressaltar também que, nos resultados de inúmeros trabalhos sobre a dessecação e o armazenamento de sementes de café, observam-se grandes controvérsias entre os resultados quanto à conservação destas em estado seco (BACCHI, 1955, 1956; DUSSERT et al., 1999; EIRA et al., 1999; HONG; ELLIS, 1992, 1995; MIRANDA, 1987; VEIGA et al., 2007; VIEIRA et al., 2007) ou úmido (BRAGHINI; FAZUOLI, 2007; DIAS; BARROS, 1993; MIRANDA, 1987; SILVA; DIAS, 1985). Por esses resultados verifica-se que, para indicar a melhor maneira de armazenar as sementes de café, se mais úmidas ou mais secas, se tratadas ou não tratadas com fungicidas, há a necessidade de investigações.

Outro aspecto que interfere na armazenabilidade de sementes de café é o fato de as sementes poderem hospedar grande variedade de microrganismos, tais como fungos, bactérias, vírus e nematoides, que podem ser agentes causais de diversas doenças nas plantas. Entre eles, os fungos constituem o mais importante grupo de patógenos transmitidos por sementes (AGARWAL; SINCLAIR, 1987).

Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial de sementes de café submetidas a armazenamento, métodos de secagem e tratamento químico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Setor de Cafeicultura e no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras e no Instituto Federal do Sul de Minas, Campus de Machado. Foram colhidos, em junho, frutos de *Coffea arabica* L., das cultivares Rubi MG-1192, Acaiá Cerrado MG-1474 e Catuai IAC-99, no estágio cereja, os quais foram despulpados em despulpador manual e desmucilados por fermentação natural em água, a 30°C, por 24 horas. As sementes foram lavadas e deixadas sobre papel para a retirada do excesso da água superficial, antes de serem submetidas aos diferentes métodos de secagem.

As sementes foram submetidas a dois métodos de secagem: secagem convencional, à sombra, em ambiente de laboratório (secagem lenta) e secagem em secador estacionário (secagem rápida). Uma parte das sementes não foi submetida à secagem, sendo avaliada após a retirada da água superficial. Na secagem à sombra, as sementes foram acondicionadas, por 17 dias, em telas metálicas forradas com papel e diariamente revolvidas, até atingirem teor de água de 12%. Na secagem rápida foi empregado um secador estacionário experimental, de pequena escala, conforme modelo descrito por Navratil e Burris (1982). O secador foi regulado para funcionar na temperatura de 35°C e fluxo de ar de, aproximadamente, $20\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$. As sementes também foram secas até teor de água de 12%.

Parte das sementes foi submetida ao tratamento químico com o produto Vitavax® Thiram 200 SC na dosagem de 200 mL por 100 kg de sementes, diluído em água utilizando uma calda de 10 mL por kg de sementes e outra parte não recebeu qualquer tratamento químico somente o tratamento com água, antes de serem armazenadas em embalagens impermeáveis de 1 kg, sob temperatura de 10°C e 50% de UR em câmara fria, por um período de seis meses. As

avaliações foram realizadas aos zero e seis meses de armazenamento, utilizando as seguintes avaliações;

Teste de germinação - realizado com quatro subamostras de cinquenta sementes sem pergaminho distribuídas em papel tipo germitest umedecido com quantidade de água equivalente a duas vezes e meia o peso do substrato seco e colocadas para germinar à temperatura de 30°C, na presença de luz. As avaliações foram realizadas aos trinta dias após a semeadura, considerando apenas as plântulas normais, de acordo com as descrições nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem.

Teste de emergência – realizado com quatro subamostras de 50 sementes distribuídas em bandejas plásticas, contendo mistura de areia e terra, na proporção de 2:1 e colocadas em câmara de crescimento, a 30°C. A irrigação foi realizada de 2 em 2 dias e a quantidade de água necessária foi calculada para manter, aproximadamente, 70% da capacidade de campo do substrato. Aos 45 dias após a semeadura, fez-se a contagem do número de plântulas normais emergidas em cada bandeja e o resultado foi expresso em porcentagem.

Teste de sanidade - foi realizado por meio do método do papel filtro, empregando-se uma amostra de 200 sementes. Cada subamostra de 50 sementes foi colocada em uma caixa plástica tipo gerbox, sobre três folhas de papel filtro esterilizadas e umedecidas com água destilada. A incubação foi feita em câmara, a 20°C, em regime alternado com 12 horas de iluminação, durante dez dias. Após esse prazo, foi efetuada a avaliação da porcentagem de incidência dos microrganismos nas sementes, com o auxílio de microscópio estereoscópico.

Formação de mudas – a formação das mudas com sementes sem armazenamento foi feita na UFLA e a daquelas oriundas de sementes armazenadas por seis meses foi realizada em Machado, por ter sido detectada a

presença de uma doença que prejudicou o desenvolvimento das mudas no setor de Cafeicultura da UFLA.

As mudas foram formadas em sacos (10x20cm) perfurados de polietileno preto. O substrato utilizado, atualmente considerado padrão, constou da mistura de 700 L de solo peneirado, 300 L de esterco de curral curtido e peneirado, 5kg de superfosfato simples e 0,5kg de cloreto de potássio, para cada m³ preparado.

Fez-se a semeadura direta, com duas sementes por saquinho. Foram realizadas regas diárias, capinas e demais tratamentos culturais quando necessários. Um desbaste foi feito quando as mudas atingiram-se o estágio “orelha de onça”, ou seja, quando emitiram o primeiro par de folhas verdadeiras, naquelas parcelas onde houve a emergência de mais de uma plântula.

Para a avaliação das mudas no viveiro, as parcelas foram compostas por vinte mudas, das quais as seis centrais foram consideradas como parcela útil e, em cada parcela, os saquinhos foram arranjados em canteiros cobertos com sombrite, com a finalidade de proteger as sementes durante as irrigações. As irrigações foram realizadas duas vezes ao dia, utilizando-se sistema de aspersão fixo, seguindo as recomendações de Guimarães e Mendes (2000). O controle de doenças foi realizado de maneira preventiva, aplicando-se os produtos recomendados para a cultura do cafeeiro. Foram realizadas as seguintes avaliações durante a formação de mudas:

índice de velocidade de emergência: foi calculado utilizando-se os dados de contagens de plântulas emergidas no canteiro, a cada dois dias, a partir do início da emergência, segundo a fórmula proposta por Maguirre (1962):

Apos 180 dias da semeadura, as seguintes medições foram realizadas nas mudas de cada parcela experimental:

número de pares de folhas verdadeiras: foram computados os números de pares de folhas verdadeiras das plantas úteis da parcela e calculado o número médio de folhas por planta;

diâmetro de caule: foi obtido por meio de um paquímetro, medindo-se os diâmetros das mudas, na região do colo da planta e calculando-se os diâmetros médios, com os resultados expressos em mm por planta;

altura das mudas: foi obtida medindo-se a região compreendida entre o colo e o ponto de inserção dos brotos terminais das mudas, do ramo ortotrópico, calculando-se a média por muda, com os resultados expressos em cm por planta;

área foliar: foram efetuadas medições do comprimento e da largura de uma de cada par de folhas verdadeiras; a área foliar de cada par de folhas foi obtida pelo produto largura x comprimento x 0,667 x 2 (par de folhas), como proposto por Barros, Maestri e Braga Filho (1973); a área foliar da muda foi obtida pelo somatório das áreas dos pares de folhas de cada planta; a área foliar média foi obtida a partir dos valores das áreas foliares das mudas da parcela, com os resultados expressos em cm²;

massa seca do sistema radicular e da parte aérea: as mudas foram retiradas dos saquinhos, lavadas em água corrente e, em seguida, o sistema radicular foi separado da parte aérea, cortando-se o caule na altura do colo; foram obtidos os pesos do sistema radicular e da parte aérea das plantas úteis da parcela, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, até peso constante, com os resultados médios expressos em gramas/planta.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (3x2x2), com 3 repetições, sendo 3 métodos de secagem (secador artificial, secagem à sombra e sem secagem), 2 tratamentos de sementes (tratadas e não tratadas) e 2 épocas de armazenamento (0, e 6 meses). Foram feitas comparações de médias pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados do teste de germinação das sementes de café, houve interação tripla entre os fatores épocas de armazenamento, tratamento químico e métodos de secagem, para todas as três cultivares utilizadas. Observa-se, pelos dados da Tabela 1, com relação à cultivar Acaiá, que o tratamento químico foi prejudicial às sementes recém-tratadas e que, após seis meses, esse efeito não foi verificado.

Tabela 1 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café da cultivar Acaiá submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas (úmida), tratadas e não tratadas com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0 e 6 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	58,0 Ab	78,0 Aa
0 meses	Secagem à sombra	54,5 Ab	81,0 Aa
0 meses	Úmida	44,5 Bb	78,0 Aa
6 meses	Secador	64,0 Ba	48,5 Bb
6 meses	Secagem à sombra	81,0 Aa	72,0 Aa
6 meses	Úmida	57,5 Bb	80,5 Aa

As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Nota-se também que as sementes que foram secas à sombra e tratadas tiveram melhor comportamento do que aquelas submetidas aos demais métodos de secagem. Para a cultivar Catuai (tabela 2), observa-se que o efeito negativo do tratamento químico ocorreu apenas para sementes úmidas recém-tratadas e que, após seis meses de armazenamento, as sementes não tratadas e secas à sombra conservaram-se melhor quando submetidas aos demais métodos de secagem.

Tabela 2 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café da cultivar Catuaí submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas (úmida), tratadas e não tratadas com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0 e 6 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	90,50 Aa	80,0 Ab
0 meses	Secagem à sombra	82,50 Aa	79,50 Aa
0 meses	Úmida	69,50 Bb	84,50 Aa
6 meses	Secador	78,50 Aa	78,0 Ba
6 meses	Secagem à sombra	82,00 Ab	94,5 Aa
6 meses	Úmida	86,50 Aa	65,0 Cb

As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Já com relação à cultivar Rubi (tabela 3), observa-se que não houve efeito negativo do tratamento químico. Pelo contrário, houve maior germinação das sementes recém-tratadas quando secas em secador e das sementes úmidas após seis meses de armazenamento em relação às não tratadas neste mesmo método de secagem.

Verifica-se, de maneira geral, que, independente do tratamento, as sementes mantiveram a germinação acima de 70%, exceto para as da cultivar Acaiá secas em secador (48,5%) e para a cultivar Catuaí sementes úmidas (65%).

Com relação ao teste de emergência, não foi verificado efeito significativo para nenhum dos fatores analisados, nem mesmo efeito negativo do tratamento fungicida, como ocorreu no teste de germinação. Vale ressaltar também que, independente do método de secagem, as sementes de todas as cultivares apresentaram percentual de emergência em condições ideais acima de 90%, valores bem acima daqueles obtidos no teste de germinação. Rosa et al.

(2010) constataram que sementes de café apresentaram altos valores de germinação após dessecação até o nível de teor de água testado (12% bu) e também após nove meses de armazenamento. No entanto, essas sementes apresentaram baixo índice de vigor, o que foi demonstrado na capacidade das sementes para a formação das mudas.

Tabela 3 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café da cultivar Rubi submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas (úmida), tratadas e não tratadas com fungicida (sim e não) e armazenadas por 0 e 6 meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	92,50 Aa	73,00 Ab
0 meses	Secagem à sombra	85,50 Aa	79,50 Aa
0 meses	Úmida	87,00 Aa	81,00 Aa
6 meses	Secador	75,50 Ba	81,00 Aa
6 meses	Secagem à sombra	89,50 Aa	89,00 Aa
6 meses	Úmida	86,50 Aa	70,50 Bb

As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para a formação de mudas de café, houve, em algumas variáveis, a comparação entre as épocas de armazenamento, que não foi tão explorada por ser este um trabalho tecnológico. Nesse tipo de trabalho, o objetivo é buscar a solução de algum problema de ordem prática, ou seja, que afeta diretamente a atividade agrícola nas suas diversas esferas. Especificamente neste trabalho, buscou-se a solução ou pelo menos um caminho a seguir em uma das etapas mais importantes da formação da lavoura, que é a formação das mudas.

O maior entrave na produção de mudas de café é a época em que essas mudas ficam prontas, o que, nos dias de hoje, significa que as melhores chuvas

já podem ter passado. Uma possibilidade seria a utilização do armazenamento de sementes e foi com este objetivo que foi realizado este trabalho, ou seja, observar se existe viabilidade em produzir mudas com sementes de café armazenadas por seis meses.

Sabe-se que as condições para essa formação nas duas épocas foram totalmente diferentes, tendo a primeira época sido realizada em outubro e na cidade de Lavras e a segunda, em março e em Machado. Mesmo que fossem produzidas no mesmo local, as condições climáticas seriam diferentes, devido à época, mas a realidade do produtor é esta, pois não existe condição controlada para a formação das mudas.

Com relação aos resultados obtidos em viveiro na formação das mudas, verificou-se que, no parâmetro índice de velocidade de emergência para as cultivares Rubi e Catuai, houve interação dupla significativa para os fatores tratamento químico e época de armazenamento. Foi observado melhor índice de velocidade de emergência das plântulas oriundas de sementes não armazenadas e não tratadas (Tabelas 4 e 5). Já aos seis meses de armazenamento, essa diferença não foi observada.

Para a cultivar Acaiá, houve significância para o fator isolado época de armazenamento, observando-se maior índice de velocidade de emergência das plântulas oriundas de sementes que não foram submetidas ao armazenamento. Rosa et al. (2010) avaliaram a qualidade de mudas de café produzidas a partir de sementes armazenadas com graus de umidades de 47%, 18% e 12% (bu), em condições herméticas, sob temperaturas de 10° e de 20°C. Os autores verificaram que as sementes perdem vigor e não produzem mudas apropriadas ao plantio, quando são armazenadas por nove meses.

Tabela 4 Resultados médios de índice de velocidade de emergência de mudas da cultivar Catuaí tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Tratamento químico	Época	
	0	6
Sim	0,31 Ba	0,35 Aa
Não	0,46 Aa	0,40 Aa

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

Tabela 5 Resultados médios do índice de velocidade de emergência de mudas da cultivar Rubi tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por 6 meses.

Tratamento químico	Época	
	0	6
Sim	0,31 Ba	0,35 Aa
Não	0,40 Aa	0,37 Aa

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

Para o parâmetro número de folhas das mudas de Catuaí, observou-se interação tripla entre os fatores. Observa-se, pelos dados da Tabela 6, que as sementes que foram tratadas e analisadas antes do armazenamento, independente do método de secagem, apresentaram menor número de folhas do que aquelas não tratadas, exceto para aquelas que foram secas em secador. Já após seis meses de armazenamento, essa diferença não foi observada.

Tabela 6 Resultados médios do número de folhas de mudas da cultivar Catuaí oriundas de sementes submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por 6 meses.

Época	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0	Secador	2,72 Aa	3,33 Aa
	Úmida	2,61 Ab	3,56 Aa
	Sombra	1,42 Ab	3,67 Aa
6	Secador	3,78 Aa	4,00 Aa
	Úmida	4,11 Aa	3,89 Aa
	Sombra	3,72 Aa	3,67 Aa

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

Para a cultivar Rubi, houve interação dupla para os fatores tratamento químico e época de armazenamento. Observa-se, pelos dados da Tabela 7, que as mudas formadas após seis de armazenamento apresentaram maior número de folhas do que aquelas antes do armazenamento, independente do tratamento químico. Nota-se também que, antes do armazenamento, as sementes não tratadas apresentaram maior número de folhas do que aquelas que foram tratadas. Provavelmente, o produto causou algum efeito fitotóxico às sementes recém-tratadas.

Tabela 7 Resultados médios do número de folhas de mudas da cultivar Rubi tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Tratamento Químico	Época	
	0	6
Sim	1,61 Bb	3,85 Aa
Não	3,09 Ab	4,04 Aa

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

Ainda com relação ao número de folhas para a cultivar Acaiá, observou-se interação dupla significativa entre métodos de secagem e épocas de armazenamento. A secagem das sementes, independente do método, prejudicou o desenvolvimento das mudas da cultivar Acaiá, quando foram utilizadas sementes sem armazenamento, na avaliação do número de folhas. Já nas sementes armazenadas, tanto as sementes úmidas quanto as que foram secas propiciaram um bom desenvolvimento das mudas, não havendo diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 8).

Tabela 8 Resultados médios do número de folhas de mudas da cultivar Acaiá submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Métodos de secagem	Épocas	
	0	6
Secador	2,22 Bb	3,97 Aa
Sombra	2,47 Bb	3,97 Aa
Úmida	3,25 Aa	3,75 Aa

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

Com relação ao parâmetro altura das mudas, para a cultivar Catuaí, houve interação significativa entre o tratamento químico e a época de armazenamento. Em sementes não armazenadas, maior altura de mudas foi observada quando foram utilizadas sementes não tratadas e, para as sementes que foram armazenadas por seis meses, essa diferença não foi verificada (Tabela 9). Para a cultivar Rubi, houve diferença significativa para os fatores isolados época e tratamento químico, tendo maior altura de plantas sido verificada quando foram utilizadas sementes armazenadas e não tratadas. Estes resultados são semelhantes aos obtidos pelo número de folhas, mostrando que, realmente, o fungicida foi prejudicial ao desenvolvimento da muda logo após o tratamento.

Tabela 9 Resultados médios da altura de mudas da cultivar Catuaí tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Tratamento Químico	Época	
	0	6
Sim	7,41 Ba	8,30 Aa
Não	9,79 Aa	8,80 Aa

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

Quando se avaliou altura de mudas para a cultivar Acaiá, observou-se interação dupla entre os fatores métodos de secagem e épocas de armazenamento (Tabela 10). A secagem das sementes, independente do método, prejudicou o desenvolvimento das mudas da cultivar Acaiá, quando foram utilizadas sementes sem armazenamento na avaliação da altura das mudas, conforme observado no parâmetro número de folhas (Tabela 8). Já nas sementes armazenadas, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Observa-se, também pelos dados da Tabela 10, que as mudas oriundas de sementes úmidas sem armazenamento apresentaram melhor desenvolvimento do que após os seis meses.

Tabela 10 Resultados médios da altura de mudas da cultivar Acaiá submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Métodos de secagem	Épocas	
	0	6
Secador	9,10 Ba	9,98 Aa
Sombra	9,64 Ba	10,89 Aa
Úmida	12,26 Aa	9,08 Ab

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

Com relação ao parâmetro área foliar, para as cultivares Catuaí e Rubi houve interação dupla entre os fatores tratamento químico e época de armazenamento. Observa-se, pelos resultados da Tabela 11, que maior área foliar foi observada nas mudas provenientes de sementes não armazenadas e não tratadas, para a cultivar Catuaí. Nota-se também que esse mesmo resultado ocorreu para a cultivar Rubi (Tabela 12), embora não tenha diferido daquelas armazenadas por seis meses. Estes resultados são semelhantes àqueles obtidos para altura da mudas e número de folhas.

Já para a cultivar Acaiá, houve interação significativa entre os fatores métodos de secagem e época de armazenamento. Para as mudas obtidas de sementes sem armazenamento, foi observada maior área foliar quando se utilizaram sementes úmidas, quando comparadas com sementes secas em secador e à sombra. Já para mudas oriundas de sementes armazenadas por seis meses, não houve diferença entre os métodos de secagem. Observa-se também que os maiores valores de área foliar foram obtidos de sementes úmidas sem armazenamento (Tabela 13).

Tabela 11 Resultados médios da área foliar de mudas da cultivar Catuaí tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por 6 meses.

Tratamento Químico	Época	
	0	6
Sim	54,21 Ba	73,48 Aa
Não	101,02 Aa	72,64 Ab

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

Tabela 12 Resultados médios da área foliar de mudas da cultivar Rubi tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Tratamento Químico	Época	
	0	6
Sim	33,15 Bb	73,91 Aa
Não	69,63 Aa	75,13 Aa

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

Tabela 13 Resultados médios da área foliar de mudas da cultivar Acaia submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Métodos de secagem	Épocas	
	0	6
Secador	51,82 Ba	70,82 Aa
Sombra	55,67 Ba	70,13 Aa
Úmida	86,12 Aa	60,98 Ab

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

Para todas as cultivares avaliadas com relação ao peso seco do sistema radicular, observou-se diferença significativa, entre os tratamentos, no fator isolado época de armazenamento. Maior desenvolvimento do sistema radicular foi observado em mudas oriundas de sementes armazenadas por seis meses, com valores bastante expressivos, sendo as raízes até cinco vezes mais pesadas.

Esse menor desenvolvimento das mudas feitas de sementes não armazenadas ocorreu em quase todas as variáveis, o que está relacionado ao ataque de *Pseudomonas garceae*, bactéria causadora da doença chamada de mancha-aureolada, ocorrida no viveiro do Setor de Cafeicultura da UFLA. Essa doença incide nas folhas, nos frutos novos e nas extremidades de ramos em crescimento. Nas folhas mais velhas, os sintomas consistem de manchas de conformação irregular, de coloração pardo-escuro, envolvidas por halo amarelo.

A temperatura e a umidade são os fatores que favorecem a doença e a disseminação da bactéria ocorre dentro da planta e de planta para planta, pela ação de respingos de chuva, pelo vento e também por ferimentos (ZAMBOLIM et al., 1997).

Vale também ressaltar que a época e o local de plantio foram diferentes, o que também pode influenciar significativamente o desenvolvimento das mudas, pois, logo após a colheita, a temperatura estava baixa, coincidindo com os meses de junho e julho; já aos seis meses, foi um período quente, janeiro e fevereiro.

Para a cultivar Catuaí houve interação dupla entre tratamento químico e época de armazenamento. Em mudas provenientes de sementes não armazenadas, o peso seco de parte aérea foi maior quando foram utilizadas sementes não tratadas. Em sementes armazenadas não houve diferença significativa, independente de serem tratadas ou não e o peso foi maior do que aqueles obtidos em sementes não armazenadas (Tabela 14). Quando foi avaliado o peso seco de parte aérea, tanto para a cultivar Rubi quanto para o Acaíá houve diferença significativa entre as épocas de armazenamento de forma isolada, mostrando que mudas vindas de sementes armazenadas apresentaram desenvolvimento da parte aérea três vezes maior que as não armazenadas, resultados semelhantes aos obtidos para peso seco de raiz.

Tabela 14 Resultados médios de peso seco de parte aérea de mudas da cultivar Catuaí tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Tratamento químico	Época	
	0	6
Sim	0,50 Bb	1,67 Aa
Não	0,90 Ab	1,62 Aa

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

Pelos resultados do percentual de mudas estabelecidas, verificou-se que houve efeito significativo para a interação dos fatores época de armazenamento, tratamento químico e métodos de secagem, para a cultivar Catuaí. Já para a cultivar Rubi houve efeito significativo apenas para época de armazenamento e, para a cultivar Acaiá, a interação foi entre os fatores métodos de secagem e época de armazenamento.

Observa-se, pelos dados da Tabela 15, que as sementes da cultivar Catuaí que não foram secas apresentaram maior percentual de mudas estabelecidas do que aquelas que foram secas, independente do método, quando foram tratadas. Já para aquelas que não foram tratadas, o resultado foi contrário, ou seja, as sementes úmidas originaram um menor percentual de mudas, enquanto, após seis meses, não houve diferença entre os diferentes tratamentos utilizados, com um percentual de mudas estabelecidas acima de 93%.

Para a cultivar Acaiá, houve menor percentual de mudas oriundas das sementes que foram secas em secador antes de serem armazenadas. Já após o armazenamento, o menor percentual de mudas foi obtido de sementes que foram armazenadas úmidas (Tabela 16). Já para a cultivar Rubi, para a qual houve efeito apenas para época de armazenamento, observou-se que as sementes que não foram armazenadas originaram menor percentual de mudas (88%) do que aquelas que foram armazenadas por seis meses (98%). Nota-se que a infecção causada pela bactéria no viveiro da Universidade Federal de Lavras, bem como a época de formação de mudas, também influenciou o percentual de mudas estabelecidas, assim como verificado para os outros parâmetros avaliados.

Tabela 15 Resultados médios do percentual de mudas estabelecidas em viveiros obtidas de sementes da cultivar Catuaí, submetidas a diferentes métodos de secagem, tratadas e não tratadas com fungicida, não armazenadas e armazenadas por seis meses.

Tempo de armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
		Sim	Não
0 meses	Secador	80 Bb	93 Aa
0 meses	Secagem à sombra	85 Bb	97 Aa
0 meses	Úmida	95 Aa	88 Bb
6 meses	Secador	98 Aa	100 Aa
6 meses	Secagem à sombra	98 Aa	100 Aa
6 meses	Úmida	93 Aa	100 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada época de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 16 Resultados médios do percentual de mudas estabelecidas em viveiros obtidas de sementes da cultivar Acaiá, submetidas a diferentes métodos de secagem, a zero e aos seis meses de armazenamento.

Tempo de armazenamento	Secagem		
	Secador	Secagem à sombra	Úmida
0	81 Bb	91 Aa	91 Aa
6	99 Aa	98 Aa	93 Ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada época de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Observa-se, pelos resultados do teste de sanidade, que, independente da cultivar e do tratamento químico, as sementes que não foram submetidas à secagem apresentaram um percentual de contaminação por *Fusarium* acima de 43%, antes de serem armazenadas (Tabelas 17, 18 e 19). Já para as sementes que foram secas, independente do método, este índice foi de, no máximo, 7%. Nota-se também que, após seis meses de armazenamento, esse índice foi acentuadamente reduzido, mesmo naquelas sementes úmidas. Como não foi identificado em nível de espécie, provavelmente, esse fungo é uma espécie saprofítica ou estava apenas contaminando as sementes, pois não foi verificado nenhum sintoma nas plântulas, principalmente no teste de emergência em bandeja e no viveiro, durante a formação das mudas.

Tabela 17 Incidência em percentagem de microrganismos nas sementes de café arábica, da cultivar Acaiá, em diferentes períodos de armazenamento, tipos de secagem e tratamento químico.

Época	Secagem	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>
0	Secador T	1,25	2	3
	Secador	2,25	3	2
	NT			
	Sombra T	0,5	3	3
	Sombra	0,25	0	3
	NT			
	Úmida T	0	49	0
	Úmida NT	0	49	0
6 meses	Secador T	0,5	0	0
	Secador	4	1,25	2,5
	NT			
	Sombra T	12,5	0	0
	Sombra	12,5	0	0
	NT			
	Úmida T	1,5	1	2
	Úmida NT	3	0	0

Com relação aos fungos de armazenamento das espécies *Penicillium* e *Aspergillus*, observa-se que os valores encontrados foram abaixo de 4%, independente do método de secagem, do tratamento químico e da época de armazenamento. Exceção apenas para as sementes que foram secas à sombra em que, após os seis meses de armazenamento, houve incidência de *Aspergillus* acima de 12%, em todas as cultivares analisadas.

Tabela 18 Incidência em percentagem de microrganismos nas sementes de café arábica, da cultivar Catuaí, em diferentes períodos de armazenamento, tipos de secagem e tratamento químico.

Época	Secagem	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>
0	Secador T	2	6	4
	Secador NT	1,25	6	4
	Sombra T	1	5	0
	Sombra NT	2	6	3
	Úmida T	0	46	1
	Úmida NT	0	50	0
6 meses	Secador T	1	1,25	2,5
	Secador NT	1,5	1	2
	Sombra T	12,5	0	0
	Sombra NT	12,5	0	0
	Úmida T	0,25	0,75	1,5
	Úmida NT	0,62	0	0

Tabela 19 Incidência em percentagem de microrganismos nas sementes de café arábica, da cultivar Rubi, em diferentes períodos de armazenamento, tipos de secagem e tratamento químico.

Época	Secagem	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>
0	Secador T	0	6	2
	Secador NT	0,5	2	4
	Sombra T	1	7	2
	Sombra NT	2	3	5
	Úmida T	0	43	0
	Úmida NT	0	48	0
6 meses	Secador T	0,25	0,5	1
	Secador NT	3,25	1,25	2,5
	Sombra T	12,5	0,5	1
	Sombra NT	12,4	0,25	0,5
	Úmida T	0,62	1	2
	Úmida NT	3,5	1,75	3

Uma questão que precisa ser mais estudada é o comportamento de sementes de café durante a secagem e o armazenamento em condições úmidas e secas, e a interação entre os efeitos fisiológicos e patológicos na qualidade das sementes. Pelo fato de as sementes de café terem lenta germinação e baixo potencial de armazenamento, torna-se importante considerar o seu estado sanitário porque interações entre a qualidade fisiológica e a patológica podem levar a interpretações equivocadas e resultados contraditórios. A influência dessa interação sobre a avaliação da qualidade das sementes foi também avaliada no presente trabalho.

4 CONCLUSÃO

O tratamento químico das sementes de café antes do armazenamento prejudica o desenvolvimento das mudas.

Mudas oriundas de sementes armazenadas por seis meses apresentam maior desenvolvimento de raízes.

O método de secagem das sementes de café não influencia a formação de mudas após o armazenamento desta por seis meses.

Mudas oriundas de sementes úmidas têm melhor desenvolvimento quando são utilizadas sementes recém-colhidas.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, V. K.; SINCLAIR, J. B. **Principles of seed pathology**. Boca Raton: CRC, 1987. 538 p.
- BACCHI, O. Novos ensaios sobre a seca da semente de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 8, p. 83-91, 1956.
- _____. Seca da semente de café ao sol. **Bragantia**, Campinas, v. 14, n. 22, p. 225-236, 1955.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L., cv. Bourbon amarelo). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 20, n. 107, p. 44-53, jan./mar. 1973.
- BRAGHINI, M. T.; FAZUOLI, L. C. Armazenamento de sementes de café. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 44-45, jan./fev. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.
- CAMPINHOS JÚNIOR, E.; IKEMORI, Y. K. Introdução de nova técnica na produção de mudas de essências florestais. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 226-228, 1983.

- CARVALHO, M. M. Formação de mudas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, p. 8-14, ago. 1878.
- CARVALHO, M. M.; CALDANI, L. A. Influência da altura e época de poda para o aproveitamento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em condições de viveiro. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 25-31, jan./jun. 1984.
- DIAS, M. C. L. de L.; BARROS, A. S. do R. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 1/2, p. 197-202, jun./dez. 1993.
- DUSSERT, S. et al. Quantitative estimation of seed desiccation sensitivity using a quantal response model: application to nine species of the genus *Coffea* L. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 2, p. 135-144, Feb. 1999.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. S. The effects of temperature, sand and acerone on germination of okra seed. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, New York, v. 71, n. 2, p. 428-434, June 1958.
- EIRA, M. T. S. et al. Tolerance of coffee spp: seeds to desiccation and low temperature. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 97-105, 1999.
- ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?: I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, Sept. 1990.
- _____. An intermediate category of seed storage behavior?: II., effects of provenance, immaturity, and imbibition on desiccation-tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 238, p. 653-657, May 1991.
- FERREIRA, D. F. **Sistema de análise estatística SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000. Software.
- FILANI, G. A chemical treatment of coffee seeds in relation the emergence and control of seed-borne fungi. **Turrialba**, San José, v. 22, n. 11, p. 40-46, 1972.
- GONÇALVES, J. C.; TOMAZIELO, R. A. **Produção de mudas de café**. Campinas: CATI, 1970. 25 p. (Boletim Técnico, 63).

GUIMARÃES, R. J. **Formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.):** efeitos de reguladores de crescimento e remoção do pergaminho na germinação de sementes e do uso de N e K em cobertura, no desenvolvimento de mudas. 1995. 133 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Nutrição mineral do cafeeiro.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 47 p.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Inter-specific variation in seed storage behaviour within two genera – *Coffea* and *Citrus*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, n. 1, p. 165-181, Jan. 1995.

_____. Optimum air-dry seed storage environments for arabica coffee. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, n. 3, p. 547-560, Mar. 1992.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination: aid seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

MIRANDA, J. M. **Estudo de alguns fatores que influenciam a duração da viabilidade de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí).** 1987. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

MIRANDA, J. M. et al. Estudos de alguns fatores que influenciam a duração da viabilidade de sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 1/2, p. 215-220, jun./dez. 1993.

MIRANDA, J. M.; VALIAS, E. P. Estudo sobre conservação da viabilidade de sementes de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1984. p. 160-161.

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

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, 1., 1986, Poços de Caldas. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p. 13-85.

ROSA, S. D. V. F. da et al. Stores coffee seeds do not produce seedlings appropriate for planting. **Seed Science and Technology**, Zurich, 2010. In press.

SILVA, W. R.; DIAS, M. C. L. L. Interferência do teor de umidade das sementes de café na manutenção de sua qualidade fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 5, p. 551-560, maio 1985.

VEIGA, A. D. et al. Armazenabilidade de sementes de café colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 83-91, jan./fev. 2007.

_____. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 83-91, jan./fev. 2007.

ZAMBOLIM, L. et al. Café (*Coffea arabica* L.): controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: UFV; Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. cap. 3, p. 120-122.

ARTIGO 3 Relevância da formação de vidros intracelulares na sensibilidade de sementes de café à dessecação e à deterioração

RESUMO

O entendimento das causas fisiológicas do baixo potencial de armazenamento e da sensibilidade à dessecação de sementes tem sido facilitado por meio de pesquisas utilizando-se análises térmicas realizadas por meio de calorímetros diferenciais de varredura. Estudos do estado físico da água no citoplasma de células, bem como das alterações que ocorrem numa amostra submetida ao resfriamento ou aquecimento, permitem determinar as propriedades calorimétricas da água contida na amostra, bem como detectar a formação de vidros intracelulares, os quais podem proteger a semente contra danos durante a secagem e contra a deterioração. Assim, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de determinar as propriedades calorimétricas da água e os parâmetros da formação de vidros intracelulares em sementes de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes tratamentos de secagem e tratamento químico, antes e após seis e doze meses de armazenamento em embalagens herméticas, a 10°C. Transições térmicas entre -50°C a 60°C foram investigadas nas sementes, para se determinar a porcentagem de água congelável, água não congelável, temperatura e entalpia de fusão da água, bem como as temperaturas de transição vítrea. Essas determinações foram comparadas à qualidade fisiológica das sementes, determinada pelos testes de germinação e de emergência em bandeja. Os resultados das análises térmicas indicam que a sensibilidade de sementes de café à dessecação e a baixa longevidade não estão relacionadas às propriedades térmicas da água à formação dos vidros intracelulares.

Palavras-chave: Transição vítrea. DSC. *Coffea arabica* L.

ABSTRACT

The understanding of the physiological causes of the poor potential of storage and sensitivity to dissection of seeds have been made easy by means of research by utilizing thermal analyses performed by means of differential scanning calorimeters. Studies of the physical state of water in the cell cytoplasm as well as of the alterations which occur in a sample submitted to chilling or heating, allow us to determine the calorimetric properties of the water contained in the sample as well as to detect the formation of intracellular glasses, which can protect the seed from damages during drying and from decaying. So, this work was done with the objective of determining the calorimetric properties of water and the parameters of intracellular glass formation in seeds of *Coffea arabica* L. submitted to different drying treatments and chemical treatment, before and after six and twelve months of storage in air-tight packages at 10°C. Thermal transitions between -50°C to 60°C were investigated in the seeds to determine the percentage of water, unfreezable water, fusion temperature and enthalpy of water as well as the temperatures of vitreous transition. Those determinations were compared with the physiological quality of seeds determined by tests of germination and emergence on tray. The results of the chemical analyses point out that the sensitivity of coffee seeds to dissection and poor longevity are not related to the thermal properties of water to the formation of intracellular glasses.

Key words: Vitreous transition. DSC. *Coffea arabica* L.

1 INTRODUÇÃO

A propagação de cafeeiros é feita, principalmente, a partir de mudas obtidas de sementes, as quais têm germinação lenta e desuniforme, além de baixo potencial de armazenamento. Essas características das sementes têm dificultado a obtenção de mudas com padrão de qualidade desejado e no momento climático ideal ao plantio, dentro do mesmo ano de colheita.

Embora muitos trabalhos estejam sendo desenvolvidos com o objetivo de se entender os fatores que afetam o desempenho fisiológico das sementes de café (DUSSERT et al., 2006; ESTANISLAU, 2002; GUIMARÃES et al., 2002; ROSA et al., 2005; SILVA et al., 2004), as causas da sua sensibilidade à dessecação e do baixo potencial de armazenamento permanecem, ainda, obscuras.

Dentre os mecanismos celulares que protegem as sementes contra os efeitos da dessecação e da deterioração, muitos vêm sendo estudados, tais como o envolvimento dos açúcares que protegem membranas, proteínas e citoplasmas; a importância das proteínas resistentes ao calor, como as proteínas *lea-late embryogenesis abundant* ou a atuação de sistemas antioxidativos, os quais eliminam substâncias tóxicas resultantes de reações mediadas por radicais livres (BERJAK, 2006). Nos últimos anos, os estudos sobre a tolerância à dessecação de sementes têm se intensificado e algumas estratégias para evitar os efeitos danosos da desidratação têm sido identificadas para algumas espécies, as quais podem sobreviver à quase total remoção da água. Outras espécies, no entanto, são extremamente sensíveis à dessecação e as verdadeiras causas desta sensibilidade permanecem, ainda, sem explicação.

A água é considerada essencial para a estrutura das células e organelas, e organismos que podem tolerar a sua remoção estão aptos para prevenir ou

reparar as reações deletérias que podem ocorrer. Com progressiva desidratação da semente, as forças de atração da água vão aumentando e, com base nessas interações, a água em sementes pode ser classificada em cinco tipos (LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). As águas dos tipos 5 e 4 têm propriedades termodinâmicas semelhantes às da água livre ou *bulk water* e correspondem a umidades entre 0,9 a 0,45g.g⁻¹ e energia de ligação entre -2 e -4 Mpa. Essa água não tem relevância prática, do ponto de vista da secagem de sementes.

As águas dos tipos 3, 2 e 1 correspondem a *bound water*, isto é, água associada com as superfícies das macromoléculas (matriz celular) e suas propriedades termodinâmicas diferem daquelas da água livre (BEWLEY; BLACK, 1985; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). A água do tipo 1 tem força de ligação da ordem de -150 Mpa e corresponde a teores de água menores do que 0,08 g g⁻¹. A água do tipo 2 pode ter características de vidros e apresenta fortes interações com superfícies polares das macromoléculas ou grupos hidroxil de solutos, com energia de ligação entre -12 e -150 MPa ou teor de água entre 0,25 e 0,08 g g⁻¹. Essa água não é prontamente congelável e é por isso que sementes secas abaixo de um determinado teor de água, variável com as espécies, podem resistir a temperaturas abaixo de zero. A do tipo 3 forma pontes sobre locais hidrofóbicos ou macromoléculas, com potencial hídrico entre -4 e -11 MPa ou teor de água entre 0,45 e 0,25 g g⁻¹ (LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993).

Em diversos estudos têm sido reportadas diferenças termodinâmicas na *bound water* entre estádios tolerantes e intolerantes à dessecação (BERJAK et al., 1990; BERJAK; PAMMENTER; VERTUCCI, 1992; VERTUCCI; LEOPOLD, 1987; WELBAUM; BRADFORD, 1989), evidenciadas por diferentes formas nas isotermas de adsorção, diferentes tipos de água associados

aos níveis de teor de água das sementes, presença ou não de água não congelável e diferentes respostas à remoção dos diferentes tipos de água, dentre outros. Os estudos de propriedade da água e suas correlações com a tolerância à dessecação se iniciaram com Clegg (1986) e seus colaboradores, que introduziram a ideia de que muitos processos metabólicos em células permanecem inalterados se o teor de água não for reduzido além de um nível crítico, abaixo do qual a viabilidade é perdida, o que é variável com a espécie, os estádios de desenvolvimento e a velocidade de secagem. Leopold e Vertucci (1986), utilizando a técnica de isoterma de adsorção, verificaram que tecidos sensíveis à dessecação tinham menos *bound water*.

Outro aspecto das interações entre a água e os constituintes da semente envolve a ideia de formação de vidros aquosos, introduzida por Burke (1986). Um vidro é formado quando o citoplasma das células entra num estado de alta viscosidade líquida, condição em que pode ser esperada uma imobilização dos constituintes e, portanto, lenta taxa de reações deteriorativas nas células (LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). Vidros aquosos estabilizam macromoléculas, garantindo quiescência metabólica, prevenindo reações entre os metabólitos e, além disso, suprimindo ou prevenindo a cristalização de solutos no citoplasma. Nos primeiros estudos, foi comprovada a formação de vidros aquosos nas células de organismos tolerantes à dessecação, mesmo em temperaturas fisiológicas (BRUNI; LEOPOLD, 1991; BURKE, 1986; KOSTER, 1991; WILLIAMS; LEOPOLD, 1995), mas, formação de vidros também foi reportada em sementes intolerantes (BERJAK; PAMMENTER; VERTUCCI, 1992; BERJAK; VERTUCCI; PAMMENTER, 1993; BUITINK et al., 1996; SUN; IRVING; LEOPOLD, 1994; VERTUCCI et al., 1994).

Vários métodos têm sido utilizados para medir o estado vítreo em sementes, mas o mais utilizado é a calorimetria diferencial de varredura

(*differential scanning calorimetry/DSC*). O DSC é uma técnica de análise térmica que mede as mudanças em fluxo de calor associadas com transições no estado físico de uma amostra. O sistema permite o controle preciso da temperatura de dois recipientes colocados no interior de uma câmara, sendo que um deles contém a amostra a ser analisada e o outro, idêntico (referência), é geralmente vazio. Ambos os recipientes são submetidos ao aquecimento ou resfriamento, durante o qual são aquecidos ou resfriados numa mesma taxa específica e são, constantemente, comparados quanto ao calor que ganham ou perdem. O sistema traça um termograma baseado nas diferenças de fluxo de calor obtido durante o aquecimento ou resfriamento, calculando-se a energia ganha ou perdida. O termograma é analisado para todas as mudanças de estado ocorridas, as quais podem ser transições endotérmicas ou exotérmicas, tais como descongelamentos, cristalizações ou formação de vidros (LEOPOLD; SUN; BERNAL-LUGO, 1994).

A formação de vidros em sementes ortodoxas pode ser vista como uma consequência natural de secagem após a maturação, uma vez que a complexa mistura de moléculas presente no citoplasma das células pode evitar a cristalização (WALTERS; RIED; WALKER-SIMMONS, 1997). No entanto, o conteúdo de água no qual ocorre a formação de vidros aquosos durante a secagem natural de sementes, cerca de 10-15%, é muito inferior ao teor de água crítico que as espécies mais sensíveis à dessecação apresentam. Além disso, os danos induzidos pela desidratação em sementes que não toleram a dessecação ocorrem em teores de água muito acima daquela em que a proteção do estado vítreo pode ser eficaz (BUITINK; HEMMINGA; HOEKSTRA, 2000).

Há muitos exemplos de detecção de vidros em sementes, como em ervilha, soja, milho, trigo e feijão (BRUNI; LEOPOLD, 1991; LEPRINCE et al., 1995; SUN; LEOPOLD, 1993; VERTUCCI, 1990; WILLIAMS; LEOPOLD, 1989). Com base nesses resultados, foi sugerido que a composição de açúcares

solúveis é importante para a formação de vidros aquosos em sistemas tolerantes à dessecação. Açúcares maiores, como sacarose e oligossacarídeos, são mais favoráveis à formação de vidro quando comparados aos açúcares redutores, em parte devido ao maior peso molecular, os quais apresentam maior temperatura de transição vítrea (T_g). No entanto, alguns resultados mostram que os açúcares não são suficientes para, sozinhos, explicarem a formação do estado vítreo em sementes (SUN; IRVING; LEOPOLD, 1994; SUN; LEOPOLD, 1993). Buitink, Hemminga e Hoekstra (2000) mostraram que, além de açúcares, outras moléculas desempenham papel crucial na formação de vidros intracelulares, tais como proteínas.

Estudando aspectos biofísicos da tolerância à desidratação e baixa temperatura em sementes e embriões de várias espécies de *Coffea*, Eira (1999), concluiu que o conteúdo de água não-congelável foi semelhante entre as espécies ($0,20 \text{ g g}^{-1}$) e que sementes de espécies mais tolerantes sobrevivem à remoção de maior parte dessa água. A vitrificação do citoplasma das sementes foi semelhante entre as espécies estudadas, levando à inferência de que a vitrificação, por si só, não é suficiente para conferir às sementes tolerância à desidratação. Por outro lado, Eira (1999) observou características diferenciadas de capacidade calorífica da água nas sementes entre as espécies, tendo, para a mais tolerante (*C. racemosa*) sido obtidas duas curvas, delimitando uma região onde ocorreria a vitrificação e a menos tolerante não apresentou esta região (*C. liberica*).

As propriedades calorimétricas da água e os parâmetros da formação de vidros aquosos no citoplasma de sementes de café foram investigados por Rosa et al. (2010), que buscaram obter informações adicionais sobre as causas da sensibilidade à dessecação e do baixo potencial de armazenamento dessas sementes. Os autores concluíram que as propriedades térmicas da água nas sementes, tais como os parâmetros da formação dos vidros aquosos e a

proporção entre a água congelável/não congelável, não estão relacionadas à baixa sensibilidade das sementes à dessecação. Os resultados indicaram que sementes de café podem não ser beneficiadas pela proteção conferida pelos vidros aquosos durante a secagem e o armazenamento, uma vez que a sua formação foi observada apenas em temperaturas abaixo de -15°C . Sementes de café são sensíveis a temperaturas abaixo de zero e, segundo Ellis, Hong e Roberts (1990, 1991), devem ser armazenadas em temperaturas entre 10° e 15°C .

Diante do exposto, observa-se que a análise calorimétrica da água contida em sementes é importante ferramenta em estudos sobre a tolerância à dessecação e pode trazer informações adicionais relevantes que contribuam para a elucidação das causas da baixa longevidade de sementes de cafeeiro, quando submetidas a diferentes velocidades de desidratação.

Sendo assim, o objetivo, nesta pesquisa, foi o de determinar as propriedades calorimétricas da água e os parâmetros da formação de vidros intracelulares, antes e durante o armazenamento de sementes de café submetidas a diferentes métodos de secagem e ao tratamento químico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Sementes (LAS) e no Laboratório Central de Análises Químicas, da Universidade Federal de Lavras. Sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Acaiá, Rubi e Catuaí, foram obtidas de frutos no estádio cereja, os quais foram despolidos em despolidor manual e as sementes desmuciladas por fermentação natural em água, a 30°C , por 24 horas.

Foram utilizadas sementes sem secagem (45% bu) e sementes submetidas à secagem rápida em camada fina, em secador estacionário de pequena escala, com fluxo de ar de $25\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{t}^{-1}$ e temperatura de 35°C e à

secagem lenta, à sombra, em ambiente de laboratório (temperatura média de 25°C), até atingirem teores de água de 12% bu. O processo de secagem foi controlado com base na perda de massa de água, por meio de pesagens em balança de 0,001g de precisão. As determinações dos teores de água das sementes foram realizadas logo após a desmucilagem e ao final de cada tratamento de secagem, utilizando-se duas amostras de 20 g, segundo os procedimentos prescritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Parte das sementes foi submetida ao tratamento químico com o produto Vitavax® Thiram 200 SC, na dosagem de 200 g por 100 kg de sementes e outra parte não recebeu qualquer tratamento químico. As sementes foram armazenadas em câmara fria, a 10°C, em embalagens herméticas, por um período de doze meses.

As sementes foram submetidas a avaliações fisiológicas, imediatamente após os tratamentos de secagem e após seis e doze meses de armazenamento, por meio dos testes de germinação (BRASIL, 1992); porcentagem de protrusão radicular aos quinze dias do início do teste de germinação, em que foram computadas as sementes com raiz principal e pelo menos duas raízes laterais; porcentagem de emergência, com quatro repetições de 50 sementes, para cada tratamento, em bandejas plásticas contendo mistura de areia e terra, na proporção de 2:1, em câmara de crescimento vegetal a 30°C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas), computando-se as plântulas emersas a cada dois dias, até a estabilização e índice de velocidade de emergência (IVE), calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), utilizando-se as contagens do teste de emergência.

Com a finalidade de investigar a relevância da formação de vidros intracelulares na sensibilidade das sementes à dessecação e à deterioração, foram realizadas análises térmicas, utilizando-se um calorímetro de varredura

diferencial (*differential scanning calorimetry/DSC*) da marca Shimadzu, determinando-se as seguintes propriedades calorimétricas da água nas sementes: temperatura e entalpia de fusão da água (*melting temperature* – T_m), a presença de água congelável e água não congelável e os parâmetros da formação de vidros intracelulares.

Amostras com, aproximadamente, 10 mg foram pesadas e lacradas em recipientes de alumínio, dotados de anéis de borracha para evitar a troca de umidade durante as análises. Um recipiente contendo a amostra e outro idêntico e vazio (referência) foram introduzidos no interior do DSC, de maneira a permitir o perfeito contato com a superfície do cabeçote de aquecimento. As amostras foram equilibradas a -50°C , mantidas nesta condição isotermicamente por dois minutos e aquecidas numa taxa de $5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ até 50°C . Os termogramas gerados pelo software específico do DSC foram analisados para todas as transições ocorridas.

As transições atribuídas ao descongelamento ou à fusão da água contida nas sementes (*melting*) foram detectadas nos termogramas, representadas por picos na curva, gerados ao redor de 0°C , em consequência de transição endotérmica no fluxo de calor, em que energia é requerida para o derretimento dos cristais de gelo. As temperaturas de fusão foram obtidas e a energia envolvida (capacidade calorífica ou entalpia da transição) foi estimada pela integração da área do pico abaixo da curva.

A quantidade de água congelável por unidade de peso da amostra foi calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Água congelável (mg}_{\text{água}} / \text{mg}_{\text{amostra}}) = \frac{Q \text{ (J/g}_{\text{amostra}})}{\lambda \text{ (J/g}_{\text{amostra}})} \quad (1)$$

em que:

Q = área integrada abaixo do pico endotérmico da fusão da água (J/g);

λ = calor latente específico de fusão da água (334 J/g).

Com os valores da umidade das amostras de sementes, em base úmida, foram calculadas as porcentagens de água congelável, pela seguinte equação.

$$\text{Água congelável (\%)} = \frac{\text{Água congelável (mg}_{\text{água}} / \text{mg}_{\text{amostra}})}{\text{Umidade da amostra (mg}_{\text{água}} / \text{mg}_{\text{amostra}})} \quad (2)$$

Os parâmetros da formação de vidros foram estimados nos termogramas, nas regiões onde ocorreram desvios na curva, em consequência de mudanças no fluxo de calor, em que são definidos o ponto inicial (*onset*), o ponto médio (*mid point*) e o ponto final (*endset*) da transição. Diferentemente da transição a 0°C, atribuída ao descongelamento da água, a transição de vidro não envolve evento endotérmico ou exotérmico e se diferencia daquela porque não produz um pico na curva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os resultados de porcentagem de plântulas normais no teste de germinação e porcentagem de emergência no teste de emergência em bandejas.

Tabela 1 Resultados médios de porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de café submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 6 e 12 meses.

Cultivar	Armazenamento	Secagem	Tratamento	
			Sim	Não
Rubi	0 meses	Secador	93 A a	73 A b
		Sombra	86 A a	80 A a
		Úmida	87 A a	81 A a
	6 meses	Secador	76 B a	81 A a
		Sombra	90 A a	89 A a
		Úmida	87 A a	71 B b
	12 meses	Secador	92 A a	95 A a
		Sombra	93 A a	94 A a
		Úmida	3 B b	57 B a
Catuaí	0 meses	Secador	91 A a	80 A b
		Sombra	83 A a	80 A a
		Úmida	70 B b	85 A a
	6 meses	Secador	79 A a	78 B a
		Sombra	82 A b	95 A a
		Úmida	87 A a	49 C b
	12 meses	Secador	94 A a	93 A a
		Sombra	97 A a	92 A a
		Úmida	26 B a	10 B b
Acaiá	0 meses	Secador	58 A b	78 A a
		Sombra	55 A b	81 A a
		Úmida	45 B b	78 A a
	6 meses	Secador	64 B a	49 B b
		Sombra	81 A a	72 A a
		Úmida	58 B b	81 A a
	12 meses	Secador	90 A a	93 A a
		Sombra	90 A a	90 A a
		Úmida	7 B b	17 B a

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

Tabela 2 Resultados médios de porcentagem de emergência de plântulas oriundas de sementes de café submetidas à secagem em secador, à sombra e não secas, tratadas e não tratadas com fungicida e armazenadas por 0, 6 e 12 meses.

Cultivar	Armazenamento	Secagem	Tratamento químico	
			Sim	Não
Rubi	0 meses	Secador	94 A a	96 A a
		Sombra	94 A a	94 A a
		Úmida	93 A a	94 A a
	6 meses	Secador	93 A a	96 A a
		Sombra	96 A a	97 A a
		Úmida	93 A a	89 A a
	12 meses	Secador	80 B a	86 A a
		Sombra	90 A a	77 A b
		Úmida	32 C b	63 B a
Catuaí	0 meses	Secador	93 B a	98 A a
		Sombra	98 A a	97 A a
		Úmida	89 B a	96 A a
	6 meses	Secador	99 A a	96 A a
		Sombra	98 A a	95 A a
		Úmida	88 B a	92 A a
	12 meses	Secador	93 A a	86 B b
		Sombra	93 A a	95 A a
		Úmida	37 B a	7 C b

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

Cultivar	Secagem	Tempo de armazenamento		
		0 meses	6 meses	12 meses
Acaíá	Secador	95 A a	94 A a	83 B b
	Sombra	93 A a	94 A a	89 A b
	Umida	95 A a	93 A a	14 C b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Pelos resultados de porcentagem de plântulas normais, observa-se que, de maneira geral, até seis meses de armazenamento, as sementes das cultivares

Rubi e Catuaí apresentaram melhores resultados quando submetidas ao tratamento químico, independentemente dos métodos de secagem. Aos doze meses de armazenamento, no entanto, houve comportamento diferenciado entre essas cultivares, com as sementes Rubi apresentando melhores resultados quando não tratadas e Catuaí, quando tratadas. Sementes da cultivar Acaiá mostraram-se mais sensíveis ao tratamento químico, tendo apresentado melhores resultados, de maneira geral, quando não foram tratadas.

Quanto aos resultados de emergência em bandeja, até seis meses de armazenamento, não houve diferenças significativas para as sementes das cultivares Rubi e Catuaí, quanto aos métodos de secagem ou tratamento químico. Já aos doze meses, os piores resultados de porcentagem de emergência foram observados nas sementes úmidas e tratadas da cultivar Rubi e não tratadas da cultivar Catuaí. Sementes da cultivar Acaiá, no entanto, apresentaram queda na emergência apenas aos doze meses de armazenamento, sendo as úmidas piores e as secas à sombra as melhores.

Assim, considerando os resultados da avaliação da qualidade fisiológica das sementes, pode-se dizer que ocorre redução da qualidade das sementes úmidas ao longo do armazenamento e que o efeito do tratamento químico depende da cultivar.

Termogramas de DSC foram utilizados para investigar a relevância das propriedades calorimétricas da água e dos parâmetros da formação de vidros intracelulares na sensibilidade das sementes à dessecação e baixa longevidade. Observa-se, pela Figura 1, que os termogramas das sementes de *Coffea arabica* L. com altos teores de água, próximos de 45%, apresentam as maiores transições térmicas, ao redor de 0°C, transições estas atribuídas ao descongelamento da água contida nas sementes. Já nas sementes com teores de água ao redor de 12% (secas em secador e à sombra), as maiores transições apresentam picos menores

do que nas sementes úmidas. Essas diferenças devem-se às diferentes quantidades de água livre, ou congelável, presente nas sementes não submetidas à secagem.

Por outro lado, observa-se que os termogramas das sementes, antes e após 6 e 12 meses de armazenamento, apresentaram padrões semelhantes, exceto para a cultivar Acaiá, cujos termogramas apresentaram temperaturas de fusão ligeiramente menores do que zero. Nestas sementes, as maiores transições, ao redor de 0°C, ocorreram em temperaturas mais baixas do que nos demais tratamentos, indicando que fatores relacionados à deterioração das sementes podem, também, contribuir para a redução desse parâmetro, uma vez que as sementes desta cultivar apresentaram, também, os piores desempenhos fisiológicos.

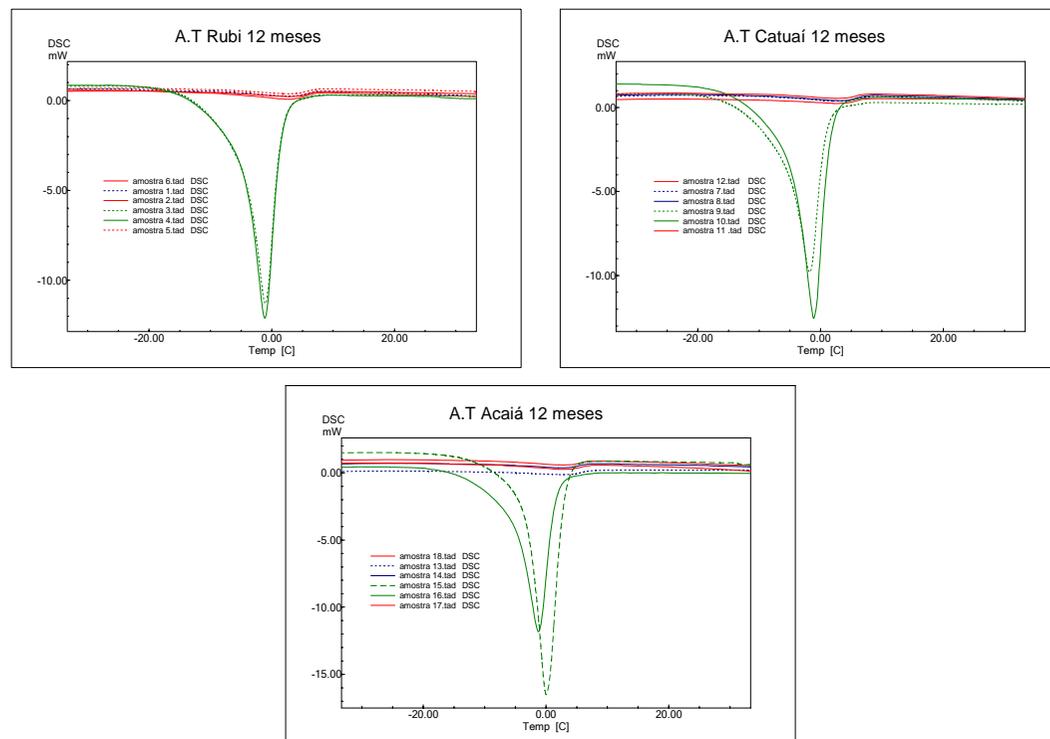


Figura 1 Termogramas de DSC de sementes de *Coffea arabica* L. secas em secador (1, 2, 7, 8, 13 e 14), não secas (3, 4, 9, 10, 15 e 16) e secas à sombra (5, 6, 11, 12, 17 e 18), com (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 e 17) e sem tratamento químico (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 e 18), após 12 meses de armazenamento.

Na Figura 2, observa-se a representação das temperaturas de fusão (T_m) das sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Rubi, Catuai e Acaiá. É possível verificar que em todas as sementes não submetidas à secagem, tratadas e não tratadas, as maiores transições nos termogramas ocorreram em temperaturas abaixo de zero, provavelmente devido às maiores quantidades de água congelável presentes nas sementes úmidas. Observa-se também a depressão de T_m (aproximadamente -4°C) ocorrida nas sementes de Acaiá, antes do armazenamento.

Os resultados de entalpia de fusão (Ent), os quais representam a energia envolvida nas transições atribuídas ao descongelamento da água nas sementes, podem ser observados na Figura 3. Observa-se que as maiores quantidades de energia requeridas nessas transições endotérmicas foram detectadas nas sementes úmidas de todas as cultivares analisadas. Estes valores são utilizados nas determinações de água congelável e não congelável, os quais estão representados nas Figuras 4 e 5. O conceito de água congelável está diretamente relacionado à sensibilidade das sementes a temperaturas abaixo de zero, ou seja, se água congelável está presente em organismos, estes não poderão sobreviver a temperaturas subzero, devido à formação de gelo intracelular (VERTUCCI, 1989). Por outro lado, a água que é aprisionada nos vidros intracelulares é a água não congelável e a perda do estado vítreo em sementes ou outros organismos tolerantes à dessecação pode resultar na liberação de água, a qual pode tornar-se água congelável (LEOPOLD; SUN; BERNAL-LUGO, 1994).

Observa-se que, nas sementes úmidas, ocorreu um aumento da porcentagem de água congelável ao longo do período de armazenamento, principalmente nas sementes da cultivar Acaiá, as quais apresentaram os piores resultados fisiológicos. Muito embora haja indícios do envolvimento desses parâmetros no processo de deterioração das sementes, não se podem tirar

conclusões a respeito das relações entre as diferenças em sensibilidade à dessecação e à deterioração das sementes de café e os resultados de porcentagem de água congelável e não-congelável. De maneira geral, as sementes oriundas dos diferentes tratamentos não apresentaram diferenças drásticas em qualidade fisiológica.

O mais importante parâmetro do estado vítreo nas sementes é a temperatura de transição (T_g), na qual os vidros são formados ou desfeitos, quando ocorrem o resfriamento ou o aquecimento, respectivamente. Na Figura 6, podem-se verificar os valores de T_g para cada cultivar submetida aos tratamentos de secagem e tratamento químico, antes e após seis e doze meses de armazenamento. Observa-se que, nas sementes úmidas, não foi detectada qualquer formação de vidros intracelulares no intervalo de temperatura em que as análises foram realizadas. Vidros aquosos podem ser formados por decréscimos na temperatura ou no teor de água de sementes e a temperatura em que ocorre esta transição depende, fundamentalmente, da constituição química (LEOPOLD; SUN; BERNAL-LUGO, 1994).

No termograma de DSC, a formação vítrea é detectada pela mudança no fluxo de calor e é indicada por uma inflexão na curva (*baseline*) e não envolve eventos endotérmicos ou exotérmicos. A partir das mudanças no fluxo de calor, podem-se definir os três parâmetros da formação dos vidros: a temperatura em que a transição se inicia (*onset*), o ponto médio (*midpoint*) e onde ela termina (*endset*). Na Figura 7, observam-se alguns termogramas de sementes de café secas em secador e à sombra, até 12% de teor de água, em que a formação de vidros intracelulares foram detectadas, em temperaturas próximas a -20°C . Semelhantemente ao observado aqui, nos trabalhos realizados por Rosa et al. (2010), os vidros intracelulares em sementes de café também foram detectados em temperaturas abaixo de -15°C .

Sementes de café são sensíveis às baixas temperaturas e, segundo Ellis, Hong e Roberts (1990, 1991), devem ser armazenadas em temperaturas entre 10° e 15°C. O comportamento intermediário das sementes de *Coffea arabica* L. foi proposto por Ellis, Hong e Roberts (1990, 1991), baseado no fato de que as sementes sobrevivem ao armazenamento por doze meses, sob temperatura de 15°C após dessecação até aproximadamente 10% (-90 MPa), tendo estas apresentado redução na germinação com progressivas reduções na umidade e na temperatura de armazenamento. Estas sementes são, portanto, sensíveis a baixas temperaturas, sendo danificadas severamente quando armazenadas em ambientes com temperaturas abaixo de zero.

Assim, os parâmetros da formação de vidros intracelulares detectados em sementes de café neste trabalho indicam que as propriedades térmicas da água parecem não contribuírem para a proteção das sementes durante a secagem e/ou o armazenamento. Em outras palavras, os resultados indicam que sementes de café não se beneficiam da proteção conferida pelos vidros aquosos durante o armazenamento, uma vez que a temperatura em que os mesmos são formados variam entre -15° a -20°C.

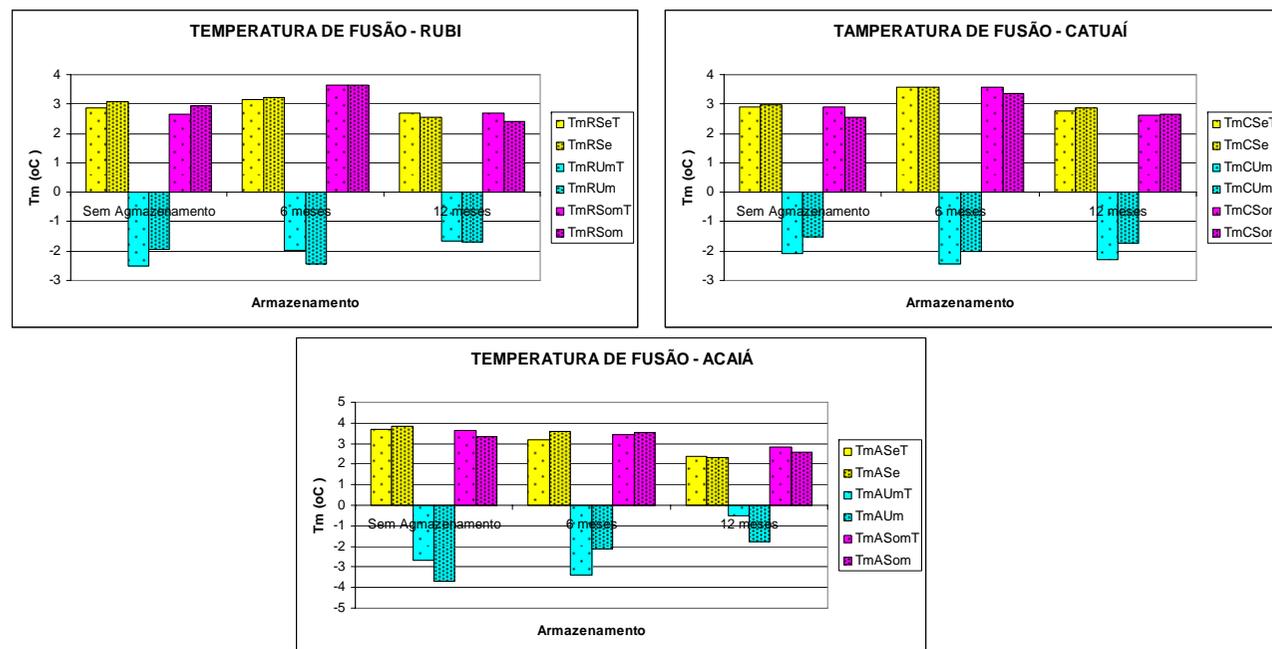


Figura 2 Temperatura de fusão (T_m) em sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Rubi (R), Catuaí (C) e Acaí (A), secas em secador (Sec), não secas (U) e secas à sombra (Som), tratadas (T) e não tratadas, sem armazenamento e armazenadas por 6 e 12 meses.

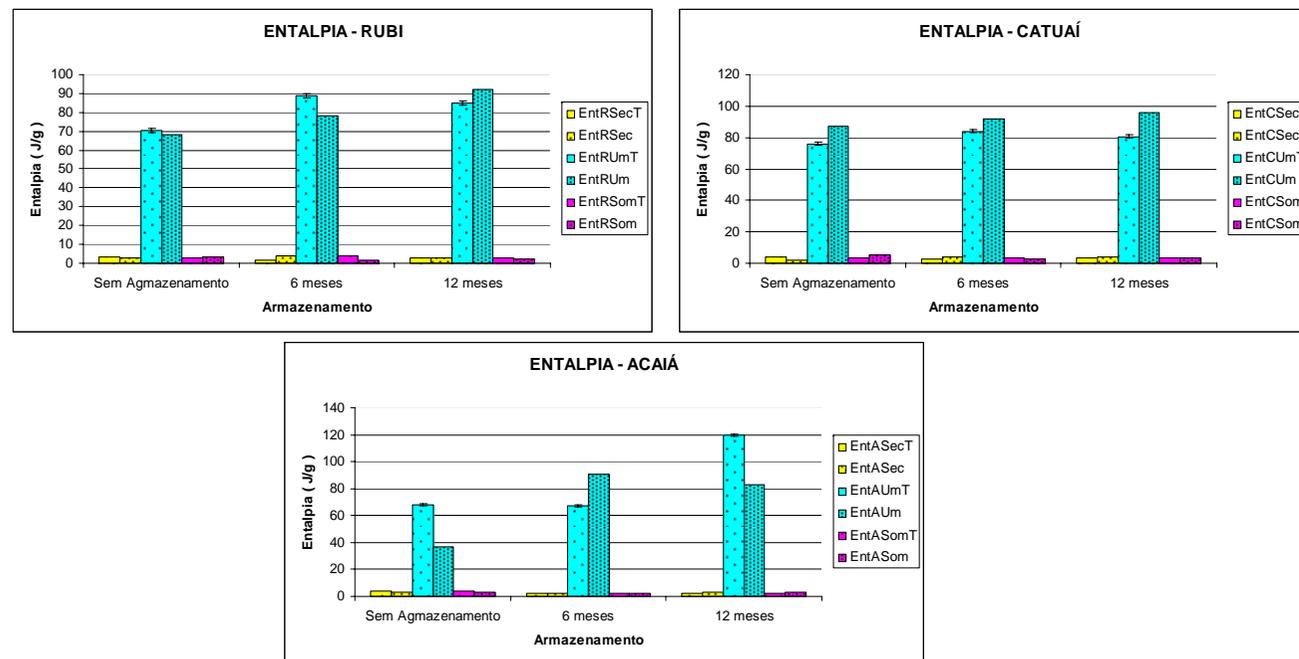


Figura 3 Entalpia de fusão (Ent) em sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Rubi (R), Catuaí (C) e Acaiá (A), secas em secador (Sec), não secas (U) e secas à sombra (Som), tratadas (T) e não tratadas, sem armazenamento e armazenadas por 6 e 12 meses.

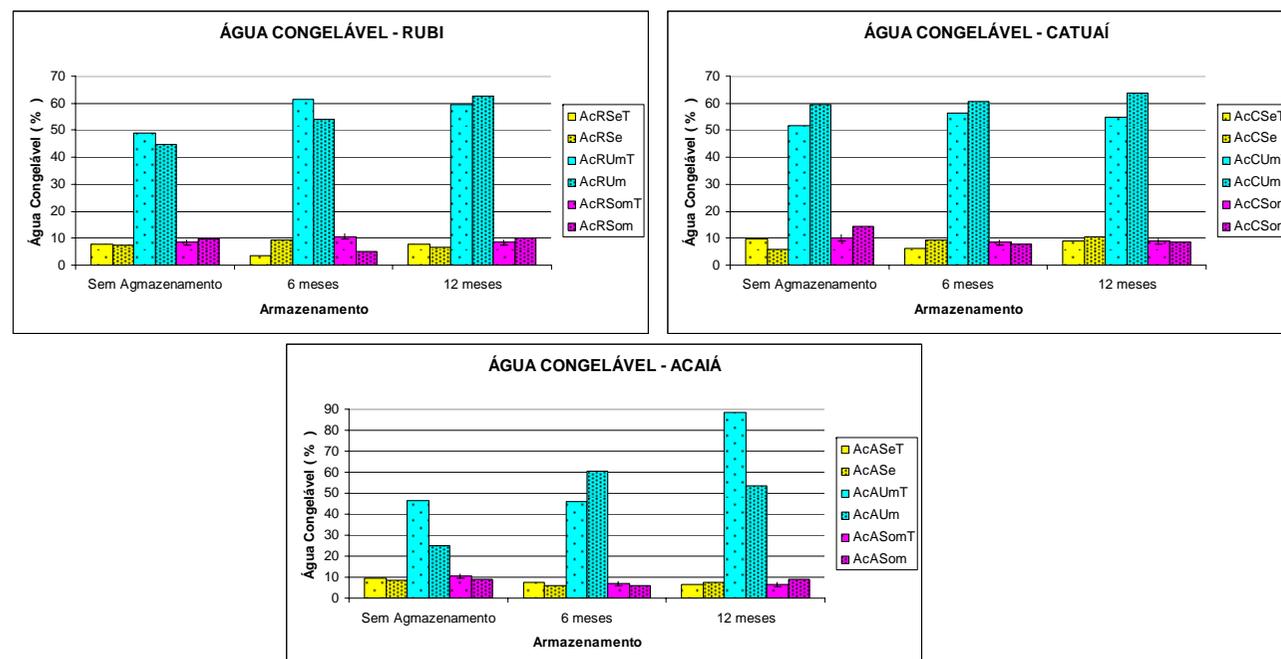


Figura 4 Água congelável (Ac) em sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Rubi (R), Catuaí (C) e Acaí (A), secas em secador (Sec), não secas (U) e secas à sombra (Som), tratadas (T) e não tratadas, sem armazenamento e armazenadas por 6 e 12 meses.

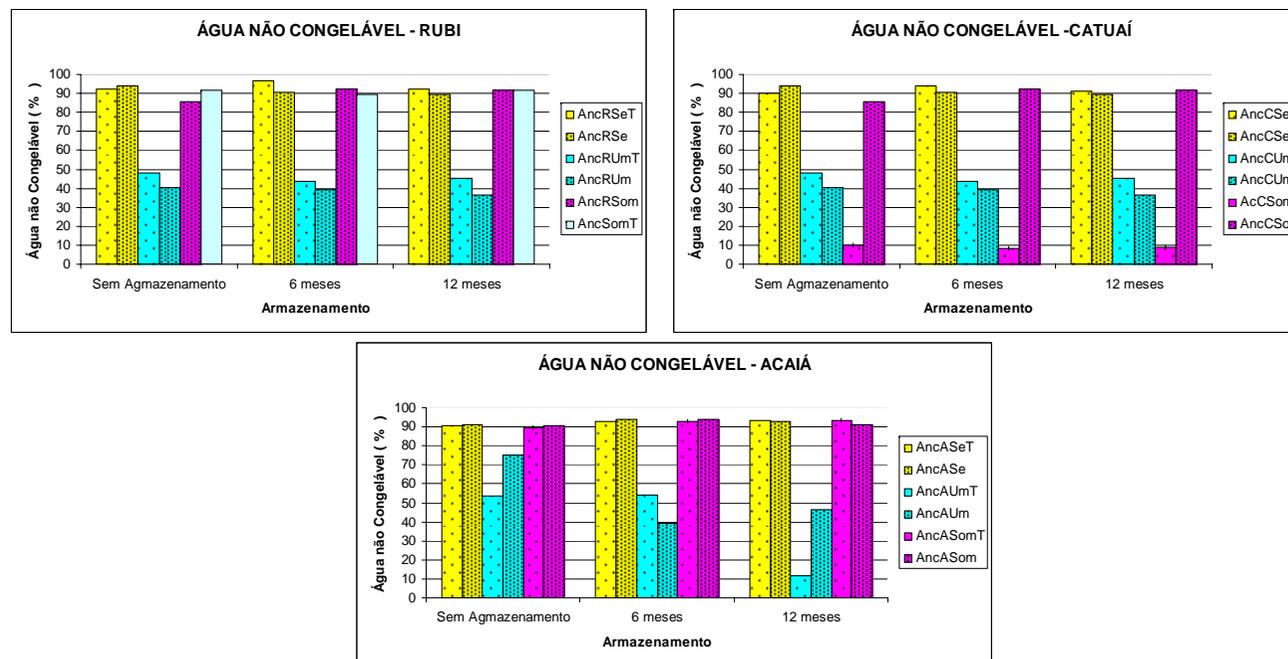


Figura 5 Água não congelável (Anc) em sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Rubi (R), Catuaí (C) e Acaiá (A), secas em secador (Sec), não secas (U) e secas à sombra (Som), tratadas (T) e não tratadas, sem armazenamento e armazenadas por 6 e 12 meses.

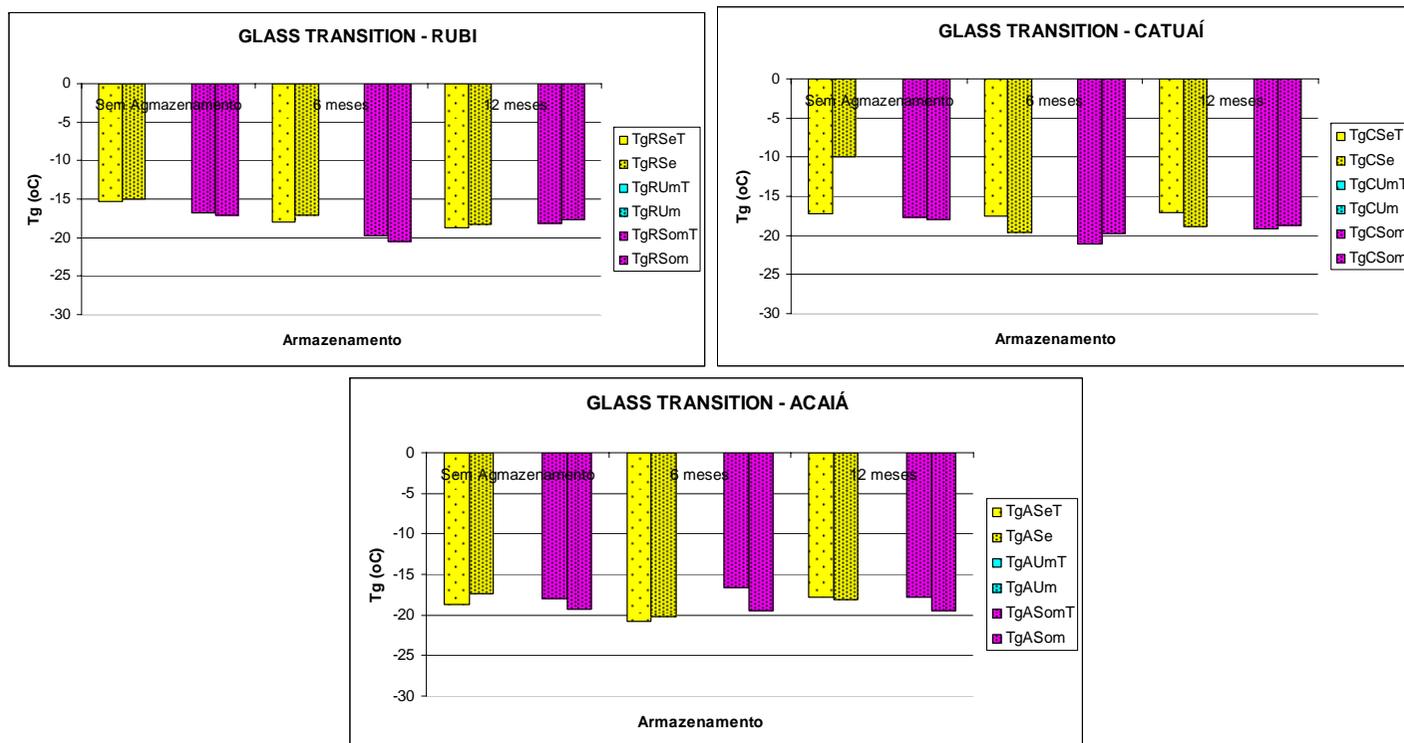


Figura 6 Temperatura de formação de vidro intracelular (Tg) em sementes de *Coffea arabica* L., cultivares Rubi (R), Catuaí (C) e Acaí (A), secas em secador (Sec), não secas (U) e secas à sombra (Som), tratadas (T) e não tratadas, sem armazenamento e armazenadas por 6 e 12 meses.

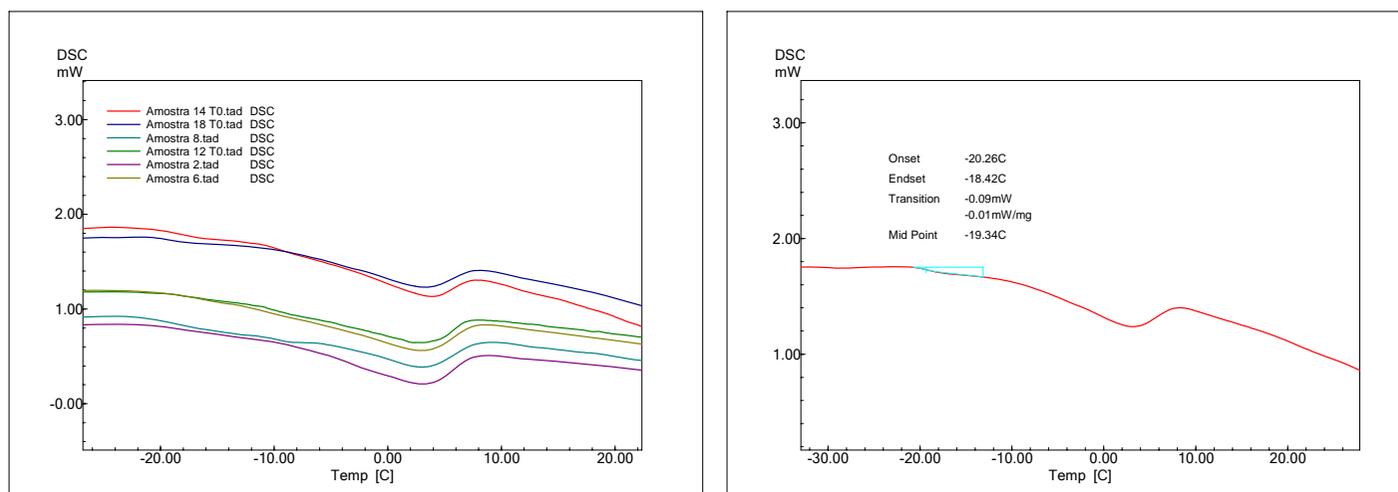


Figura 7 Termogramas de DSC de amostras de sementes de *Coffea arabica* L. mostrando mudanças no fluxo de calor ou ponto de inflexão da *baseline* atribuídas às transições vítreas. Amostras foram equilibradas a -50°C , mantidas isotermicamente por 2 minutos e aquecidas à taxa de $5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ até 50°C em DSC Shimadzu.

3 CONCLUSÃO

Os resultados das análises térmicas indicam que a sensibilidade de sementes de café à dessecação e a baixa longevidade não estão relacionadas às propriedades térmicas da água e aos parâmetros da vitrificação.

REFERÊNCIAS

- BERJAK, P. Unifying perspectives of some mechanisms basic to desiccation tolerance across life forms. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 16, n. 1, p. 1-15, Mar. 2006.
- BERJAK, P. et al. Recalcitrant (homoiohydrous) seeds: the enigma of their desiccation-sensitivity. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 18, n. 2, p. 297-310, Apr. 1990.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W.; VERTUCCI, C. W. Homoiohydrous (recalcitrant) seeds: developmental status, desiccation sensitivity and the state of water in exes of *Landolphia kirkii* Dyer. **Planta**, Berlin, v. 186, n. 2, p. 249-261, Jan. 1992.
- BERJAK, P.; VERTUCCI, C. W.; PAMMENTER, N. W. Effects of developmental status and dehydration rate on characteristics of water and desiccation-sensitivity in recalcitrant seeds of *Camellia sinensis*. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, n. 3, p. 155-166, Sept. 1993.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1985. 367 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BRUNI, F.; LEOPOLD, A. C. Glass transition in soybean seed: relevance to anhydrous biology. **Plant Physiology**, Washington, v. 96, n. 2, p. 660-663, Feb. 1991.

BUITINK, J. et al. Calorimetric properties of dehydrating pollen: analysis of a desiccation-tolerant and intolerant species. **Plant Physiology**, Washington, v. 111, n. 1, p. 235-242, Jan. 1996.

BUITINK, J.; HEMMINGA, M. A.; HOEKSTRA, F. A. Is there a role for oligosaccharides in seed longevity?: an assessment of intracellular glass stability. **Plant Physiology**, Washington, v. 122, n. 4, p. 1217-1224, Apr. 2000.

BURKE, M. J. The glassy state and survival of anhydrous biological systems. In: LEOPOLD, A. C. (Ed.). **Membrane, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Cornell University, 1986. p. 358-363.

CLEGG, J. S. The physical properties and metabolic status of *Artemia* cysts at low water contents: the "water replacement hypothesis". In: LEOPOLD, A. C. (Ed.). **Membranes, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Cornell University, 1986. p. 169-187.

DUSSERT, S. et al. Oxidative stress, phospholipid loss and lipid hydrolysis during drying and storage of intermediate seeds. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 127, n. 2, p. 192-204, Apr. 2006.

EIRA, M. T. S. et al. Tolerance of coffee spp. seeds to desiccation and low temperature. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 97-105, ago. 1999.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?: I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, Sept. 1990.

_____. An intermediate category of seed storage behavior?: II., effects of provenance, immaturity, and imbibition on desiccation-tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 238, p. 653-657, May 1991.

ESTANISLAU, W. T. **Modelo funcional de desenvolvimento de sementes de cafeeiro (*Coffea Arabica* L.)**. 2002. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

GUIMARÃES, R. M. et al. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 128-139, jan./fev. 2002.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Development of desiccation tolerance in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seeds during maturation drying. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, n. 3, p. 169-172, July 1992.

KOSTER, K. L. Glass formation and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Washington, v. 96, n. 1, p. 302-304, Jan. 1991.

LEOPOLD, A. C.; SUN, W. Q.; BERNAL-LUGO, I. The glassy state in seeds: analysis and function. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 3, p. 267-274, Sept. 1994.

LEOPOLD, A. C.; VERTUCCI, C. W. Physical attributes of desiccated seeds. In: LEOPOLD, A. C. (Ed.). **Membranes, metabolism and dry organisms**. Ithaca: Cornell University, 1986. p. 22-34.

LEPRINCE, O. et al. The expression of desiccation-induced damage in orthodox seeds is a function of oxygen and temperature. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 2, p. 233-240, 1995.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, p. 231-246, 1993.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination: aid seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

ROBERTS, E. H.; ELLIS, R. H. Water and seeds survival. **Annals of Botany**, London, v. 63, n. 1, p. 39-52, Jan. 1989.

ROSA, S. D. V. F. da et al. Effects of different drying rates on the physiological quality of *Coffea canephora* Pierre seeds. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 199-205, Mar./Apr. 2005.

ROSA, S. D. V. F. da et al. Stores coffee seeds do not produce seedlings appropriate for planting. **Seed Science and Technology**, Zurich, 2010. In press.

SILVA, E. A. A. da et al. Abscisic acid controls embryo growth potential and endosperm cap weakening during coffee (*Coffea arabica* L. cv. Rubi) seed germination. **Planta**, Berlin, v. 220, n. 2, p. 251-261, Dec. 2004.

SUN, W. Q.; IRVING, T. C.; LEOPOLD, A. C. The role of sugar, vitrification and membrane phase transition in seed desiccation tolerance. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 4, p. 621-628, Apr. 1994.

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

VERTUCCI, C. W. Calorimetric studies of the state of water in seed tissues. **Biophysical Journal**, New York, v. 58, n. 6, p. 1463-1471, Dec. 1990.

_____. The effects of low water contents on physiological activities of seeds. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 77, n. 1, p. 172-176, Apr. 1989.

VERTUCCI, C. W. et al. Physical properties of water in *Zizania* embryos in relation of maturity status, moisture content and temperature. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 2, p. 211-224, June 1994.

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, A. C. The relationship between water binding and desiccation tolerance in tissues. **Plant Physiology**, Washington, v. 85, n. 1, p. 232-238, Feb. 1987.

WALTERS, C.; RIED, J. L.; WALKER-SIMMONS, M. K. Heat-soluble proteins extracted from wheat embryos have tightly bound sugars and hydration properties. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 7, n. 2, p. 125-134, June 1997.

WELBAUM, G. E.; BRADFORD, K. J. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 40, n. 3, p. 1355-1362, Mar. 1989.

WILLIAMS, R. J.; LEOPOLD, A. C. Changes in glass transition temperatures in germinating pea seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 5, n. 2, p. 117-120, June 1995.

_____. The glassy state in corn embryos. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 89, n. 3, p. 977-981, Mar. 1989.