

**ARMAZENABILIDADE DE SEMENTES DE
Coffea arabica L. e de *Coffea canephora* Pierre,
SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE
DESMUCILAGEM E DE SECAGEM**

DINARA MATTIOLI LIMA

2005

DINARA MATTIOLI LIMA

ARMAZENABILIDADE DE SEMENTES DE *Coffea arabica* L. e de *Coffea canephora* Pierre, SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE DESMUCILAGEM E DE SECAGEM

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

Orientadora

Profa. Dra. Édila Vilela Resende Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

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

Lima, Dinara Mattioli

Armazenabilidade de sementes de *Coffea arabica* L. e de *Coffea canephora* Pierre, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem / Dinara Mattioli Lima. -- Lavras : UFLA, 2005.

106 p. : il.

Orientador: Édila Vilela Resende Von Pinho

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Desmucilagem. 3. Secagem. 4. Armazenamento. 5. Qualidade fisiológica. 6. Qualidade sanitária. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.736

DINARA MATTIOLI LIMA

ARMAZENABILIDADE DE SEMENTES DE *Coffea arabica* L. e de *Coffea canephora* Pierre, SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE DESMUCILAGEM E DE SECAGEM

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

APROVADA em 10 de agosto de 2005

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa	Embrapa Café
Dra. Lílian Padilha	Embrapa Milho e Sorgo
Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Prof. Dr. João Almir Oliveira	UFLA

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

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

“ Tudo tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo propósito debaixo do céu:
há tempo de nascer e tempo de morrer;
tempo de SEMEAR e tempo de colher o que se semeou;
tempo de matar e tempo de curar;
tempo de derrubar e tempo de construir;
há tempo de ficar triste e tempo de se alegrar;
tempo de chorar e tempo de dançar;
tempo de espalhar pedras e de ajuntá-las;
tempo de abraçar e tempo de afastar;
há tempo de procurar e tempo de perder;
tempo de guardar e de desperdiçar;
tempo de rasgar e tempo de remendar;
tempo de ficar calado e tempo de falar;
há tempo de AMAR e tempo de aborrecer;
tempo de guerra e tempo de paz”.

(Eclesiastes 3: 1-8)

A Deus, pela vida e por me ter dado força e coragem para a realização deste trabalho,

A memória dos meus saudosos,

Emílio Mattioli e Terezinha Morais Mattioli,

meus exemplos de vida e de dedicação,

DEDICO.

Aos meus filhos Mayck e

Maylla, que sempre foram

meu estímulo e ao meu

esposo Sérgio, pelo amor,

compreensão e

companheirismo.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade.

Ao Departamento de Agricultura e em especial o Setor de Sementes e o Setor de Cafeicultura, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

À Profa. Édila Vilela de Resende Von Pinho, pela excelente orientação, dedicação, disponibilidade, incentivo e amizade.

À Pesquisadora da Embrapa Café, Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, pela co-orientação neste trabalho, pela amizade, participação e valiosas contribuições.

À Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Lílian Padilha, pelas inúmeras contribuições.

Aos Professores Renato Mendes Guimarães e João Almir de Oliveira, pelas sugestões e amizade.

À Professora Maria Laene Moreira de Carvalho, pelo convívio e colaboração.

Ao Prof. Samuel Pereira Carvalho, pelo apoio e disponibilidade.

Ao Professor Paulo César Lima, pelas contribuições na análise estatística.

Ao INCAPER, na pessoa do Dr. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca, por ter cedido os frutos da cultivar Robusta Tropical.

Ao IMA, na pessoa do Dr. Adauto Pinheiro da Motta Paes, pela compreensão e liberação na etapa final deste trabalho.

À bolsista de iniciação científica, Adriana Barros Rodrigues, pela ajuda, dedicação, amizade e convivência durante a realização do trabalho.

À Doutora Solange Carvalho Barrios Roveri José e à laboratorista Maria Aparecida Gomes Souza Dias, pelo auxílio na quantificação dos açúcares.

Aos amigos Brandão, Anderson, Max, Renatinha, Elisa, Ana Lúcia, Kalinka e Maria de Lourdes, pela ajuda, amizade e convívio no decorrer do curso.

Às amigas do Laboratório de Sementes da UFLA, Dalva, Andréa, Dona Elza e Elenir, pelo convívio, ajuda e amizade.

Aos funcionários do Setor de Cafeicultura, José Maurício, Avelino e Marcinho, pela ajuda no processamento das sementes.

Ao Uéden, Gilvani, Priscilla, Pollyana, Palloma, Toninho, Débora, Pâmela e Cigiani, pelo apoio, incentivo e colaboração.

À minha funcionária Lílian pela compreensão, ajuda e amizade.

A todos os meus amigos e colegas do Setor de Sementes, pelo auxílio e convivência amiga durante a realização do curso.

MUITO OBRIGADA !

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Avaliações.....	25
3.1.1 Teor de água das sementes.....	26
3.1.2 Teste de germinação.....	26
3.1.3 Teste de emergência e índice de velocidade de emergência.....	26
3.1.4 Teste de condutividade elétrica	27
3.1.5 Teste de sanidade.....	28
3.1.6 Polifenóis.....	28
3.1.7 Polifenoloxidase.....	28
3.1.8 Análise isoenzimática.....	29
3.1.9 Análise eletroforética de proteínas resistentes ao calor.....	29
3.1.10 Conteúdo de açúcares	30
3.2 Procedimento estatístico.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Teor de água, tempo e velocidade de secagem.....	32
4.2 Cultivar Acaiá.....	35
4.2.1 Teste de germinação.....	35
4.2.2 Teste de emergência.....	41
4.2.3 Índice de velocidade de emergência.....	45

4.2.4 Teste de condutividade elétrica.....	48
4.2.5 Polifenóis.....	51
4.2.6 Polifenoloxidase.....	54
4.2.7 Conteúdo de açúcares.....	57
4.2.8 Análise eletroforética de proteínas resistentes ao calor.....	61
4.2.9 Atividade isoenzimática.....	62
4.3 Cultivar Robusta Tropical.....	67
4.3.1 Teste de germinação.....	67
4.3.2 Teste de emergência.....	71
4.3.3 Índice de velocidade de emergência.....	73
4.3.4 Teste de condutividade elétrica.....	76
4.3.5 Polifenóis.....	79
4.3.6 Polifenoloxidase.....	80
4.3.7 Conteúdo de açúcares.....	82
4.3.8 Análise eletroforética de proteínas resistentes ao calor.....	85
4.3.9 Atividade isoenzimática.....	86
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	87
6 CONCLUSÕES.....	88
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS.....	104

RESUMO

LIMA, Dinara Mattioli. **Armazenabilidade de sementes de *Coffea arabica* L. e de *Coffea canephora* Pierre, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem.** 2005. 106 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Os métodos de desmucilagem e de secagem podem influenciar na qualidade das sementes de café, principalmente em função das suas particularidades. O objetivo dessa pesquisa foi o de avaliar a influência de diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, bem como a interação desses fatores sobre a qualidade e potencial de armazenamento das sementes de *C. arabica* cv. Acaia e de *C. canephora* cv. Robusta Tropical. Os frutos foram colhidos no estádio cereja e despolpados mecanicamente. A retirada de mucilagem foi feita pelos processos de fermentação natural em água por 24 horas, de desmucilagem mecânica e de imersão em solução de hidróxido de sódio a 0,05% por 1 minuto. Após a desmucilagem, as sementes foram submetidas aos seguintes processos de secagem: natural, realizada à sombra e em terreiro suspenso e artificial, realizada em secador a 35°C, para a cv. Acaia e, na sombra e em secador, para a cv. Robusta. Todos os processos de secagem foram conduzidos até as sementes atingirem 12% de teor de água, para a cv. Acaia e 18%, para a cv. Robusta. As avaliações foram feitas após a secagem e aos quatro e oito meses de armazenamento, nas sementes da cv. Acaia e após dois e quatro meses, nas da cv. Robusta. As sementes foram armazenadas a 10°C em embalagens herméticas. Foram realizados os testes de germinação, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica, além de análises eletroforéticas de proteínas resistentes ao calor e isoenzimas, e quantificação da polifenoloxidase, polifenóis e açúcares. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3x3 (3 processos de desmucilagem, 3 métodos de secagem, 3 épocas), para as sementes da cv. Acaia e 3x2x3 para as de 'Robusta' (2 métodos de secagem: secador e sombra). Foram observadas diferenças significativas entre os métodos de desmucilagem, entre métodos de secagem, bem como para a interação entre esses dois fatores. Dessa forma, a escolha do método de secagem a ser utilizado em sementes de cafeeiro depende do método de desmucilagem adotado. A desmucilagem mecânica e fermentação em água e secagem à sombra propiciam melhor qualidade para as sementes da cultivar Acaia.

* Comitê Orientador: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Orientador), Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa – Embrapa Café (Co-orientador), Samuel Pereira Carvalho - UFLA

ABSTRACT

LIMA, Dinara Mattioli. **Storage of *Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre seeds submitted to different demucilage and drying methods.** 2006. 106p. Thesis (Doctorate in Crop Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil*.

The drying and demucilage methods can influence in seed coffee quality, mainly based in the functions of these ones. The objective of this research was to evaluate the influence of different methods of demucilage and drying, as well as the interaction of these factors on quality and potential storage of seeds of *C. arabica* cv. Acaiá and *C. canephora* cv. Robusta Tropical. The fruits were harvested on cherry stage and despulped mechanically. The mucilage removal was made by the processes of natural fermentation with water during 24 hours, the utilization of mechanical demucilage and the immersion in sodium hydroxide 0,05% during/minute. After, the seeds were submitted to the following process of drying: natural, realized in shading and in artificial ground level, made in drier with temperature at 35°C. The evaluations were made immediately after the drying treatments and after four and eight months of storage, in seeds of cv. Acaiá, and after two and four months in the cv. Robusta Tropical. The seeds were stored at 10°C in hermetic packages. There were realized germination tests, emergence speed index and electric conductivity, in addition to electrophoretic analysis of proteins resistant to heat and esoenzymes; and the quantification of polyphenoloxidase, poliphenols and sugars. All the process of drying were realized until the seeds reach 12% of water level, in seeds of cv. Acaiá, and 18% in seeds of Robusta Tropical. The experimental design used was fully randomized in factorial scheme 3x3 (3 process of demucilage, 3 methods of drying), for seeds of cv. Acaiá and 3x2 for the Robusta (2 methods of drying: drying and shading). There were observed significant differences among the demucilage methods, among drying methods, as well as the interaction between the two factors. In this way, to select the drying method to be used in coffee seeds depends of the demucilage

* Guidance Committee: Profa. Dra. Édila Vilela de Rezende Von Pinho - UFLA (Adveser), Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa – Embrapa Café (co-adveser), Samuel Pereira Carvalho – UFLA.

method adapted. Mechanical demucilage and fermentation in H₂O and drying on shading conditions originated the best quality for cv. Acaiá.

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 mão-de-obra nas diferentes etapas do processo produtivo.

O setor da produção cafeeira no Brasil, é representado por, aproximadamente, 320.000 propriedades cafeeiras, na maioria pequenas propriedades e 5,2 bilhões de covas implantadas em uma área de 2,19 milhões de hectares distribuídos em vários estados brasileiros (Carvalhoes..., 2005).

A área plantada com o cafeeiro no Brasil vem sofrendo grande expansão, tanto nas regiões tradicionalmente produtoras como em novas fronteiras de produção, principalmente pelo reflexo do aumento do preço dessa *commodity*. No estado de Minas Gerais, segundo dados da CONAB (2005), a safra 2005/2006 apresenta uma expansão na área em produção de 1,9% em relação à safra 2004/2005.

Diante do exposto, observa-se que a demanda por mudas de cafeeiro para garantir a população de plantas no país é muito grande. Sendo a instalação de lavouras de *Coffea arabica* L. realizada por meio de mudas obtidas a partir de sementes, é de suma importância o uso de sementes de alta qualidade, para garantir a obtenção de mudas vigorosas e, conseqüentemente, a produtividade da lavoura.

Sabe-se, no entanto, que a manutenção da qualidade das sementes de cafeeiro durante o armazenamento constitui uma das maiores dificuldades encontradas pelos produtores de mudas. Isso se deve ao fato das sementes de cafeeiro perderem a viabilidade rapidamente, dificultando a sua utilização por um período mais prolongado. Esse baixo potencial de armazenabilidade

faz com que a formação de mudas seja iniciada logo após a colheita das sementes e, sendo a época do transplantio, muitas vezes, coincidente com o fim do período das águas, aumentam as perdas com o replantio. Além da disponibilidade das mudas em épocas adequadas, a conservação das sementes de café é também importante para a preservação do material genético.

São vários os fatores que influenciam na qualidade das sementes de café. Dentre esses, o processamento parece influenciar sobremaneira principalmente em função das particularidades que as mesmas possuem. O processamento inicia-se com o despulpamento das sementes, após a colheita. Na seqüência, é realizada a desmucilagem, ou degomagem, que consiste na retirada da mucilagem aderida ao endocarpo; em seguida, as sementes são submetidas à secagem. Nesse sentido, muita atenção deverá ser dada durante o processamento das sementes, incluindo estudos relacionados à sensibilidade à dessecação e às condições de armazenamento que possibilitem a manutenção da viabilidade por maiores períodos.

Sabe-se que essas operações, se mal conduzidas, podem trazer sérios problemas para a qualidade e a conservação das sementes de café. No entanto, ainda existem controvérsias quanto aos métodos de desmucilagem, de secagem e de armazenamento de sementes de café, sendo poucos os estudos relacionados à interação desses fatores sobre a qualidade das sementes. Assim, nessa pesquisa, foi avaliada a influência dos diferentes métodos de desmucilagem e de secagem sobre a qualidade das sementes de café durante o armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O gênero *Coffea* reúne em torno de 100 espécies. Dentre as mais conhecidas, *Coffea arabica* L. (café arábica) e *C. canephora* Pierre (café robusta) são as duas mais importantes. Elas representam praticamente todo o café produzido e comercializado no mundo, sendo cerca de 70% de café arábica e 30% do robusta. No Brasil, cerca de 74% da produção são provenientes de lavouras formadas com cultivares da espécie *Coffea arabica* L. e apenas 26% de cultivares da espécie *C. canephora* Pierre (Matiello, 2004).

Atualmente, a forma mais utilizada para a propagação do cafeeiro é por meio de mudas a partir de sementes. A utilização de sementes de boa qualidade possibilita a obtenção de uma boa emergência e de plantas vigorosas e uniformes, com reflexos diretos na produtividade.

Devido ao aprimoramento tecnológico dos agricultores e ao aumento da área cultivada, a demanda por sementes com alta qualidade tem aumentado significativamente.

Normalmente, a colheita do fruto de café para a obtenção de sementes é realizada manualmente, quando as sementes atingem a maturidade fisiológica o que, na prática, coincide com o estágio de desenvolvimento do fruto conhecido como “cereja”.

O fruto do cafeeiro é uma drupa elipsóide que possui o exocarpo (casca), o mesocarpo (mucilagem) e o endocarpo coriáceo (pergaminho). O exocarpo é a camada mais externa e pode ser vermelho ou amarelo, no fruto maduro, dependendo da cultivar. O mesocarpo é uma substância gelatinosa rica em açúcares e água, existente entre o exocarpo e o endocarpo. O endocarpo, também chamado de pergaminho, é coriáceo, quando maduro (Rena & Maestri,

1986). O fruto contém, normalmente, dois locus e duas sementes envolvidas individualmente pelo pergaminho.

As sementes do cafeeiro são plano-convexas, elípticas ou ovais, sulcadas longitudinalmente na face plana e constituem-se de embrião, endosperma e um envoltório, representado por uma película prateada ou espermoderma (Rena & Maestri, 1986). O endosperma constitui quase a totalidade do tecido da semente. O embrião do cafeeiro é pequeno (3 a 4 mm) e se localiza na base da semente, na sua face convexa, apresentando um hipocótilo (eixo embrionário) e dois cotilédones.

Após a colheita, são realizados o despulpamento, normalmente mecânico, com a eliminação da casca e polpa e a desmucilagem para a retirada da mucilagem aderida ao pergaminho. A mucilagem, altamente hidratada, rica em substâncias pécticas e açúcares, é um obstáculo à subsequente secagem das sementes, necessitando ser eliminada, mecanicamente ou por fermentação.

Clarke (1987) relatou a necessidade do processo de desmucilagem, uma vez que os resíduos da mucilagem aderidos ao endocarpo, ricos em carboidratos, podem constituir-se num substrato para o desenvolvimento de microrganismos. A fermentação natural, o processo mecânico, o químico ou a combinação mecânico-químico são práticas que podem ser utilizadas para a remoção da mucilagem (Matiello, 1997).

A mucilagem representa 5% do peso seco do fruto e é formada por uma camada de aproximadamente 0,5 a 2,0mm de espessura, estando fortemente aderida ao endocarpo, ou pergaminho, que envolve a semente de cafeeiro.

Do ponto de vista físico, a mucilagem é um sistema coloidal líquido, na forma de um hidrogel insolúvel, sendo constituída por 85% de água e 15% de sólidos; destes, 80% correspondem às substâncias pécticas e o restante é composto por açúcares. Componentes, como taninos e cafeína, podem não estar presentes na mucilagem. Entretanto, enzimas pectinolíticas estão presentes,

mas ainda não foram perfeitamente identificadas. A composição química da mucilagem do fruto de cafeeiro é formada por: 84,2% de água, 8,9% de proteína (N×6,25), 4,1% de açúcares, 0,91% de ácidos pécticos e 0,7% de cinzas, em base seca (Elias, 1978).

Essa composição torna a mucilagem um meio adequado ao desenvolvimento de microrganismos e às fermentações que propiciarão alterações, com conseqüente produção de compostos químicos, os quais, por difusão, penetram na semente modificando sua composição de forma detrimental à qualidade, na maioria dos casos (Carvalho, 1997).

Segundo Avallone et al. (2001), a celulose e as substâncias pépticas não são degradadas durante o processamento via fermentação natural. Após a fermentação, a mucilagem menos viscosa deve ser totalmente removida por lavagem, para evitar que se constituam substrato para microrganismos durante o armazenamento.

A desmucilagem pela fermentação natural é a mais utilizada e, normalmente, é realizada em tanques de alvenaria. A hidrólise promovida pela fermentação é completada, normalmente, num período de 24 horas, podendo ser variável em função da altitude e temperatura. Durante a fermentação, são produzidos ácidos que reduzem o pH inicial de 6,8 a 6,7 para 4,5 a 4,2 (Clarke, 1987). Segundo Wooton, citado por Clarke (1987), o ácido láctico e o acético são os predominantes durante a fermentação, sendo o ácido butírico e o propiônico formados nos estágios finais desse processo. De acordo com esse autor, quanto mais se prolongar o tempo para a fermentação, maior será a produção desses ácidos, o que pode levar à inibição da atividade de enzimas pépticas responsáveis pela quebra da mucilagem. Matiello (1997) ainda complementa que a demora da fermentação pode levar à redução de 1% a 5% no peso da semente devido à perda de produtos solúveis, como os fenóis e dipertenos, por osmose. O final do processo de desmucilagem pode ser caracterizado pelo atrito das

sementes ao serem esfregadas com as mãos. Após a fermentação, as sementes deverão ser lavadas para a retirada completa da mucilagem.

O processo mecânico é realizado em equipamentos denominados desmuciladores, por meio do atrito das sementes umas contra as outras e contra a parede do equipamento, e pela injeção de água sob pressão. No desmucilador DMV da Pinhalense, um helicóide movimentada a semente em um cilindro canelado com pequeno fluxo de água (Matiello, 1997).

A utilização do processo químico de desmucilagem, apesar de pouco difundido, apresenta-se como uma alternativa rápida para a retirada da mucilagem das sementes de cafeeiro. Teixeira & Nogueira (1976) verificaram que produtos à base de sal de óxido ácido com óxido básico e também de silicato de sais alcalinos favorecem a rápida degomagem das sementes e não influenciam a germinação das sementes. Resultado semelhante foi obtido por Prado Filho et al. (1984), quando utilizaram a soda cáustica no processo de degomagem das sementes. Dias & Barros (1993a) submeteram sementes da cv. Catuaí Amarelo à degomagem pela fermentação natural, fermentação natural + hipoclorito de sódio, imersão em hidróxido de sódio (soda cáustica) e hidróxido de sódio + hipoclorito de sódio. As sementes foram armazenadas por 8 meses e, após esse período, não foi detectado efeito dos tratamentos sobre a qualidade das sementes. No entanto, Lima et al. (2003) observaram diferenças significativas entre os processos de degomagem: fermentação natural em água, fermentação natural sem água, degomagem mecânica e imersão em solução de hidróxido de sódio a 0,05% por um minuto, sobre a qualidade fisiológica de sementes da cultivar Acaiaí.

Após a desmucilagem e lavagem, as sementes devem ser secas, uma vez que as mesmas contêm cerca de 50% de umidade (Rena & Maestri, 1986). Nessa condição, a atividade metabólica da semente é alta, propiciando o desenvolvimento de fungos e insetos, o que acarreta uma rápida deterioração. A

remoção da umidade pelo processo de secagem natural ou artificial torna viável a conservação de sementes, que toleram a dessecação, durante o armazenamento (Carvalho & Nakagawa, 1988).

Segundo Araújo (1988) e Miglioranza (1982), o teor de água ideal das sementes de *Coffea arabica* durante o armazenamento é de 9%, porém, se conservadas em embalagem permeável, em condições de temperatura e umidade controladas, o melhor teor de água para uma longevidade superior a 9 meses é de 48%.

A secagem das sementes de cafeeiro recém-colhidas torna-se recomendada na maioria dos casos, pois o armazenamento com altos teores de água é uma das principais causas da perda do poder germinativo e do vigor de sementes. A secagem pode causar alterações químicas, físicas e biológicas nas sementes, e sua escolha deve ser feita tendo em vista os efeitos que possa ter sobre sua qualidade (Villela, 1991).

Para sementes de cafeeiro, Bacchi (1955) observou que a secagem natural (à sombra e a pleno sol) e a artificial (em secadores, a temperaturas próximas a 40°C) não afetaram a viabilidade das sementes de *C. arabica* cv. Typica, desde que o teor de água das sementes fosse mantido acima do limite crítico de 8% a 9%. Por outro lado, Macedo (1957) observou que as radiações solares exerceram uma ação prejudicial à capacidade germinativa das sementes de *C. arabica*, mesmo não havendo excessiva desidratação, recomendando a exposição ao sol por um período de até 10 horas e completando a secagem à sombra. Rodrigues (1965) afirmou que as sementes de *C. arabica* devem ser secas à sombra, sem, no entanto, atingirem valores de teores de água inferiores a 25%, o que causaria a perda do poder germinativo rapidamente.

Arcila-Pulgarín (1976) afirma que sementes de *C. arabica* cv. Caturra podem ser secas artificialmente, para teores de água de 12% a 13%, sob temperatura de até 45°C, e ainda manter valores de germinação de 95%.

Valio (1976) observou que a viabilidade das sementes pode ser estendida quando forem conservadas com teor de água de 40%. Por outro lado, Araújo (1988) ressaltou que sementes de *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho, secas sob temperatura do ar em torno de 40°C, apresentaram danos latentes quando armazenadas com teor de água em torno ou acima de 13%. Ainda de acordo com este autor, na maioria dos trabalhos até então realizados não se avaliou o efeito da secagem após determinado período de armazenamento.

Segundo Sierra-Garzón et al. (1989), a germinação de sementes de *C. arabica* cv. Caturra é reduzida quando o aquecimento da massa de sementes alcança temperaturas superiores a 40°C. A redução é mais drástica quando o teor de água das sementes atinge valores menores que 10%.

Métodos de secagem de sementes de café foram avaliados por Andreoli (1992) para *C. canephora*, cv. Guarini e por Vasconcelos et al. (1992) para *C. arabica*, cv. Catuaí Vermelho. Para estes autores, o teor de água exerce maior influência sobre a qualidade das sementes do que o processo de secagem. Para obter melhor qualidade, as sementes devem ser secas até 35% de teor de água e armazenadas em sacarias de polietileno.

Octaviani et al. (1999) avaliaram a influência do processo de secagem natural e da aplicação de Benomyl na qualidade fisiológica de sementes de sete cultivares de *C. arabica*. As sementes secas em terreiro, ao sol, por 13 a 20 horas, apresentaram maiores percentuais de germinação, porém, menores índices de vigor. A pré-secagem adotada, incluindo a secagem ao sol até as sementes atingirem o teor de água variável entre 25% a 36%, não propiciou sementes com percentual de germinação mínimo para a certificação (75%).

Para Octaviani et al. (2001), a secagem de sementes de *C. arabica* em terreiro propicia maiores percentuais de germinação e vigor, enquanto que a secagem em estufa a 45°C resulta em redução nos percentuais de germinação.

Isto foi observado mesmo quando a secagem foi realizada em terreiro, com altos valores de umidade relativa do ar.

Veiga (2005) observou que a secagem em secador a 35°C causou maiores prejuízos à qualidade das sementes de *C. arabica* cv. Rubi, colhidas no estádio cereja, fato confirmado nos testes de protrusão radicular, matéria seca de plântulas e índice de velocidade de emergência, quando comparada com a secagem à sombra. O autor não detectou diferenças entre os dois métodos de secagem quando as mesmas foram avaliadas pelos testes de germinação e condutividade elétrica.

Segundo Chalfoun & Carvalho (1998), uma modificação do terreiro tradicional, que consiste no uso de uma estrutura suspensa para a secagem do café, propicia redução da mão-de-obra e do tempo gasto para secagem, e melhor qualidade no produto final obtido, pois assim evita-se o contato direto dos grãos com o solo e desfavorece-se o ataque de microrganismos.

O método de secagem e o teor de água das sementes após a secagem podem influenciar o potencial de armazenabilidade das sementes, mas ainda são encontradas divergências nos resultados de pesquisas.

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos produtores de mudas é a manutenção da qualidade das sementes de cafeeiro durante o armazenamento. Desse modo, o período para a semeadura fica limitado, devendo esta ser realizada logo após a colheita, o que coincide a disponibilização de mudas com épocas que nem sempre são as mais adequadas para o plantio (Andreoli, 1992).

A longevidade das sementes está relacionada à tolerância à dessecação das mesmas. Roberts (1973) classificou as sementes, de acordo com a longevidade, em dois grupos: ortodoxas, que se mantêm viáveis por um maior período, quando armazenadas com teor de água e temperaturas baixas, e recalcitrantes que, ao contrário, conservam-se melhor com teor de água mais elevado e são sensíveis a baixas temperaturas.

Inicialmente, King & Roberts (1979) incluíram as sementes de cafeeiro no grupo das recalcitrantes, porém, Roberts et al. (1984) verificaram, mais tarde, que elas não eram verdadeiramente recalcitrantes e poderiam ser ortodoxas. Ellis et al. (1990) indicaram uma categoria intermediária para as sementes de cafeeiro ao observarem que sementes de quatro cultivares de *C. arabica* não tiveram a germinação reduzida quando secas até cerca de 10% de umidade, ocorrendo o inverso quando foram armazenadas sob temperaturas de 0°C e -20°C. Este comportamento é característico para sementes de categoria intermediária que podem resistir à desidratação até certo nível, mas têm sua armazenabilidade reduzida.

Existem diferenças nos níveis de sensibilidade à dessecação entre as espécies de *Coffea* spp. Essas diferenças podem ser atribuídas às relações filogenéticas, centro de origem e ou duração do estágio de desenvolvimento (Brandão Júnior, 2000).

Eira et al. (1999b) estudaram o efeito do teor de água e da temperatura de secagem na sobrevivência de sementes de *Coffea* spp, sugerindo que diferenças em níveis de tolerância à dessecação podem ser atribuídas à variação genética. *C. racemosa* apresentou-se como a espécie mais tolerante, enquanto *C. liberica* foi a mais sensível à desidratação. Foram ainda verificadas diferenças quanto à tolerância à dessecação entre cultivares e espécies similares. Nesta mesma linha, Brandão Júnior (2000) concluiu que sementes de *C. arabica* apresentaram comportamento intermediário para a tolerância a dessecação, sendo as de *C. canephora* intolerantes à dessecação.

Guimarães (2000) verificou redução no vigor e viabilidade das sementes de *C. arabica* cv. Rubi, colhidas nos estádios verde, verde-cana e cereja, quando submetidas a qualquer tipo de secagem. Isto demonstra o caráter de intolerância à dessecação das sementes de cafeeiro, embora essa influência não tenha se apresentado de maneira drástica e com limites de umidade altos como aqueles

apresentados em sementes tipicamente recalcitrantes.

A aquisição da tolerância à dessecação ocorre durante a maturação, antes que as sementes passem por uma severa redução no seu teor de água. Porém, não se pode determinar se a tolerância é adquirida antes ou em resposta à perda de água durante a maturação (Bewley, 1979).

A variação na resposta de sementes à desidratação depende do método e ou da velocidade com que a água é retirada (Pammenter & Berjak, 1999). Geralmente, após a maturidade, a capacidade das sementes menos tolerantes à desidratação e dos embriões isolados de reduzirem os teores de água é maior quanto mais cedo ocorrer a desidratação dos mesmos (Walters et al., 2001). Não é considerado que a secagem rápida induza alguma forma de tolerância à dessecação. No entanto, sabe-se que a rápida secagem não permite tempo suficiente para que se processem reações deletéricas que causam a perda da viabilidade (Pammenter et al., 1998).

Segundo Oliver & Bewley (1997), citados por Pammenter & Berjak (1999), maior tolerância à dessecação das sementes é observada na secagem lenta, devido ao tempo concedido para a indução e operação dos mecanismos de proteção. A secagem rápida impede os processos de recuperação, sendo necessário mais tempo para os reparos na reidratação. Entretanto, de acordo com Pammenter et al. (1991), sementes secas lentamente, por vários dias, continuam a metabolizar e desenvolverem-se até que um certo nível crítico de água seja atingido. Conseqüentemente, a tolerância à dessecação pode aumentar durante essa secagem lenta e, desse modo, a sua avaliação não corresponderá ao estágio de desenvolvimento em que se encontrava a semente antes do início da secagem.

Vários mecanismos têm sido envolvidos na aquisição e manutenção da tolerância à dessecação, conferindo proteção contra as conseqüências da perda de água. Porém, nenhum mecanismo é, por si só, responsável por essa

tolerância; cada componente é igualmente crítico, atuando em sinergismo (Leprince et al., 1993).

Segundo Guimarães (1999), sementes dispõem de alguns mecanismos de proteção capazes de manter os sistemas de membrana das células, as estruturas das macromoléculas e as substâncias de reserva em condições de readquirir suas funções fisiológicas quando as mesmas são reembebidas. O desenvolvimento desses mecanismos depende de características genéticas das espécies que determinam a presença de substâncias, como açúcares solúveis, antioxidantes, enzimas que atuam contra o sistema de oxidação lipídica e proteínas específicas (*late embryogenesis abundant proteins*, ou LEA proteínas). A presença destes mecanismos pode ser intensificada ou reduzida de acordo com a taxa de secagem ou com o meio ambiente no qual a semente se desenvolveu.

O acúmulo de açúcares não redutores tem sido associado com a aquisição de tolerância à dessecação. Existem evidências de que açúcares específicos, atuando como “substitutos da água”, podem prevenir os efeitos danosos da dessecação em sementes por estabilizarem membranas e proteínas, e ou pela formação de vidro no citoplasma (Leprince et al., 1993). Tecidos tolerantes têm sido caracterizados por apresentarem alta quantidade de sacarose e oligossacarídeos, como estaquiose e rafinose, e ausência ou reduzida quantidade de monossacarídeos redutores, como galactose, manose, frutose e glicose (Kuo et al., 1998 e Leprince et al., 1992). Os oligossacarídeos estão amplamente distribuídos em muitas espécies de sementes, localizados em tecidos que permanecem viáveis após a dessecação, incluindo o embrião e a camada de aleurona de cereais (Brenac et al., 1997).

As sementes de cafeeiro contêm uma diversidade de carboidratos que podem ser divididos em grupos distintos, de acordo com seus pesos moleculares. De acordo com Clark & Macrae (1985), os polissacarídeos são importantes constituintes da semente de cafeeiro e estão em quantidades que variam de

40% a 50%. Rinantonio (1987) verificou, para *Coffea arabica*, teores entre 55% a 65,5% de carboidratos, dos quais 6% a 12,5% de carboidratos solúveis, 34% a 53% de constituintes estruturais insolúveis e 1,0% a 3,0% de lignina.

A sacarose destaca-se como sendo o açúcar encontrado em maior quantidade na semente de cafeeiro. Clarke & Macrae (1985) relatam que os teores de sacarose dependem da espécie, variedade, estágio de maturação das sementes e das condições de processamento e armazenamento.

O efeito do processamento e do estágio de maturação dos frutos no teor de sacarose foi observado para as cultivares Catuaí Amarelo e Mundo Novo (OIC, 1992). Foi verificado maior teor desse açúcar em ‘Catuaí Amarelo’ processado pelo despulpamento e menor nos frutos verdes. Também os grãos cereja da cultivar Mundo Novo continham mais sacarose do que os verdes. Pereira et al (2001), avaliando a composição química dos grãos da cultivar Mundo Novo submetidos aos diferentes processamentos, observaram que os açúcares totais e os não-redutores não diferiram entre os tratamentos. No entanto, maiores teores de açúcares redutores foram encontrados em grãos no estágio cereja em relação aos grãos de café descascados e desmucilados. Segundo os autores, quando o fruto é secado com polpa e mucilagem, a qual é rica em açúcares, podem ocorrer translocações desses componentes químicos para o interior do grão.

A espécie *C. arabica* possui maiores teores de sacarose que a espécie *C. canephora*, tendo Rogers et al. (1999) observado o dobro em sementes de *C. arabica*, em relação ao *C. canephora*. Abraham (1992) encontrou porcentagem de sacarose, em base seca, de 6% a 10% para *C. arabica* e de 5% a 7% para *C. canephora*. Para os açúcares redutores, os teores encontrados foram de 0,1% a 1% em *C. arabica* e de 0,4% a 1% em *C. canephora*. Rotemberg & Iachan (1972), analisando *C. arabica* e *C. canephora*, encontraram 7,16% e 4,15% de sacarose e 0,46% e 0,33% de açúcares redutores, respectivamente.

A glicose e a frutose são os açúcares redutores encontrados em maior quantidade em sementes de cafeeiro, conforme indicam Rogers et al. (1999), sendo predominantes no início da maturação dos frutos.

De acordo com Wolfrom et al. (1961), citados por Silva (2002), o endosperma da semente de cafeeiro tem elevado conteúdo de polissacarídeos e é extremamente duro por causa da hemicelulose depositada nas espessas paredes celulares. A principal hemicelulose presente nas sementes de cafeeiro é uma manana insolúvel com 2% de galactose presente nas cadeias laterais que devem servir como carboidrato de reserva. As sementes de cafeeiro pertencem a um grupo de sementes que tem elevada quantidade de mananas.

Guimarães (2000), em estudos sobre o desenvolvimento de mecanismos de tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro em diferentes estádios de maturação, detectou apenas a sacarose nos embriões, não sendo encontrados açúcares como a glicose, rafinose e estaquiase. Entretanto, carboidratos sozinhos são, provavelmente, insuficientes para conferir tolerância à dessecação (LePrince et al., 1993). Além de mudanças no conteúdo de açúcares, durante a maturação das sementes, também ocorrem mudanças na natureza das proteínas. A dessecação de sementes em desenvolvimento é caracterizada pelo acúmulo de um grupo particular de mRNA e de proteína LEA.

Segundo Baker et al. (1988), LEA proteínas são robustas, ricas em glicina e outros aminoácidos hidrofílicos, apresentando poucos resíduos hidrofóbicos. São extraídas em condições de alta temperatura, não possuindo atividade catalítica aparente. Lane (1991) sugere que tais proteínas desempenham um papel estrutural como protetoras à dessecação. Elas podem se ligar à água e ou estar associadas com os açúcares, controlando a taxa de perda de água, mantendo, assim, a viabilidade das sementes ortodoxas no estado seco.

Estas proteínas, descobertas em embriões de algodão, são induzidas por ácido abscísico e acumuladas durante os estádios mais tardios do

desenvolvimento, em fase correspondente à aquisição de tolerância à dessecação (Bostock e Quatrano, citados por Leprince et al., 1993). A expressão das LEA proteínas cessa rapidamente após a germinação das sementes (Blackman et al., 1991; Blackman et al., 1992). Segundo Rosa (2004), proteínas LEA também se acumulam em embriões de sementes de milho durante a lenta secagem. Aplicando a eletroforese de proteínas em sementes de café cv. Rubi, colhidas nos estádios verde, verde-cana e cereja, Guimarães (2000) observou presença de bandas de proteínas resistentes ao calor em todos os estádios de desenvolvimento, independente da metodologia de secagem utilizada. Foi verificada a ausência de determinadas bandas destas proteínas nas sementes não submetidas à secagem, principalmente no estágio cereja. O autor relacionou este fato à intolerância à dessecação demonstrada por essas sementes. Estes resultados concordam com os de Veiga (2005), que verificou menor intensidade ou ausência da banda com peso molecular próximo a 25kDa, em sementes colhidas no estágio cereja e que não foram submetidas à secagem.

Uma resposta dos organismos quando submetidos à temperatura elevada é a produção de proteínas conhecidas como proteínas de choque térmico (*Heat Shock Proteins*–HSPs). Segundo Vertucci & Farrant (1995), a função das HSP tem sido relacionada tanto à preservação como ao reparo das estruturas macromoleculares durante a desidratação ou reidratação. As HSPs têm, geralmente, seu peso molecular conhecido como as HPS 110, HSP 100 e HSP 60. Dentre essas, as “*small Heat Shock Proteins* (sHSPs)” (Sun et al., 2002; Vierling, 1991) são as de maior ocorrência em plantas (Mansfield, 1987) e apresentam baixo peso molecular (de 15-30 kDa).

As sHSPs em plantas são codificadas por seis famílias de genes nucleares e cada família corresponde a proteínas encontradas em diferentes compartimentos celulares (Walters et al., 1997). No entanto, trabalhos visando à

detecção deste tipo de proteína e sua relação com a tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro são escassos.

O potencial para o armazenamento de um lote de sementes também é determinado pelo nível de deterioração das sementes no início do período de armazenamento. Para a conservação de sementes ortodoxas a longo prazo é necessário manter a atividade respiratória em níveis baixos, pela redução da temperatura ambiente e do teor de água das sementes. O teor de água das sementes é reduzido por equilíbrio em ambiente com baixa umidade relativa.

No gênero *Coffea*, as sementes apresentam comportamento intermediário entre ortodoxo e recalcitrante, e os estudos de armazenamento desenvolvidos até o momento não viabilizam a conservação das sementes por longo prazo. Várias tentativas têm sido realizadas para encontrar condições que permitam prolongar a viabilidade dessas sementes durante o armazenamento; no entanto, os resultados nem sempre são concordantes.

De modo geral, estudos conduzidos por Camargo et al. (1993), Dias & Barros (1993b) e Miranda et al. (1993) concluíram que, para a conservação de sementes de cafeeiro, são necessários valores altos de teor de água nas sementes. Por outro lado, métodos de armazenamento adequados à manutenção desse teor de água são, muitas vezes, onerosos e difíceis, tornando a sua utilização inviável. Além disso, a conservação de sementes com altos teores de água favorece a atividade de microrganismos que aceleram a deterioração das mesmas (Miranda & Valias, 1984).

Na literatura, resultados contrastantes têm sido relatados para técnicas de armazenamento de sementes de cafeeiro. Existem indicações para a conservação sob condições de temperatura ambiente e sementes com teor de água de 10% (Bacchi, 1958), sementes com 10% de teor de água e armazenadas a 10°C e com umidade relativa de 50% (Wellman & Tolle, 1960), armazenamento a 5°C com 35% a 55% de umidade relativa e sementes com teor de água entre 7,5%

e 11% (Haarer, 1962). Em outras pesquisas, a melhor conservação foi verificada em sementes armazenadas a 19°C com 100% de umidade relativa ou sementes com teor de água inicial de 40% (Couturon, 1980).

Bouharmont (1971) verificou que 50% das sementes com 12% de teor de água sobreviveram por 16 meses de armazenamento em temperatura ambiente com 100% de umidade relativa e apenas 6% sobreviveram a 60% de umidade relativa. Valio (1976) observou que a viabilidade de sementes armazenadas com 13% de teor de água sob temperatura ambiente foi completamente perdida após oito meses. Por outro lado, em sementes com 40% de teor de água, o autor detectou uma pequena redução na viabilidade, após doze meses de armazenamento.

Eira et al. (1999a) sugeriram que o armazenamento é possível desde que as sementes estejam com teor de água apropriado para a conservação sob a temperatura desejada. Assim, o nível crítico de água para a conservação de sementes de *C. arabica* a 5°C seria de 0,10g H₂O/g massa da matéria seca, 0,12g/g a -20°C e 0,20g/g em criopreservação (-196°C, em nitrogênio líquido).

Para Abdul-Baki & Anderson (1972), Delouche (1968), Anderson & Baker (1983), a deterioração de sementes é definida como toda e qualquer transformação degenerativa de origem bioquímica, física ou fisiológica. Trata-se de um processo contínuo e progressivo, sendo mínimo na maturidade. É variável entre as espécies, entre lotes de sementes da mesma espécie e entre sementes do mesmo lote.

A exata causa da perda de viabilidade de sementes ainda não está bem estabelecida. Segundo Villiers (1973), a perda da viabilidade de sementes no armazenamento é causada pela incapacidade dos sistemas de reparo de operar em tecidos com baixo conteúdo de água. Durante a deterioração, o primeiro componente da qualidade de sementes que se perde é o vigor, seguido pela perda

da capacidade de germinação e, finalmente, a morte (Matthews, 1985 e Trawatha et al., 1995).

Para Basavarajappa et al. (1991), as primeiras mudanças que afetam a qualidade das sementes têm sido atribuídas a vários processos bioquímicos, como denaturação de biomoléculas e acumulação de substâncias tóxicas, em adição ao comprometimento da integridade de membranas. Este último pode ser manifestado pela quebra da permeabilidade celular, resultando em um aumento da lixiviação de eletrólitos (De Paula et al., 1994, citados por De Paula et al., 1996).

As membranas celulares são citadas, também por outros autores, como um dos principais pontos de danos após secagem e podem ser um indicador precoce do dano pela lixiviação de várias soluções citoplasmáticas (Crowe & Crowe, 1989). Segundo Herter & Burris (1989), a injúria às membranas pela secagem, avaliada pelo teste de condutividade elétrica, teve maior importância, ou não, dependendo do genótipo, sendo que outros tipos de danos podem afetar a viabilidade sem aumentar os valores de condutividade elétrica. Resultados semelhantes foram observados por Roveri José (2003), em sementes de milho.

Em estudos sobre as alterações bioquímicas associadas à deterioração tem sido observado influência na atividade de certas enzimas (Brandão Júnior, 1996 e 2000; Camargo, 1998; Imolesi, 1999; Lima, 2001), além de estarem envolvidas com perdas na síntese de DNA, proteínas, lipídeos, aumento na quantidade de ácidos graxos livres e de produtos tóxicos às células (Copeland & MacDonald, 1995) e peroxidação de lipídeos, o qual parece ser o principal distúrbio (Khan et al., 1996). Enzimas, como catalase, peroxidase, glutamato redutase, ascorbato peroxidase, superóxido dismutase e polifenoloxidase atuam como removedoras de radicais livres e estão envolvidas no sistema de proteção contra a deterioração. Enzimas, como a esterase e fosfatase ácida, participam das reações de hidrólise de ésteres, podendo ter ação prejudicial sobre os

fosfolipídeos de membrana (Brandão Júnior, 1999; Chauhan et al., 1985; Vieira, 1996).

Malato desidrogenase (MDH-EC 1.1.1.37) e álcool desidrogenase (ADH-EC 1.1.1.1) são enzimas relacionadas à deterioração de sementes. A enzima MDH catalisa a reação de malato à oxaloacetato, tendo importante função no ciclo de Krebs, além de participar do movimento de malato através da membrana mitocondrial e fixação de CO₂ nas plantas (Conn & Stumpf, 1980).

A álcool desidrogenase atua no metabolismo anaeróbico de plantas, reduzindo o acetaldeído a etanol (Vantoi et al., 1987). De acordo com Sachs et al. (1980), a ADH está incluída em um pequeno grupo de polipeptídeos que é sintetizado em resposta às condições anaeróbicas; nessas condições, o ciclo de krebs é bloqueado, levando ao acúmulo de piruvato, cujo excesso é descarboxilado para acetaldeído que é o substrato para a ADH. Segundo Zhang et al. (1994), a produção de acetaldeído pelas sementes durante o armazenamento pode ser um importante fator que acelera a deterioração. Brandão Jr. et al. (1999) observaram uma correlação positiva entre viabilidade de sementes de milho e atividade da enzima álcool desidrogenase.

A isocitrato desidrogenase é uma das enzimas envolvidas na oxidação do ácido isocítrico e é encontrada nos tecidos de toda a planta (Tanksley & Orton, 1983).

Fosfatases representam um extenso grupo de enzimas no reino vegetal. A enzima fosfatase ácida (ACP-EC 3.1.3.2) participa em reações de hidrólise de ésteres, podendo atuar sobre fosfolipídios de membranas, provocando a peroxidação de lipídios. Rajagopal & Sen-Mandi (1992) observaram maior atividade dessa enzima em embriões de sementes de arroz envelhecidas artificialmente em relação a embriões de sementes envelhecidas naturalmente e a de não envelhecidas. Outra enzima que também participa da hidrólise de ésteres é a esterase (EST-EC 3.1.1.1). Shatters et al. (1994), trabalhando com

sementes de soja, observaram perda de 77% da atividade de duas esterases após 48 horas de envelhecimento e o aumento da atividade total dessa enzima com o envelhecimento.

Danos celulares causados pela peroxidação de lipídios podem ser reduzidos ou prevenidos por sistemas antioxidativos que estão presentes nos tecidos das plantas. Esses sistemas protetores são enzimáticos ou não, sendo um dos mais eficientes mecanismos de desintoxicação, no qual o peróxido de hidrogênio é removido (Foyer et al., 1994). A catalase é uma enzima que está envolvida na remoção de peróxido de hidrogênio (Smith, 1989). A redução na atividade dessa enzima, provavelmente, resulta de um decréscimo no nível de glutathione reduzido, reconhecido como um importante fator na prevenção de injúrias oxidativas.

A polifenoloxidase (PPO) é uma enzima cúprica (Robinson & Eskin, 1991) e, segundo vários autores, está diretamente relacionada com a qualidade da bebida do café (Amorim, 1978; Carvalho, 1997; Carvalho et al., 1997). Essa enzima no café, “in vivo”, se encontra ligada às membranas celulares e é ativada quando for liberada das mesmas. Ela já foi detectada nas diferentes partes do fruto de café. Quando ocorrem danos às membranas, essas enzimas são liberadas e ativadas, podendo reagir com substratos fenólicos intra e extracelulares, oxidando-os a quinonas (Amorim, 1978). Segundo Whitaker (1972), a atividade da polifenoloxidase é inibida pelas quinonas.

Alguns fatores, como tipo de cultivo, processamento e condições de armazenamento, têm sido associado com a diminuição na atividade da PPO (Oliveira et al., 1976; Valencia, 1972). Por outro lado, alguns outros fatores, como, por exemplo, o uso de inseticidas, podem diminuir a qualidade da bebida sem reduzir a atividade da PPO (Oliveira et al., 1979). Para Amorim (1978), o mecanismo de oxidação de polifenóis por enzimas como a polifenoloxidase é

um dos principais eventos bioquímicos indutores da redução da qualidade da bebida do café.

Os polifenóis estão presentes em quase todos os vegetais e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias, que podem apresentar estruturas químicas relativamente simples ou complexas, como taninos e ligninas. De modo geral, caracterizam-se por possuir, pelo menos, um anel aromático, no qual ao menos um hidrogênio é substituído por uma hidroxila (Carvalho et al. (2001). Eles são responsáveis pela adstringência dos frutos e, no caso do café, interferem no sabor e aroma (Menezes, 1990).

Os polifenóis são facilmente oxidáveis, tanto por enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais (como ferro e manganês), da luz e do calor, ou em meio alcalino, ocasionando o escurecimento de suas soluções ou dos compostos isolados (Carvalho et al., 2001).

Em geral, os polifenóis, incluindo os ácidos clorogênicos, são considerados produtos secundários em plantas, tendo como função o controle dos níveis de ácido indol acético. No caso do café, contudo, as concentrações desses ácidos são maiores do que na maioria das plantas, sugerindo algumas funções adicionais, como: proteção contra insetos, pássaros e mamíferos predatórios; proteção contra a invasão de microrganismos; sendo precursor da camada inicial protetora sintetizada no local de danos físicos na planta e sendo precursor na biossíntese da lignina, além de possível função na formação dos pigmentos verdes do grão (Clifford, 1985).

Segundo Amorim & Silva (1968), os polifenóis, além de funcionar em mecanismos de defesa das plantas, têm uma importante função antioxidante e de proteção dos aldeídos, destacando-se, dentre eles, os ácidos clorogênico e caféico. Assim, em virtude de qualquer condição adversa ao grão, ou seja, colheita inadequada, problemas no processamento e ou no armazenamento, as enzimas polifenoloxidasas são ativadas e agem sobre os polifenóis,

diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos. Isto facilita a oxidação destes componentes ao mesmo tempo em que se produzem quinonas, as quais agem como substrato inibidor da ação da polifenoloxidase. Devido a isso, os cafés que possuem o sabor afetado por condições adversas (pior qualidade) têm também baixa atividade da polifenoloxidase.

Carvalho et al. (1989), determinando os teores de compostos fenólicos totais em grãos de café, encontraram teores médios de 8,37% para frutos colhidos no estágio cereja e de 9,66% para mistura de frutos. Segundo os autores, os frutos verdes e em estádios próximos à maturação contribuem para elevação dos teores desses compostos. Esse comportamento foi confirmado por Pimenta & Vilela (2001) que observaram teores de compostos fenólicos superiores na colheita antecipada e diminuição gradativa dos mesmos com o amadurecimento dos frutos.

Ohiokpehai et al. (1982) verificaram que sementes velhas, além de menor atividade de polifenoloxidase, contêm menores quantidades de ácido clorogênico extraível. No entanto, Amorim et al. (1974) observaram que, em sementes novas de cafeeiro, os cafés de qualidade superior têm teores de ácido clorogênico significativamente menores, sugerindo que os teores deste ácido em cafés de qualidade inferior podem ser resultado do ataque de *Fusarium* sp., pois, danos mecânicos e químicos causados por microrganismos podem induzir à produção de maiores quantidades de compostos fenólicos.

De acordo com Menezes (1990) e Ohiokpehai et al. (1982), no processo final de maturação, os ácidos clorogênicos translocam-se do interior da semente para as camadas mais superficiais do endosperma, possivelmente por uma ação de defesa contra o ataque de insetos ou microrganismo. Essa migração acontece por meio de canais chamados plasmodesmatas e, para que a mesma se realize, as moléculas de ácido clorogênico fracionam-se temporariamente, aumentando os teores de seus isômeros e reunindo-se novamente quando atingem as

camadas superficiais das sementes. Quando as condições climáticas encurtam o período de maturação, a reunificação desses isômeros nem sempre coincide com a mudança de cor do exocarpo (de verde para amarelo ou vermelho). A colheita dos frutos nessa condição poderá resultar em acentuada influência sensorial devido à ação desses ácidos fracionados, descritos como adstringentes.

Em vários trabalhos têm-se estudado os fatores interferentes na composição química de grãos de cafeeiro. No entanto, esses estudos são escassos em sementes.

Do exposto, nota-se que resultados controvertidos são encontrados na literatura, principalmente com relação aos métodos de desmucilagem, aos métodos de secagem de sementes de café e aos efeitos da interação destes dois fatores sobre o potencial de armazenamento dessas sementes. Dessa forma, fica evidente a necessidade de se estudar a influência desses fatores, bem como da interação dos mesmos sobre o comportamento das sementes de café durante o armazenamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos no Pólo de Tecnologia de Pós-Colheita do Café e nos laboratórios de Análise de Sementes e de Eletroforese, do Departamento de Agricultura e no Laboratório de Microbiologia, do Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG.

Foram utilizadas, nesta pesquisa, sementes de *Coffea arabica* L., cultivar MG-Acaiá Cerrado 1474, provenientes do programa de melhoramento da UFLA, Lavras, MG e de *Coffea canephora*, cultivar Robusta Tropical provenientes do INCAPER, ES, ambas oriundas de frutos colhidos manualmente no estádio cereja.

Após a colheita, os frutos foram despulpados mecanicamente. Em seguida, a retirada da mucilagem aderida ao pergaminho das sementes foi feita por diferentes processos: fermentação natural em água a 30°C por 24 horas, utilização de desmuciladora mecânica (modelo DMC da Pinhalense) e imersão em solução de hidróxido de sódio a 0,05 % por 1 minuto. Após a desmucilagem, as sementes foram lavadas em água corrente com exceção daquelas provenientes da desmuciladora mecânica. Foi realizada a seleção das sementes por meio de catação manual, eliminando-se sementes defeituosas e sem pergaminho, frutos inteiros, cascas e impurezas.

Após a desmucilagem, as sementes da cv. Acaiá foram secas até 12% de teor de água, por meio dos seguintes métodos de secagem: natural, realizada à sombra e em terreiro suspenso e artificial, realizada em secador estacionário à temperatura de 35°C. As condições climáticas locais registradas durante o período de secagem das sementes dessa cultivar foram: temperatura média de 18,3°C, umidade relativa média de 70%, não tendo ocorrido precipitação

pluviométrica.

As sementes da cv. Robusta Tropical foram secas até 18% de teor de água aproximadamente, por meio dos seguintes métodos de secagem: natural, realizada à sombra e artificial, realizada em secador estacionário à temperatura de 35°C. Durante o período de secagem, a temperatura local média foi de 17,3°C, a umidade relativa média de 73% e a precipitação média de 2mm.

Para a secagem à sombra, as sementes foram distribuídas em bandejas retangulares metálicas perfuradas, suspensas por uma estrutura de metal e as sementes foram revolvidas diariamente.

Para secagem em terreiro suspenso, foi utilizada uma estrutura retangular de madeira, apoiada sobre pilares, sustentando uma armação de arame liso esticado e tela de malhas finas (sombrite), exposta ao sol. À noite foi utilizada uma cobertura com lona e as sementes foram revolvidas duas vezes ao dia.

Para a secagem artificial, foi empregado um secador estacionário experimental, de pequena escala, conforme modelo descrito por Navratil & Burris (1982). O secador foi regulado para funcionar a 35°C e fluxo de ar de aproximadamente $20\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{t}^{-1}$. Durante o processo, as sementes foram revolvidas quatro vezes ao dia.

Após a secagem, todas as sementes foram armazenadas em embalagens plásticas, herméticas, sob temperatura de 10°C e umidade relativa de 50%, cada uma contendo cinco quilogramas de sementes para cada tempo de armazenamento.

3.1 Avaliações

Para a cultivar Acaiá, as avaliações foram realizadas imediatamente após os tratamentos de secagem e após quatro e oito meses de armazenamento. Já para a Robusta Tropical, as mesmas foram realizadas após os tratamentos de secagem e após dois e quatro meses de armazenamento.

Para a análise eletroforética de isoenzimas, proteínas resistentes ao calor, quantificação de açúcares, polifenóis e polifenoloxidase, as sementes foram congeladas por imersão em nitrogênio líquido por 15 segundos e conservadas em deep-freezer -86°C até o momento das análises. As análises de isoenzimas, proteínas resistentes ao calor e de açúcares foram realizadas no tempo zero e no final do armazenamento.

3.1.1 Teor de água das sementes

As determinações do teor de água das sementes foram realizadas logo após a desmucilagem e ao final do processo de secagem. Foram utilizadas duas amostras de sementes inteiras de 20g cada. Foram adotados os procedimentos prescritos nas Regras para Análise de Sementes, para o método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (Brasil, 1992). A velocidade média de secagem foi calculada dividindo-se a diferença entre o teor de água final e o inicial pelo tempo de secagem.

3.1.2 Teste de germinação

O teste de germinação foi efetuado com quatro repetições de 50 sementes, sem pergaminho, para cada tratamento. As sementes foram distribuídas em papel germitest umedecido com água em quantidade equivalente a duas vezes e meia o peso do substrato seco. Os rolos foram mantidos em germinador regulado à temperatura de 30°C , na presença de luz. As avaliações foram realizadas aos trinta dias após a semeadura, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) e os resultados expressos em porcentagem.

3.1.3 Teste de emergência e índice de velocidade de emergência (IVE)

Foram semeadas quatro repetições de 50 sementes, para cada tratamento, em bandejas plásticas contendo mistura de areia e terra, na proporção de 2:1. As

bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal, previamente regulada à temperatura de 30°C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). As bandejas foram irrigadas quando necessário. A partir da emergência, foram realizadas avaliações a cada três dias, computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização. Os resultados foram expressos em porcentagem de emergência final.

O IVE foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguirre (1962), utilizando-se os resultados das avaliações no teste de emergência, computando-se o número de plântulas emergidas a cada três dias.

$$IVE = \frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} + \Lambda + \frac{Gn}{Tn}$$

Em que:

IVE: índice de velocidade de emergência;

G: número de plântulas emergidas a cada dia;

T: número de dias da sementeira até a respectiva contagem.

3.1.4 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica de massa foi realizado com quatro repetições de 25 sementes, sem pergaminho, por tratamento. As sementes foram pesadas com precisão de 0,01g e, a seguir, colocadas em copos plásticos contendo 75mL de água destilada, mantidas em BOD, à temperatura de 25°C. Após 96 horas, foi efetuada a leitura da condutividade elétrica das soluções utilizando-se condutivímetro Digimed, modelo CD-21A. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mhos cm}^{-1}\text{g de sementes}^{-1}$.

3.1.5 Teste de sanidade

As sementes foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio 2%, durante 1 minuto, lavadas em água pura e a sanidade foi avaliada pelo teste de papel de filtro (“Blotter Test”). Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes. A avaliação dos fungos foi efetuada com auxílio de estereomicroscópio.

3.1.6 Polifenóis

A determinação da porcentagem de polifenóis contida nas sementes foi realizada em três repetições por tratamento. Os polifenóis foram extraídos pelo método de Goldstein & Swain (1963), utilizando metanol (50%) como extrator e identificados pelo método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990).

3.1.7 Polifenoloxidase

A determinação da atividade da enzima polifenoloxidase foi realizada em três repetições de cada tratamento. Para extração da polifenoloxidase foi feita uma adaptação do processo descrito por Draetta & Lima (1976). Foram pesados 5 gramas da amostra de sementes de café previamente moídas em moinho refrigerado e em presença de nitrogênio líquido, aos quais foram adicionados 40mL da solução tampão de fosfato de potássio 0,1M, pH 6,0. Em seguida, submeteu-se a amostra a um agitador magnético por 5 minutos. Todo o material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtragem em filtro a vácuo, utilizando-se papel Whatman nº 1.

A polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting & Joslyng (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem o DOPA (L-3,4-dihydroxyphenylalanina) como branco. A leitura foi realizada em espectrofotômetro Schumaz a 420nm e os resultados foram expressos em $U_{min}^{-1}g^{-1}$.

3.1.8 Análise isoenzimática

Amostras de 50 sementes de cada tratamento foram trituradas em moinho da marca Tecnal modelo TE613/1, refrigerado a 4°C, na presença de PVP e armazenadas à temperatura de -86°C. A extração das proteínas foi efetuada adicionando a 100mg do pó da semente, 280µL do tampão de extração (0,2M Tris) homogeneizados em vortex e, posteriormente, foram mantidos por uma hora em geladeira. As amostras foram centrifugadas a 14.000rpm, a 4°C por 50 minutos e 60µL do sobrenadante foram aplicados nos géis de poliacrilamida. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi tris-glicina pH 8,9. A eletroforese foi realizada a 150V durante 4 horas e os géis foram revelados para os seguintes sistemas isoenzimáticos: esterase (EST), peroxidase (PO), isocitrato desidrogenase (IDH), álcool desidrogenase (ADH), malato desidrogenase (MDH), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), conforme metodologia descrita por Alfenas & Brune (1998).

3.1.9 Análise eletroforética de proteínas resistentes ao calor

Amostras de 50 sementes, sem pergaminho, de cada tratamento, foram moídas sob refrigeração e em presença de nitrogênio líquido e PVP-40 (polivilpirrolidona), numa rotação de 22.500rpm.

A 200mg do material moído colocados em um microtubo, foram adicionados 300µL de tampão de extração (50mM tris-HCl-7,5; 500mM NaCl; 5mM MgCl₂; 1mM PMSF; 5µgmL⁻¹ de Leupeptim; e 5µgmL⁻¹ de Antipain). Os microtubos foram agitados em vortex e centrifugados a 14.000g por 20 minutos a 4°C. O sobrenadante foi mantido a 85°C por 15 minutos em banho-maria e novamente centrifugado por 30 minutos. A 45µL do sobrenadante foram adicionados 23µL do tampão da amostra (5mL de glicerol, 2,5mL de solução tampão do gel concentrador, 2,5mg de azul de bromofenol, completando o volume para 25mL de água destilada) que foram mantidos em banho-maria,

em ebulição, por 5 minutos. Foram aplicados 40µL de cada amostra em gel de poliacrilamida SDS-PAGE a 12,5% (gel separador) e 6% (gel concentrador). A eletroforese foi realizada com tampão de corrida Tris-glicina + SDS pH 8,9, sob uma voltagem de 150V durante 4 horas. Os géis foram corados em solução de Coomassie Brilliant Blue a 0,05%, conforme Alfenas & Brune (1998), durante 12 horas e descorados em solução de ácido acético 10% e etanol 5%.

3.1.10 Conteúdo de açúcares

Para extração dos açúcares solúveis, em um microtubo foram colocados 200mg de sementes moídas como descrito no item 3.1.7, juntamente com 2mL de água ultrapura. Os microtubos foram agitados em vortex e mantidos por 30 minutos em banho ultrassônico (Ultrason Branson 1510). Foram posteriormente colocados em banho-maria a 72°C por 15 minutos e centrifugados por 10 minutos a 4°C e 14.000 rpm. O sobrenadante foi filtrado em membrana de 0,45µm, congelado em nitrogênio líquido e armazenado a -86°C, até a realização das análises.

Os açúcares foram separados por meio da técnica da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC, marca Shimadzu). O volume de injeção utilizado foi de 20µL e as condições cromatográficas para a separação dos açúcares foram: coluna Zorbax (nº 840300-908) para análise de carboidratos (5µm), de 4,6mm x 250mm; fase móvel: acetronitrila/ água ultrapura 75/25 (foi retirado o excesso de bolhas, utilizando-se um degasificador adaptado a uma bomba de vácuo); fluxo de 1,5mL/min (bomba LC- 10) e detector de índice de refração.

O sistema foi operado a 30°C e, como padrão, utilizaram-se os seguintes açúcares e as respectivas diluições: frutose (15mg/mL), glicose (20mg/mL), sacarose (15mg/mL), rafinose (20mg/mL) e estaquiiose (10mg/ mL). De posse da curva padrão confeccionada com diferentes concentrações dos açúcares

padrões, foi possível quantificar os açúcares contidos nas amostras.

3.2 Procedimento estatístico

Para a cultivar Acaiá, o delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3x3, sendo três métodos de desmucilagem (mecânico, imersão em solução de hidróxido de sódio e fermentação em água), três métodos de secagem (secagem em secador, em terreiro suspenso e à sombra) e três épocas de armazenamento (0, 4 e 8 meses), com quatro repetições, com exceção da quantificação dos açúcares, da polifenoloxidase e dos polifenóis, para as quais foram utilizadas três repetições.

Para a cultivar Robusta Tropical, foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2x3, sendo três métodos de desmucilagem (mecânico, imersão em solução de hidróxido de sódio e fermentação em água), dois métodos de secagem (secagem em secador e à sombra) e três épocas de armazenamento (0, 2 e 4 meses), com quatro repetições, com exceção da quantificação dos açúcares, da polifenoloxidase e dos polifenóis, para as quais foram utilizadas três repetições.

Para as comparações de médias foi utilizado o Teste Tukey a 5% de probabilidade, transformando-se os dados em percentagem em $[ASEN(RAIZ(X/100))*180/PI]$. Para comparações entre os períodos de armazenamento foram realizadas análises de regressões. As análises dos dados foram realizadas por meio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de água, tempo e velocidade de secagem

Pelos dados da Tabela 1, verificam-se menores valores de teor de água das sementes desmuciladas mecanicamente, antes do processo de secagem. Isso pode ser atribuído ao fato de que, nesse método, a retirada da mucilagem foi feita de maneira mais rápida que nos outros métodos, por meio do atrito das sementes umas com as outras e contra a parede do equipamento, e pela injeção de água sob pressão, dispensando a lavagem posterior dessas sementes, diminuindo o tempo de contato delas com a água e a possibilidade de absorção de água pelas mesmas.

TABELA 1. Teores médios iniciais de água (%) das sementes de cafeeiro cv. Acaia e Robusta Tropical, após serem submetidas a diferentes métodos de desmucilagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Método de desmucilagem	Cultivar	
	Acaia	Robusta Tropical
Mecânica	51,0	50,5
Imersão em NaOH 0,05%	53,0	53,5
Fermentação em água	55,5	55,6
Médias	53,17	53,20

Valores intermediários do teor de água das sementes foram encontrados após a desmucilagem em imersão em solução de hidróxido de sódio 0,05%, durante um minuto; apesar de pouco tempo de imersão nessa solução, posteriormente, foram necessárias várias lavagens em água pura para a completa remoção de resíduos da solução. Os maiores valores obtidos após a desmucilagem por fermentação natural em água podem ser atribuídos ao fato

das sementes terem ficado imersas em água por 24 horas, além de, posteriormente, terem sido submetidas a várias lavagens, propiciando maior absorção de água pelas sementes.

A suscetibilidade da semente aos danos por secagem é função não apenas das condições de secagem, da qualidade inicial e dos aspectos genéticos, mas também dos teores de água iniciais dessas sementes. Segundo Carvalho & Nakagawa (1988), sementes com teores de água mais elevados são mais sensíveis aos danos térmicos, por isso, quanto mais elevado o teor de água, menor deve ser a temperatura empregada na secagem. Sendo assim, atenção deve ser dispensada ao controle do teor de água inicial das sementes visando à preservação da sua qualidade.

Os valores médios de teores de água das sementes de cafeeiro após serem submetidas aos diferentes métodos de desmucilagem e de secagem e, após armazenamento, para as cultivares Acaia e Robusta Tropical, estão indicados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

TABELA 2. Teores médios finais de água (%) das sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, no início (0) e aos 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Método de desmucilagem	Método de secagem					
	Secador		Terreiro suspenso		Sombra	
	0	8	0	8	0	8
Mecânica	11,6	11,3	11,8	11,4	11,8	11,6
Imersão em NaOH 0,05%	10,0	10,2	11,0	10,9	12,3	12,0
Fermentação em água	11,6	11,3	11,4	11,5	13,0	13,0
Médias	11,07	10,9	11,4	11,3	12,4	12,2

TABELA 3. Teores médios finais de água final (%) das sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, no início (0) e aos 4 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Método de desmucilagem	Método de secagem			
	Secador		Sombra	
	0	4	0	4
Mecânica	18,4	18,0	17,8	17,3
Imersão em NaOH 0,05%	16,0	16,4	16,0	16,0
Fermentação em água	16,7	16,4	18,0	17,8
Médias	17,0	16,5	17,3	17,0

Para a cultivar Acaia, os teores de água ao final do processo de secagem variaram de 10,0% a 13,0%. Já para a Robusta Tropical, os valores variaram de 16,0% a 18,4%.

Os dados da Tabela 4 representam os tempos e as velocidades de secagem das sementes de cafeeiro das cultivares Acaia e Robusta Tropical, submetidas aos diferentes métodos de secagem. A secagem realizada em secador pode ser considerada rápida, a qual ocorreu em 35 horas, em uma velocidade média de $1,2\%h^{-1}$, para a cultivar Acaia e em 29,5 horas, também na velocidade média de $1,2\%h^{-1}$, para a 'Robusta Tropical'. Já a secagem à sombra pode ser considerada lenta, uma vez que a mesma ocorreu em 22 dias, numa velocidade média de $0,08\%h^{-1}$, para a cultivar Acaia e em 15 dias, à velocidade média de $0,1\%h^{-1}$, para a cultivar Robusta Tropical. Em terreiro suspenso, a secagem foi intermediária, e ocorreu em 13 dias, na velocidade média de $0,1\%h^{-1}$, para a 'Acaia'.

As diferenças observadas entre as cultivares, em relação aos tempos de secagem, quando submetidas aos mesmos métodos de secagem, podem

ser atribuídas, principalmente, ao teor de água final das mesmas, além das diferenças no tamanho das sementes. Segundo Mendes & Guimarães (1999), sementes de *Coffea canephora* são normalmente menores do que as de *Coffea arabica* e entre as cultivares da espécie *C. arabica*, a cultivar Acaiá foi uma seleção dentro da cultivar Mundo Novo, a partir de plantas que produziam sementes de maior tamanho.

TABELA 4. Tempo de secagem (horas) e valores médios das velocidades de secagem das sementes de cafeeiro cv. Acaiá e cv. Robusta Tropical, submetidas a diferentes métodos de secagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Método de secagem	Cultivar			
	Acaiá		Robusta Tropical	
	Tempo	Velocidade	Tempo	Velocidade
Secador	35	1,2%h ⁻¹	29,5	1,2%h ⁻¹
Terreiro suspenso	312	0,1%h ⁻¹	-	-
Sombra	528	0,08%h ⁻¹	360	0,1%h ⁻¹

4.2 Cultivar Acaiá

Para a cultivar Acaiá, observa-se no resumo da análise de variância (Tabela 1A), interação tripla significativa a 1% entre os fatores estudados, para todos os parâmetros avaliados. Isso indica que esses fatores estão interagindo e que a escolha de um depende da variação dos outros dois.

4.2.1 Teste de germinação

No início do armazenamento (tempo 0) e após quatro meses, sementes submetidas à desmucilagem mecânica apresentaram valores de germinação

superiores quando secas à sombra e em terreiro suspenso (Tabela 5). Na desmucilagem com hidróxido de sódio, maiores valores de germinação foram observados em sementes secas à sombra, seguidas por aquelas secas em terreiro suspenso; menores valores foram obtidos na secagem em secador. Observou-se redução significativa na germinação das sementes secas em secador. Octaviani et al. (2001), comparando o efeito dos métodos de secagem natural e artificial sobre a qualidade fisiológica de sementes de *C. arabica*, também verificaram menores valores de germinação na secagem artificial, porém, sob temperaturas de 45°C.

TABELA 5 Porcentagem média de germinação de sementes de cafeeiro cv. Acaiaí, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Método de desmucilagem			
	Secagem	Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	78 cB	68 bC	97 aA
	Terreiro suspenso	83 aAB	86 aB	89 aB
	Sombra	90 aA	93 aA	93 aB
4 meses	Secador	82 aB	69 bB	87 aAB
	Terreiro suspenso	88 aAB	80 bA	83 abB
	Sombra	89 aA	81 bA	92 aA
8 meses	Secador	84 bB	89 abB	93 aA
	Terreiro suspenso	83 bB	89 abB	93 aA
	Sombra	90 bA	96 aA	94 abA

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

Aos quatro meses de armazenamento (Tabela 5), verifica-se que, para a desmucilagem mecânica e com hidróxido de sódio, maiores valores de

germinação foram observados quando a secagem foi realizada à sombra e em terreiro suspenso, enquanto os menores valores foram observados na secagem em secador. Quando a desmucilagem foi realizada via fermentação em água, os maiores valores de germinação foram encontrados nas secagens à sombra e em secador, não diferindo entre si; menores valores foram encontrados em sementes secas em terreiro suspenso, as quais não diferiram daquelas secadas em secador.

Aos oito meses de armazenamento, quando a desmucilagem foi realizada com água, não foram verificadas diferenças significativas entre os métodos de secagem (Tabela 5). Pelos resultados do teste de sanidade (Tabela 6), observa-se uma alta incidência do fungo *Aspergillus* nessas sementes quando secas em terreiro suspenso. A princípio, esse fungo não influenciou na qualidade fisiológica dessas sementes. Quando a desmucilagem foi realizada mecanicamente e com hidróxido de sódio, os maiores valores de germinação foram observados quando a secagem foi realizada à sombra, diferindo estatisticamente dos observados nas secagens em secador e em terreiro suspenso. Entre esses dois métodos de secagem não foram observadas diferenças significativas.

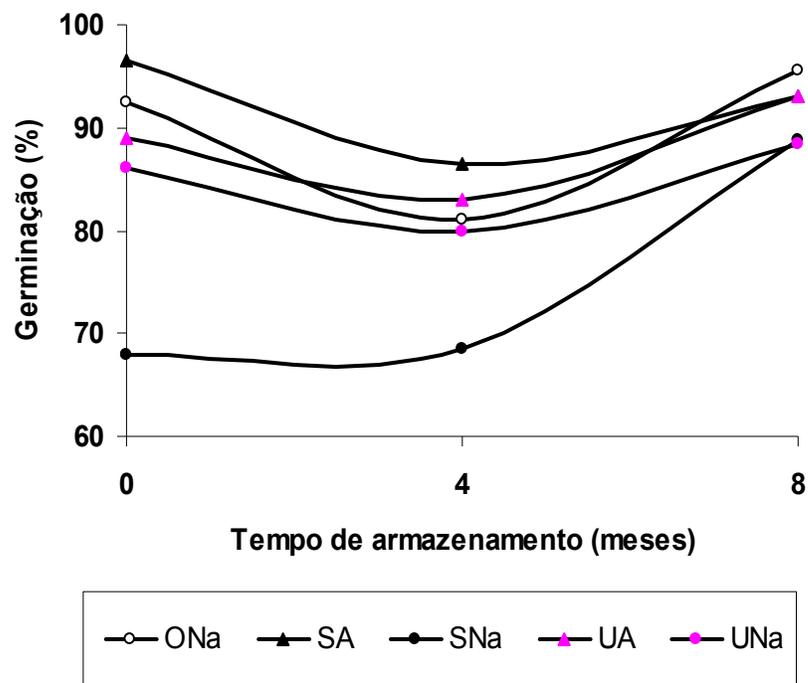
De forma geral, maiores valores de germinação foram observados nas sementes secadas à sombra. No entanto, observa-se, pelos dados da Tabela 6 que, apesar desse método de secagem ter propiciado maior incidência de fungos, devido ao maior tempo de secagem, a presença de fungos não parece ter influenciado na qualidade fisiológica dessas sementes e diminuiu com o armazenamento.

TABELA 6 Porcentagem de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, em que foi detectada a presença de fungos, aos 0 e 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Secagem	Microrganismo	Método de desmucilagem					
		Mecânico		NaOH		Água	
		0	8	0	8	0	8
Secador	<i>Fusarium</i>	4	0	2	0	1	1
	<i>Aspergillus</i>	6	1	1	0	0	0
	<i>Cladosporium</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Penicillium</i>	3	3	0	0	1	0
	<i>Alternaria</i>	0	0	0	0	0	0
Terreiro suspenso	<i>Fusarium</i>	6	0	8	3	1	0
	<i>Aspergillus</i>	0	1	0	7	0	60
	<i>Cladosporium</i>	0	0	2	0	1	1
	<i>Penicillium</i>	1	0	0	1	0	3
	<i>Alternaria</i>	0	0	0	0	0	0
Sombra	<i>Fusarium</i>	9	1	7	4	6	1
	<i>Aspergillus</i>	7	0	0	0	1	0
	<i>Cladosporium</i>	2	0	0	0	1	1
	<i>Penicillium</i>	1	0	0	0	1	0
	<i>Alternaria</i>	0	0	0	0	0	0

Pela análise de regressão (Figura 1), constatou-se que houve efeito quadrático do tempo de armazenamento nas sementes secas à sombra e desmuciladas com hidróxido de sódio, nas sementes secas em secador e desmuciladas em água e em hidróxido de sódio e nas sementes secas em terreiro suspenso e desmuciladas em água e com hidróxido de sódio. No presente trabalho foi observada, em alguns tratamentos, uma redução nos valores de germinação próximo a quatro meses de armazenamento, com posterior

incremento aos oito meses. Essa tendência pode ser atribuída à presença de fungos, a exemplo do *Fusarium*, cuja atividade foi reduzida ao longo do armazenamento. Isso foi verificado durante a avaliação do teste de germinação em que, por ocasião da primeira contagem (aos quinze dias), foi necessária a substituição do papel germitest, em virtude da elevada incidência de fungos, que poderiam contaminar grande parte das sementes até a contagem final, realizada aos trinta dias. Na realização do teste, aos oito meses de armazenamento, foi observada uma redução na incidência dos mesmos. Esse fato pode ser confirmado pelos resultados do teste de sanidade (Tabela 6), em que as diferenças em relação à incidência de patógenos nos diferentes períodos de armazenamento só não foram mais acentuadas devido à realização da desinfestação inicial. Já Veiga (2005) não observou diferença significativa na germinação de sementes de cafeeiro cv. Rubi, colhidas no estádio cereja, secas em secador e à sombra e armazenadas no período de 0, 4 e 8 meses. O autor observou também menores valores de germinação aos quatro meses, seguidos de aumento nesses valores aos oito meses de armazenamento, apenas para sementes colhidas no estádio verde-cana e secas em secador. Segundo este autor, esse comportamento é indicativo da presença de algum tipo de dormência nas sementes de cafeeiro logo após a colheita e que seria superado durante o armazenamento.



Legenda:

ONa: secas à sombra, desmuciladas via NaOH: $y = 0,8125x^2 - 6,125x + 92,5$, $R^2 = 1$

SA: secas em secador, desmuciladas em água: $y = 0,5156x^2 - 4,5625x + 96,5$, $R^2 = 1$

SNa: secas em secador, desmuciladas via NaOH: $y = 0,6187x^2 - 2,35x + 68,0$, $R^2 = 1$

UA: secas em terreirosuspensao, desmuciladas em água: $y = 0,5x^2 - 3,5x + 89,0$, $R^2 = 1$

UNa: secas em terreiro suspenso, desmuciladas via NaOH: $y = 0,453x^2 - 3,312x + 86,0$, $R^2 = 1$

FIGURA 1 Estimativa dos valores de germinação de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.2.2 Teste de emergência

Pelos dados da Tabela de resumo da análise de variância (Tabela 1A), observa-se interação tripla significativa.

Antes do armazenamento, na desmucilagem mecânica e com hidróxido de sódio, as maiores porcentagens de emergência de plântulas foram apresentadas pelas sementes secadas à sombra e em terreiro suspenso, iguais entre si e superiores àquelas secas em secador. Resultados semelhantes foram obtidos aos quatro meses de armazenamento para o processamento das sementes com hidróxido de sódio. Já as sementes desmuciladas com água não sofreram influência do método de secagem quando avaliadas por esse teste, antes do armazenamento (Tabela 7).

TABELA 7 Porcentagem média de emergência de plântulas originadas de sementes de cafeeiro cv. Acaia, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	79,5 bB	55,3 cB	88,5 aA
	Terreiro suspenso	91,3 aA	79,0 bA	86,0 bA
	Sombra	91,3 aA	87,0 aA	89,5 aA
4 meses	Secador	86,0 aA	49,3 cB	68,0 bB
	Terreiro suspenso	86,8 aA	86,8 aA	34,0 b C
	Sombra	47,5 bB	88,0 aA	88,8 aA
8 meses	Secador	52,8 aA	30,0 bAB	51,0 aA
	Terreiro suspenso	41,3 aA	19,3 bB	39,3 aA
	Sombra	44,8 aA	36,0 abA	26,0 bB

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

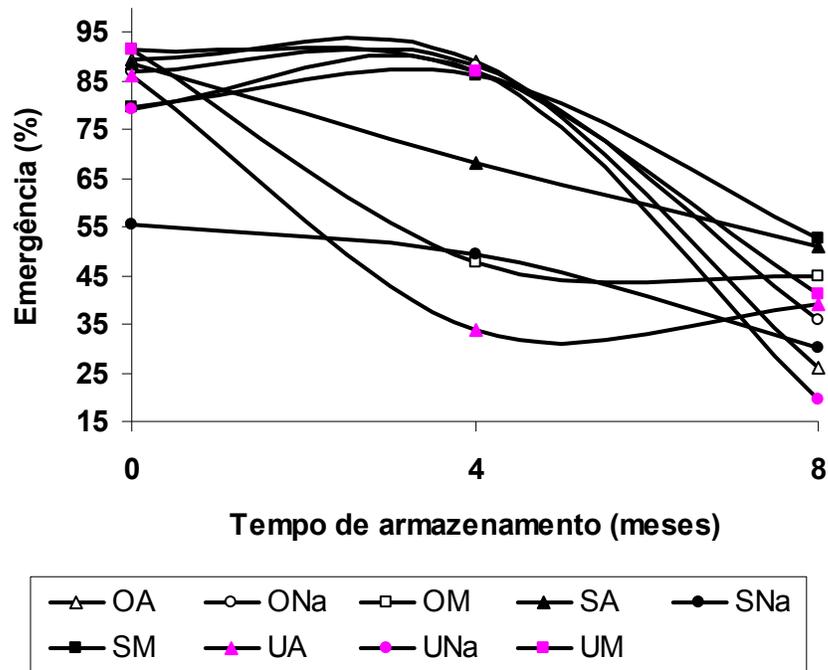
Aos quatro meses de armazenamento, nas sementes desmuciladas com água, as maiores porcentagens de emergência de plântulas foram alcançadas em sementes secas à sombra, seguidas por aquelas secas em secador, que apresentaram porcentagens superiores às aquelas secas em terreiro suspenso. Nas sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, quando secas à sombra e em terreiro suspenso, as porcentagens de emergência foram estatisticamente iguais entre si e superiores às daquelas secas em secador. Nas sementes desmuciladas mecanicamente, após secagem em secador ou em terreiro suspenso, os valores de emergência foram iguais entre si e superiores às aquelas secas à sombra.

Após oito meses de armazenamento, as sementes desmuciladas mecanicamente não sofreram influência dos métodos de secagem quando avaliadas pelo teste de emergência de plântulas. Nas desmuciladas com água, maiores porcentagens de emergência foram observadas quando foram secas em secador e em terreiro suspenso, as quais foram iguais entre si e superiores às aquelas secas à sombra. Já para as desmuciladas com hidróxido de sódio, observaram-se maiores valores de emergência quando foram secas à sombra, as quais não diferiram daquelas secas em secador. Menores porcentagens foram obtidas naquelas secas em terreiro suspenso, que não se diferenciaram estatisticamente das secadas em secador.

Quanto aos métodos de desmucilagem, foram observados efeitos diferenciados sobre os valores de emergência, dentro de cada método de secagem e em cada época de armazenamento, embora, de maneira geral, tenha sido observado que a secagem à sombra, associada com a desmucilagem em água ou mecânica, parece ser a mais indicada para a obtenção de sementes dessa cultivar com qualidade superior.

Pela análise de regressão dos valores de emergência de plântulas em função do tempo de armazenamento, observa-se, em sementes de todos os tratamentos, comportamento quadrático, com exceção daquelas secas em secador, desmuciladas em água e com hidróxido de sódio, as quais tiveram comportamento linear. Foi observada redução na emergência de plântulas aos oito meses de armazenamento (Figura 2).

Os resultados obtidos nessa avaliação não seguem a mesma tendência daqueles encontrados no teste de germinação, o que pode ser atribuído ao fato de serem testes com princípios diferentes. No teste de germinação, as condições são ideais, no entanto, na emergência em solo, outros fatores são avaliados, o que diferencia a sensibilidade do teste em detectar o nível de deterioração em que a semente se encontra.



Legenda:

OA: secas à sombra, desmuciladas em água: $y = -1,941x^2 + 7,587x + 89,5$, $R^2 = 1$
 ONa: secas à sombra, desmuciladas via NaOH: $y = -1,656x^2 + 6,875x + 87,0$, $R^2 = 1$
 OM: secas à sombra, desmuciladas mecânica: $y = 1,284x^2 - 16,088x + 91,3$, $R^2 = 1$
 SA: secas em secador, desmuciladas em água: $y = -4,6875x + 87,917$, $R^2 = 0,99$
 SNa: secas em secador, desmuciladas via NaOH: $y = -3,1625x + 57,517$, $R^2 = 0,92$
 SM: secas em secador, desmuciladas mecânica: $y = -1,2406x^2 + 6,5875x + 79,5$, $R^2 = 1$
 UA: secas terreiro suspenso, desmuciladas em água: $y = 1,791x^2 - 20,163x + 86,0$, $R^2 = 1$
 UNa: secas terreiro suspenso, desmuciladas NaOH: $y = -2,3531x^2 + 11,362x + 79,0$, $R^2 = 1$
 UM: secas terreiro suspenso, desmuciladas mecânica: $y = -1,2812x^2 + 4,0x + 91,3$, $R^2 = 1$

FIGURA 2. Estimativa dos valores de emergência de plântulas originadas de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.2.3 Índice de velocidade de emergência

Pelos dados da Tabela de análise de variância (Tabela 1A), observa-se também uma interação tripla significativa, indicando que os três fatores interagem e interferem nos índices de velocidade de emergência da cultivar Acaiá.

Pode-se verificar, pelos dados da Tabela 8, que as sementes desmuciladas mecanicamente e em água no tempo zero, assim como as desmuciladas mecanicamente e em hidróxido de sódio aos oito meses de armazenamento, não foram influenciadas pelos métodos de secagem, quando avaliadas pelo índice de velocidade de emergência. Na desmucilagem em hidróxido de sódio, no início e aos quatro meses de armazenamento, os maiores valores do índice foram alcançados nas sementes secas à sombra e em terreiro suspenso, iguais entre si e os menores, naquelas secas em secador. Já nas sementes desmuciladas mecanicamente e armazenadas por quatro meses, os maiores valores foram observados quando as mesmas foram secas em secador e em terreiro suspenso, não diferindo entre si e superiores àquelas secas à sombra. Aos quatro meses de armazenamento, os valores de índice de velocidade de emergência das sementes desmuciladas em água foram superiores em sementes secas à sombra, inferiores quando secas em terreiro suspenso e valores intermediários foram alcançados por aquelas submetidas à secagem em secador. Para as sementes desmuciladas em água, aos oito meses de armazenamento, os maiores valores foram observados nas que foram secas em secador, os quais não diferiram estatisticamente daqueles observados nas que foram secas em terreiro suspenso; menores valores foram obtidos para as sementes secas à sombra, estatisticamente iguais aos obtidos nas que foram secas em terreiro suspenso.

De maneira semelhante aos resultados de porcentagem de emergência, os efeitos dos métodos de desmucilagem avaliados pelos dados de índice de velocidade de emergência para a cultivar Acaiá não apresentaram a

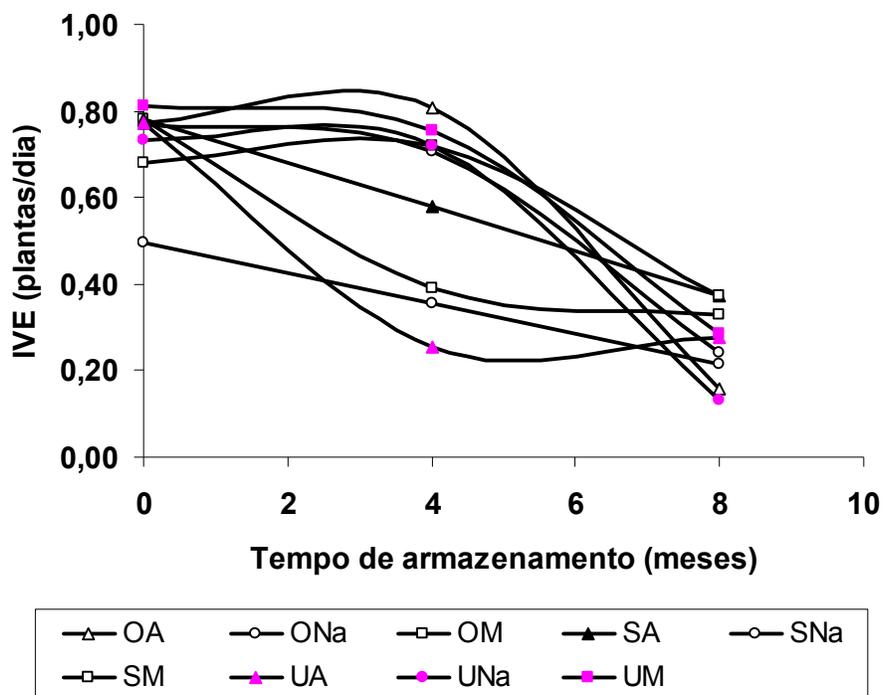
mesma tendência dentro de cada método de secagem e em cada época de armazenamento. No entanto, observa-se que as sementes secas à sombra e desmuciladas em água ou mecanicamente apresentaram melhor desempenho.

TABELA 8. Valores médios do índice de velocidade de emergência de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,68 aA	0,47 bB	0,79 aA
	Terreiro suspenso	0,81 aA	0,73 aA	0,77 aA
	Sombra	0,78 aA	0,77 aA	0,77 aA
4 meses	Secador	0,72 aA	0,41 cB	0,56 bB
	Terreiro suspenso	0,75 aA	0,72 aA	0,26 bC
	Sombra	0,39 bB	0,71 aA	0,81 aA
8 meses	Secador	0,38 aA	0,19 bA	0,39 aA
	Terreiro suspenso	0,29 aA	0,13 bA	0,28 aAB
	Sombra	0,33 aA	0,24 abA	0,16 bB

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

Pela análise de regressão, pode-se observar, pelo gráfico da Figura 3, que em todos os tratamentos, houve um efeito quadrático para o índice de velocidade de emergência (IVE), em função do tempo de armazenamento, exceto nas sementes secas em secador, degomadas em água (SA) e em hidróxido de sódio (SNa), nas quais o efeito foi linear. Como observado no teste de emergência de plântulas, maiores valores de vigor, avaliado pelo índice de velocidade de emergência, foram verificados aos quatro meses de armazenamento e, em todos os tratamentos, foi observada redução nesses valores aos oito meses, quando comparados com os resultados no início do armazenamento.



Legenda:

OA: secas à sombra, desmuciladas em água: $y = -0,0213x^2 + 0,0940x + 0,7725$, $R^2 = 1$

ONa: secas à sombra, desmuciladas via NaOH: $y = -0,0126x^2 + 0,0356x + 0,7675$, $R^2 = 1$

OM: secas à sombra, desmuciladas mecânica: $y = 0,0103x^2 - 0,1387x + 0,78$, $R^2 = 1$

SA: secas em secador, desmuciladas em água: $y = -0,0509x + 0,7820$, $R^2 = 99$

SNa: secas em secador, desmuciladas via NaOH: $y = -0,035x + 0,4941$, $R^2 = 89$

SM: secas em secador, desmuciladas mecânica: $y = -0,0120x^2 + 0,0581x + 0,68$, $R^2 = 1$

UA: secas terreiro suspenso, desmuciladas em água: $y = 0,0167x^2 - 0,1956x + 0,77$, $R^2 = 1$

UNa: secas terreiro suspenso, desmuciladas NaOH: $y = -0,0178x^2 + 0,068x + 0,733$, $R^2 = 1$

UM: secas terreiro suspenso, desmuciladas mecânica: $y = -0,013x^2 + 0,037x + 0,81$, $R^2 = 1$

FIGURA 3. Estimativa dos valores do índice de velocidade de emergência de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.2.4 Teste de condutividade elétrica

Pela análise de variância (Tabela 1A), observa-se também uma interação tripla significativa, sugerindo que os fatores métodos de desmucilagem, métodos de secagem e tempo de armazenamento interagem e interferem nos valores de condutividade elétrica das sementes da cultivar Acaiá.

Por meio dos dados da Tabela 9, verifica-se que nas sementes desmuciladas em água, no início do armazenamento e nas desmuciladas mecanicamente, em todos os tempos de armazenamento, assim como naquelas desmuciladas com hidróxido de sódio, após quatro e oito meses de armazenamento, não houve diferenças entre os valores de condutividade para os diferentes métodos de secagem. No entanto, as sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, no início do armazenamento, apresentaram maiores valores quando secas em secador. Este resultado foi coerente com aqueles encontrados para o teste de germinação e de emergência. Nesse caso, a secagem rápida parece ter provocado danos aos sistemas de membranas celulares das sementes.

De acordo com Crowe & Crowe (1989), um dos principais locais de danos após secagem são as membranas celulares, consideradas indicadoras precoces de dano induzido por dessecação, por meio da lixiviação de várias soluções citoplasmáticas. Na presente pesquisa, os maiores valores de condutividade foram observados nos tratamentos cuja desmucilagem foi realizada com hidróxido de sódio, provavelmente devido à presença de resíduos de hidróxido de sódio que podem ter permanecido na superfície das sementes, mesmo após a lavagem das mesmas, ou por outros danos causados pelo produto, contribuindo para a elevação dos valores de condutividade elétrica dessas sementes.

Após quatro meses de armazenamento, as sementes desmuciladas em água também apresentaram maiores valores de condutividade quando secas em secador, diferindo estatisticamente do menor valor, obtido com a secagem à

sombra. Valores intermediários foram obtidos nas sementes secas em terreiro suspenso.

TABELA 9 Valores médios da condutividade elétrica de massa após 96 horas de embebição de sementes de cafeeiro cv. Acaiaí ($\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	40,7 aA	64,9 bB	32,7 aA
	Terreiro suspenso	38,6 aA	45,4 aA	34,4 aA
	Sombra	32,8 aA	44,6 aA	33,2 aA
4 meses	Secador	37,7 aA	55,2 bA	39,8 aB
	Terreiro suspenso	43,4 bA	44,3 bA	30,8 aAB
	Sombra	32,4 abA	43,2 bA	26,6 aA
8 meses	Secador	37,5 bA	45,4 ab A	50,5 aB
	Terreiro suspenso	46,3 abA	53,3 bA	35,7 aA
	Sombra	44,7 aA	42,2 aA	38,6 aAB

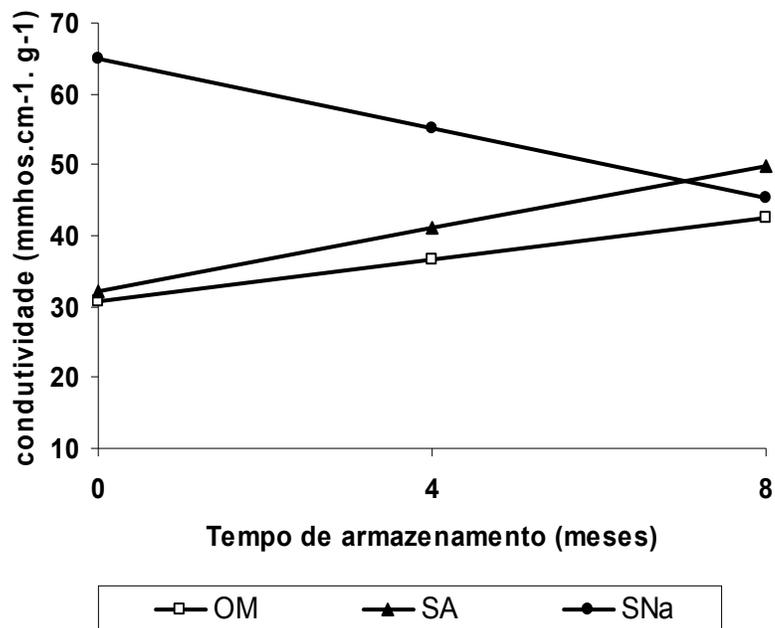
As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Porém, aos oito meses de armazenamento, apesar das sementes desmuciladas em água também terem apresentado maiores valores de condutividade quando secas em secador, os menores valores foram observados nas sementes secadas em terreiro suspenso e os valores intermediários foram observados para aquelas secas à sombra. Para as desmucilagens, mecânica e com hidróxido de sódio, não houve diferença entre os métodos de secagem, após quatro e oito meses de armazenamento.

De maneira geral, os valores de condutividade elétrica foram maiores quando a desmucilagem foi realizada com hidróxido de sódio. Por outro lado, os menores valores foram observados nas sementes desmuciladas em água e

quando secas em terreiro suspenso e à sombra.

Pela análise de regressão (Figura 4), observa-se que, em todos os tratamentos que foram significativos, houve comportamento linear nos valores de condutividade ao longo do armazenamento. Nas sementes secas à sombra e desmuciladas mecanicamente e naquelas secas em secador e desmuciladas em água, foi observado um aumento nesses valores. No entanto, nas sementes secas em secador e desmuciladas com hidróxido de sódio, foi observada uma redução nos valores de condutividade elétrica, provavelmente devido a uma diminuição do efeito residual do hidróxido de sódio ao longo do armazenamento.



Legenda:

OM: secas à sombra, desmuciladas em água: $y = 1,4937x + 30,6416, R^2 = 73$

SA: secas em secador, desmuciladas em água: $y = 2,2312x + 32,0833, R^2 = 99$

SNa: secas em secador, desmuciladas via NaOH: $y = -2,4312x + 64,8583, R^2 = 1$

FIGURA 4. Estimativa dos valores de condutividade elétrica de massa de sementes de cafeeiro cv. Acaiá ($\mu\text{mhos cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.2.5 Polifenóis

Pelos dados da Tabela 10 observa-se que, no início do armazenamento, as sementes desmuciladas com água e com hidróxido de sódio apresentaram maiores teores de polifenóis quando foram secas à sombra. Menores valores foram observados nas sementes secas em terreiro suspenso e teores

intermediários naquelas secas em secador. Já nas sementes desmuciladas mecanicamente, os maiores teores foram observados nas secas à sombra e em secador, iguais entre si e menores nas secadas em terreiro suspenso.

Aos quatro meses de armazenamento, nas sementes desmuciladas pela fermentação em água, os maiores teores de polifenóis foram obtidos quando as mesmas foram secas em secador e menores quando secas à sombra e em terreiro suspenso, sendo essas estatisticamente iguais. Para as sementes desmuciladas com hidróxido de sódio e secas em terreiro suspenso, foram observados maiores teores de polifenóis que os das sementes secas à sombra, que, por sua vez, apresentaram teores maiores que aquelas secas em secador. Já nas sementes desmuciladas mecanicamente, maiores teores foram verificados quando as mesmas foram secas à sombra e menores quando foram secas em secador e em terreiro suspenso, as quais foram iguais entre si.

Após oito meses de armazenamento, nas sementes desmuciladas em água, maiores teores de polifenóis foram observados nas que foram secas em terreiro suspenso, menores nas que foram secas à sombra e teores intermediários naquelas secas em secador. Nas sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, os maiores teores foram obtidos nas que foram secas em secador, seguidas por aquelas secas em terreiro suspenso e à sombra. Para as sementes desmuciladas mecanicamente, os maiores teores de polifenóis foram observados naquelas secas em secador e menores naquelas secas à sombra e em terreiro suspenso, iguais entre si.

Em pesquisas tem sido observado que, em condições adversas no processamento ou armazenamento, as membranas plasmáticas são desestruturadas, liberando as polifenoloxidasas que agem sobre os polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos e oxidando-os a quinonas, reduzindo o conteúdo desse composto nas sementes (Amorim & Silva, 1968). Na presente pesquisa, esse comportamento foi observado, antes

do armazenamento, nas sementes secas em terreiro suspenso e desmuciladas em água e com hidróxido de sódio e, aos oito meses de armazenamento, naquelas secas à sombra e também desmuciladas em água e com hidróxido de sódio, correspondendo aos menores teores de polifenóis, provavelmente propiciados pela maior atividade da enzima polifenoxidase (Tabela 11) e, conseqüentemente, maior oxidação dos polifenóis, que constituem seu principal substrato.

TABELA 10. Valores médios de polifenóis (%) em sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Métodos de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	6,1 bA	5,7 cB	6,4 aB
	Terreiro suspenso	5,1 bB	5,2 bC	5,6 aC
	Sombra	6,1 cA	6,7 bA	6,9 aA
4 meses	Secador	5,8 bB	5,3 cC	6,2 aA
	Terreiro suspenso	5,7 bB	6,3 aA	5,5 bB
	Sombra	6,0 aA	5,9 aB	5,5 bB
8 meses	Secador	6,7 bA	7,6 aA	6,1 cB
	Terreiro suspenso	5,6 cB	7,3 aB	6,8 bA
	Sombra	5,7 aB	5,4 bC	5,8 aC

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

Diversos autores observaram variações nos teores de polifenóis entre as espécies comerciais de *Coffea*. Segundo Illy & Viani (1995), *Coffea arabica* contém de 5% a 7,5% de polifenóis, enquanto *Coffea canephora* contém de 7% a 10%.

Para *Coffea arabica*, Fernandes et al. (2001) encontraram teores de

polifenóis de 7,17%, Pádua et al. (2001) de 7,05% e Chagas (1994) também verificou valores desses compostos na faixa de 7% para cafés da região do Sul de Minas Gerais, provindos da mistura de frutos. No presente trabalho, foram observados valores menores de polifenóis (6,0% em média) do que os mencionados pelos autores citados. Isso pode ser atribuído ao fato dos frutos para sementes serem colhidos no estágio cereja, o que contribui para uma diminuição nos teores desses compostos. Esse comportamento foi observado por Pimenta & Vilela (2001), que verificaram teores de polifenóis superiores na colheita antecipada e diminuição gradativa dos mesmos com o amadurecimento dos frutos.

4.2.6 Polifenoloxidase

De acordo com os resultados expressos na Tabela 11, no início do armazenamento, em sementes desmuciladas mecanicamente, não houve diferença significativa na atividade da polifenoloxidase, independente do método de secagem. Em sementes desmuciladas em água, maior atividade foi observada naquelas que foram secas em terreiro suspenso e menor nas que foram secas à sombra e em secador. Nas sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, as maiores atividades foram observadas nas sementes secas em terreiro suspenso e em secador, iguais entre si e a menor atividade nas sementes secas à sombra.

Aos quatro meses de armazenamento, em sementes desmuciladas com água, maiores atividades da polifenoloxidase foram observadas naquelas secas em terreiro suspenso e à sombra e menores naquelas secas em secador, sem diferir daquelas secas à sombra. Já em sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, atividade mais alta foi observada nas sementes secas à sombra; aquelas secas em terreiro suspenso e em secador apresentaram atividade mais baixa e igual entre si. Em sementes submetidas à desmucilagem mecânica, atividade

mais elevada foi observada nas que foram secas à sombra e em terreiro suspenso, estatisticamente iguais entre si.

TABELA 11. Valores médios da atividade da polifenoloxidase ($U\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$) em sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	63,1 aA	63,5 aA	61,4 bB
	Terreiro suspenso	63,5 abA	64,6 aA	63,0 bA
	Sombra	63,3 aA	59,9 bB	60,7 bB
4 meses	Secador	60,3 bB	62,2 aB	62,6 aB
	Terreiro suspenso	64,2 aA	63,0 aB	64,2 aA
	Sombra	64,6 aA	64,9 aA	63,7 aAB
8 meses	Secador	59,9 bB	61,1 bB	63,8 aAB
	Terreiro suspenso	64,6 aA	61,4 bB	62,6 bB
	Sombra	64,6 aA	63,5 aA	64,2 aA

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

Após oito meses de armazenamento, em sementes desmuciladas em água, maior atividade foi observada naquelas secas à sombra, menor naquelas que foram secas em terreiro suspenso e atividade intermediária nas sementes secas em secador. Já em sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, maior atividade foi observada nas que foram secas à sombra e menor nas secas em terreiro suspenso e em secador, iguais entre si. Para as sementes desmuciladas mecanicamente, atividade mais elevada foi verificada nas que foram secas à sombra e em terreiro suspenso, estatisticamente iguais entre si e superiores àquelas secas em secador.

Como já descrito, quando as membranas celulares das sementes

sofrem danos, as polifenoloxidasas são liberadas e ativadas, podendo reagir com os substratos polifenóis, oxidando-os a quinonas. As quinonas formadas inibem a atividade da enzima polifenoloxidase. Dessa forma, em grãos de café de pior qualidade, tem sido observada menor atividade da polifenoloxidase (Amorim, 1978).

Na presente pesquisa, de maneira geral, maior atividade da polifenoloxidase foi observada nas sementes desmuciladas mecanicamente e secas à sombra, indicando melhor desempenho das sementes submetidas a esses tratamentos. Provavelmente, a maior integridade das membranas celulares, observada em sementes secas à sombra, elevou a polifenoloxidase, propiciando uma melhor qualidade fisiológica das mesmas. Pelos resultados, observa-se que a secagem rápida foi responsável pela maior atividade da polifenoloxidase, inferindo maior oxidação de polifenóis, maior formação de quinonas e, o que posteriormente pode ter causado a inibição da atividade da polifenoloxidase, influenciando na integridade do sistema de membrana. Ao relacionar esses resultados com os obtidos nos testes fisiológicos, verificam-se, de maneira geral, menores porcentagens de germinação, emergência e índice de velocidade de emergência nas sementes submetidas à secagem rápida.

Carvalho et al. (1994) verificaram haver variações na atividade da polifenoloxidase, que permitiram separar classes de bebida de café com base nas atividades dessas enzimas. Pelos resultados obtidos no presente trabalho, na cultivar Acaia, verificou-se atividade média da polifenoloxidase de $62,89 \text{Umin}^{-1} \text{g}^{-1}$, enquadrando-se na categoria intermediária da classificação proposta por Carvalho et al. (1994), que varia de $55,99 \text{Umin}^{-1} \text{g}^{-1}$ a $67,66 \text{Umin}^{-1} \text{g}^{-1}$. Vale ressaltar que há escassez de pesquisa nesse assunto, em sementes de cafeeiro, o que dificulta a comparação dos dados observados na presente pesquisa.

4.2.7 Conteúdo de açúcares

Constatou-se que a sacarose destaca-se como sendo o açúcar encontrado em maior quantidade na semente de café na cultivar Acaia (Tabelas 12, 13, 14, 15 e 16). Para cultivar Acaia, o teor médio encontrado para sacarose foi de 6,1% e, para a Robusta Tropical, foi de 2,7 %. Esses resultados concordam com os obtidos por Rogers et al. (1999), que encontraram o dobro de sacarose em sementes de *Coffea arabica*, em relação às de *Coffea canephora*.

TABELA 12. Porcentagem de sacarose em sementes de cafeeiro cv. Acaia, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, aos 0 e 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	6,75	4,87	6,16
	Terreiro suspenso	5,84	5,88	6,02
	Sombra	6,48	6,53	6,07
8 meses	Secador	6,47	6,32	5,90
	Terreiro suspenso	6,45	5,01	5,79
	Sombra	7,47	4,72	6,10

TABELA 13. Porcentagem de frutose em sementes de cafeeiro cv. Acaiá, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, aos 0 e 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,35	0,26	0,54
	Terreiro suspenso	0,44	0,10	0,37
	Sombra	0,38	0,20	0,39
8 meses	Secador	0,26	0,26	0,23
	Terreiro suspenso	0,12	0,0	0,0
	Sombra	0,01	0,0	0,0

TABELA 14. Porcentagem de glicose em sementes de cafeeiro cv. Acaiá, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, aos 0 e 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,26	0,23	0,37
	Terreiro suspenso	0,24	0,45	0,66
	Sombra	0,66	0,66	0,57
8 meses	Secador	0,45	0,47	0,26
	Terreiro suspenso	0,0	0,0	0,01
	Sombra	0,05	0,0	0,0

TABELA 15. Porcentagem de rafinose em sementes de cafeeiro cv. Acaia, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, aos 0 e 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,85	0,85	0,30
	Terreiro suspenso	0,0	0,56	0,57
	Sombra	0,90	0,57	0,59
8 meses	Secador	0,0	0,59	0,88
	Terreiro suspenso	0,85	0,17	0,54
	Sombra	0,53	0,51	0,18

TABELA 16. Porcentagem de estaquiose em sementes de cafeeiro cv. Acaia, submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, aos 0 e 8 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,17	0,30	0,31
	Terreiro suspenso	0,47	0,34	0,16
	Sombra	0,0	0,0	0,59
8 meses	Secador	0,46	0,53	0,47
	Terreiro suspenso	0,58	0,25	0,39
	Sombra	0,50	0,40	0,37

Para *Coffea arabica*, Rotemberg & Iachan (1972) encontraram porcentagem de sacarose de 7,2% e Abraham (1992) observou variações de 6% a 10%; Guimarães (2000) detectou, em embriões de sementes da cultivar Rubi, teores médios de sacarose de 5,99%. Os teores de sacarose encontrados no

presente trabalho, na semente inteira (6,1%), encontram-se no intervalo encontrado por Abraham (1992) e muito próximos dos valores encontrados por Guimarães (2000) em embriões, sugerindo que, em sementes de cafeeiro, esses açúcares se encontram mais uniformemente distribuídos.

Menores percentuais de sacarose foram observados nas sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, no início do armazenamento, quando as mesmas foram secas em secador e em terreiro suspenso e, após oito meses de armazenamento, quando secas à sombra e em terreiro suspenso. Esses resultados concordam com aqueles observados nos testes fisiológicos, no início do armazenamento, em que também foram observados menores valores de germinação, emergência, IVE e maiores de condutividade elétrica nas sementes desmuciladas com hidróxido e secas em secador. Brandão Júnior (2000) também observou maiores percentuais de germinação e de protrusão radicular nas sementes de *C. arabica* que apresentavam maiores concentrações de sacarose.

O acúmulo de açúcares não redutores tem sido relacionado com tolerância à dessecação. De acordo com Kuo et al. (1998), os tecidos tolerantes caracterizam-se pela alta quantidade de sacarose e de oligossacarídeos (estaquiose ou rafinose) e pela ausência ou, pelo menos, muito baixa quantidade de monossacarídeos redutores, como galactose, manose, glucose e frutose. Pelos resultados observados no presente trabalho, observa-se que a parcela de contribuição dos açúcares a uma certa tolerância à dessecação, observada nas sementes de cafeeiro, pode ser basicamente atribuída à presença de sacarose. Esses resultados suportam a idéia de Koster & Leopold (1988), os quais abordaram que a sacarose pode servir como o agente principal da tolerância à dessecação em sementes, com os oligossacarídeos servindo para prevenir a cristalização da sacarose.

4.2.8 Análise de proteínas resistentes ao calor

Pelo perfil eletroforético de proteínas resistentes ao calor das sementes da cultivar Acaiá (Figura 5), pode-se observar a presença das mesmas bandas nas sementes submetidas a todos os tratamentos, independente do método de desmucilagem e de secagem. Faria (2003) observou, em sementes de milho, que a secagem parece induzir a expressão de alguns alelos, ocorrendo, dessa forma, o aparecimento ou intensificação de bandas. Em sementes de café, colhidas nos estádios verde, verde-cana e cereja, Guimarães (2000) observou presença de bandas de proteínas resistentes ao calor em todos os estádios de desenvolvimento avaliados, independente do método de secagem e também ausência de determinadas bandas nas sementes não submetidas à secagem, mais evidente no estádio cereja. O mesmo autor relacionou este fato à intolerância à dessecação.

Veiga (2005) observou menor intensidade, ou até mesmo ausência da banda, com peso molecular próximo a 25kDa, apenas nas sementes colhidas no estádio cereja, que não foram submetidas à secagem, em todos os tempos de armazenamento. No presente trabalho não foi identificada, no zimograma, nenhuma banda diferente em sementes submetidas à secagem rápida ou lenta.

Segundo Walters et al. (1997), as proteínas resistentes ao calor possuem alta solubilidade em água e estabilidade mesmo na ebulição, que é atribuída à sua grande proporção de aminoácidos hidrofílicos, particularmente glutamina e glicina. Além disso, essas proteínas se armazenam nos últimos estádios do desenvolvimento das sementes, coincidindo com a tolerância à dessecação. Como na presente pesquisa todas as sementes foram colhidas no estádio cereja, essas proteínas provavelmente já estavam sintetizadas e, como as mesmas são estáveis, não sofreram influência dos métodos de desmucilagem e de secagem a que foram submetidas. Também não foram observadas alterações no perfil eletroforético dessas proteínas durante o armazenamento (zimograma não

apresentado), confirmando a estabilidade das mesmas.

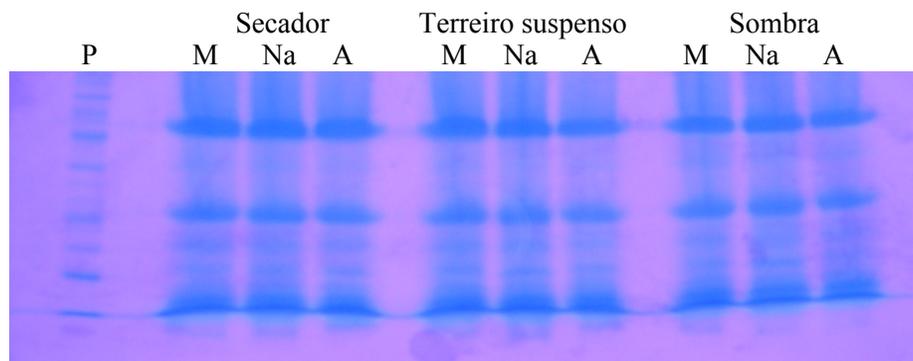


FIGURA 5. Perfil eletroforético de proteínas extraídas pelo calor em sementes de cafeeiro cv. Acaiá submetidas a diferentes métodos de desmucilagem [mecânico (M), com hidróxido de sódio (Na) e imersas em água (A)] e de secagem, no início do armazenamento. Padrão com peso molecular em kDa conhecido (P). UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.2.9 Análise isoenzimática

Nas Figuras 6, 7, 8 e 9 podem ser observados os padrões eletroforéticos da isocitrato desidrogenase (IDH), malato desidrogenase (MDH), peroxidase (PO) e catalase (CAT) das sementes de cafeeiro da cultivar Acaiá submetidas aos diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, antes do armazenamento. Não foram observadas diferenças entre os zimogramas com o armazenamento, para os sistemas isoenzimáticos acima citados e para álcool desidrogenase (ADH), superóxido dismutase (SOD) e esterase (EST) (zimogramas não apresentados).

A isocitrato desidrogenase está relacionada com a respiração aeróbica, tendo importante função no ciclo de Krebs. Ao contrário, a álcool desidrogenase (ADH) atua no metabolismo anaeróbico de plantas, reduzindo o acetaldeído a etanol (Vantoi et al., 1987). De acordo com Zang et al. (1994), o acetaldeído

pode ser um importante fator que acelera a deterioração das sementes, independente do ambiente de armazenamento, enquanto o etanol causa deterioração somente em umidades relativas altas. Em relação à atividade da IDH (Figura 6) e ADH (zimograma não apresentado), não foi possível detectar diferenças em sementes submetidas aos diferentes tratamentos de desmucilagem e de secagem, mesmo nas sementes cuja desmucilagem foi realizada com imersão em água durante 24 horas. Nessas condições, parece ter havido suprimento adequado de oxigênio, não ocorrendo mudança da via normal de suprimento de ATP (via aeróbica) para uma via alternativa que seria a rota anaeróbica. Silva (1997) observou alteração dos padrões dessa enzima na presença de patógenos. O autor verificou uma diminuição da intensidade de bandas da álcool desidrogenase em sementes associadas com *Aspergillus flavus*. Por outro lado, Brandão Júnior (1996) verificou uma diminuição da intensidade de bandas da mesma enzima com o aumento do tempo de envelhecimento.

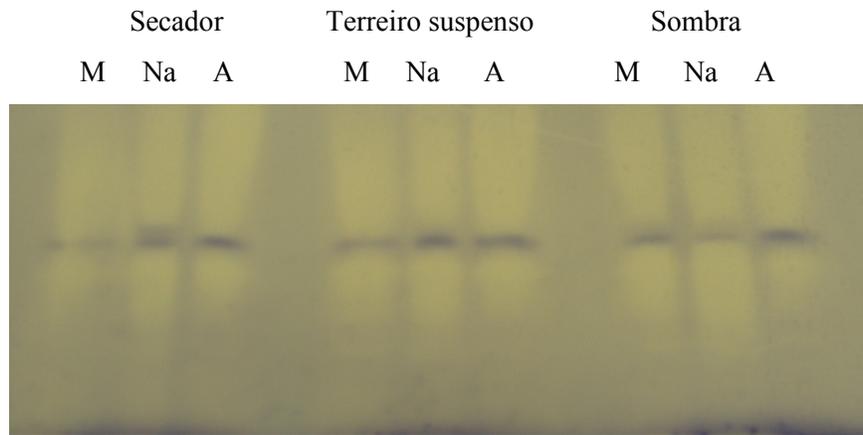


FIGURA 6. Padrões isoenzimáticos de isocitrato desidrogenase (IDH) de sementes de café da cultivar Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem [mecânico (M), com hidróxido de sódio (Na) e imersas em água (A)] e de secagem, no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A malato desidrogenase catalisa a reação de malato à oxaloacetato, tendo uma importante função dentro do ciclo de Krebs. Pela Figura 7, verifica-se maior atividade da MDH nas sementes desmuciladas mecanicamente, em todos os métodos de secagem. Como esse método de desmucilagem foi o único em que a semente não foi imersa em água, ou seja, não foi exposta à condição anaeróbica, predominou a rota aeróbica, com maior atividade dessa enzima. Vieira (1996), verificou que a MDH, por ser uma enzima envolvida na respiração celular, provocou aumento do número e ou intensidade de coloração de bandas em sementes de algodão submetidas a períodos mais longos de envelhecimento artificial, o que pode ser devido ao aumento da respiração.

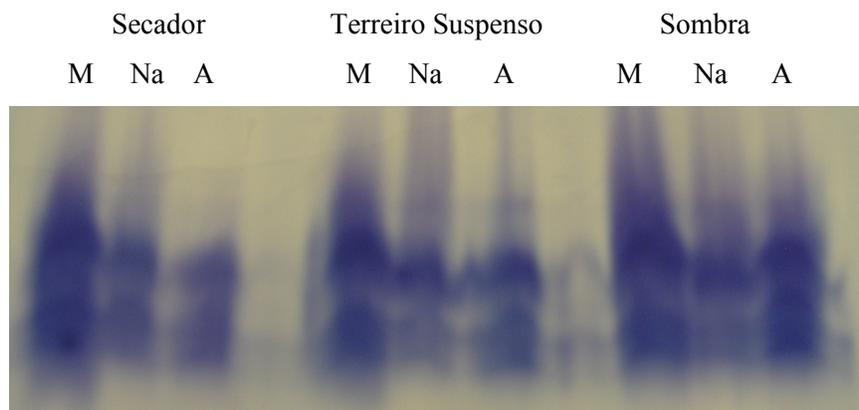


FIGURA 7. Padrões isoenzimáticos de malato desidrogenase (MDH) de sementes de cafeeiro da cultivar Acaiá submetidas a diferentes métodos de desmucilagem [mecânico (M), com hidróxido de sódio (Na) e imersas em água (A)] e de secagem, no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Enzimas “scavengers”, como SOD, CAT, PO, são conhecidas como removedoras de radicais livres. A redução na atividade dessas enzimas

está relacionada à perda de viabilidade (Brandão Júnior, 1999).

O padrão eletroforético da peroxidase (Figura 8) foi semelhante nos tratamentos de desmucilagem e de secagem utilizados. As peroxidases estão ligadas aos sistemas de processamento enzimático de radicais livres que incluem SOD (superóxido dismutase), que catalisa a dismutação do peróxido (O_2^-) em H_2O_2 e aquelas enzimas que estão envolvidas na desintoxicação de H_2O_2 (catalase, glutathione redutase, ascorbato peroxidase e outras peroxidases). Os sistemas enzimáticos estão, provavelmente, mais envolvidos em uma resposta antioxidativa inicial por neutralizar potencialmente oxigênio tóxico ativado, formado durante processos de estresses (Winston, 1990). Provavelmente, no presente trabalho, mesmo a secagem rápida, realizada à temperatura de $35^\circ C$, não proporcionou condições de estresse que produzisse radicais livres suficientes para provocar alterações na atividade dessa enzima.

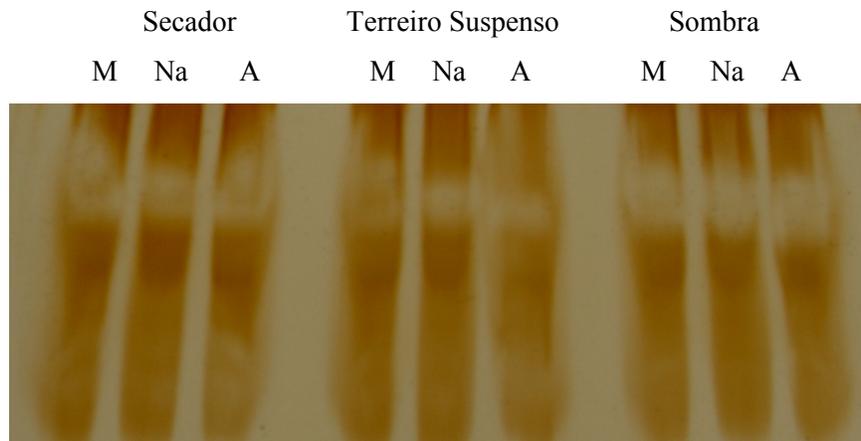


FIGURA 8. Padrões isoenzimáticos de peroxidase (PO) de sementes de cafeeiro da cultivar Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem [mecânico (M), com hidróxido de sódio (Na) e imersas em água (A)] e de secagem, no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A maior atividade da catalase, também removedora de radicais livres, faz com que a velocidade de envelhecimento das sementes seja menor. Nota-se, pela Figura 9, maior atividade dessa enzima nas sementes desmuciladas com hidróxido de sódio e secas em terreiro suspenso e à sombra. Na avaliação da qualidade fisiológica, menores valores de germinação, de emergência, do índice de velocidade de emergência e maiores de condutividade elétrica foram observados em sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, quando as mesmas foram secas em secador, relacionados também à menor atividade da catalase.

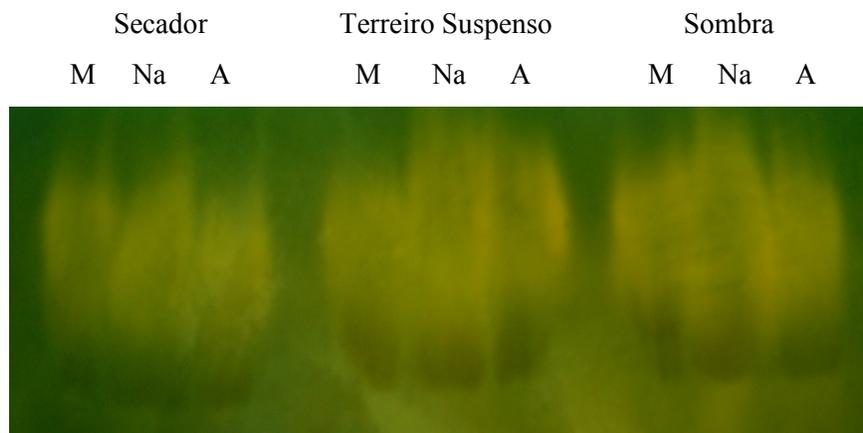


FIGURA 9. Padrões isoenzimáticos de catalase (CAT) de sementes de cafeeiro da cultivar Acaiá submetidas a diferentes métodos de desmucilagem [mecânico (M), com hidróxido de sódio (Na) e imersas em água (A)] e de secagem, no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A enzima superóxido dismutase (SOD) catalisa a transformação dos radicais superóxidos livres (O_2^-), produzidos em diferentes locais da célula, para oxigênio molecular e H_2O_2 (Rabinowitch & Fridovich, 1983, citados por Brandão Júnior, 2000). Para esse sistema enzimático (zimograma não

apresentado), também não foram detectadas alterações em relação aos diferentes tratamentos de desmucilagem e de secagem. Brandão Júnior (2000), também não verificou alterações para a enzima SOD em sementes de café, em função dos diferentes estádios de desenvolvimento, dos teores de água e dos períodos de armazenamento.

A esterase é uma enzima envolvida em reações de hidrólise de ésteres, desempenhando um papel chave no metabolismo de lipídios, ponto importante no processo deteriorativo de sementes (Vieira, 1996). Neste trabalho não foram observadas alterações nos padrões de bandas dessa enzima em sementes com diferentes qualidades fisiológicas (zimograma não apresentado). Resultados diferentes foram encontrados por Shatters et al. (1994), que observaram aumento da atividade total dessa enzima com o envelhecimento de sementes de soja e por Ribeiro (2000) que também observou aumento no número de bandas de esterase em sementes de algodão, com o envelhecimento artificial.

4.3 Cultivar Robusta Tropical

Para a cultivar Robusta Tropical, observa-se, no resumo da análise de variância (Tabela 2A), interação dupla significativa entre os métodos de secagem e o método de desmucilagem e, ainda, entre o método de secagem e o tempo de armazenamento sobre os valores de condutividade elétrica, além de interação tripla significativa entre todos os fatores estudados, nos demais parâmetros avaliados.

4.3.1 Teste de germinação

Pelos dados da Tabela 17, nota-se que, para todos os tempos de armazenamento, independente do método de desmucilagem, os maiores

valores de germinação foram observados nas sementes secas à sombra, quando comparados aos das sementes secas em secador, com exceção da desmucilagem com hidróxido de sódio, em que, aos quatro meses de armazenamento, não foi observada diferença estatística entre as sementes secas à sombra e em secador. Pelos dados da Tabela 18, nota-se que, apesar da maior incidência de fungos nas sementes secas à sombra, exceto *Aspergillus*, essa maior incidência não influenciou na qualidade fisiológica.

TABELA 17. Porcentagem média de germinação (%) de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	62 aB	47 bB	24 cB
	Sombra	84 aA	70 bA	84 aA
2 meses	Secador	54 aB	45 bB	17 cB
	Sombra	82 aA	61 bA	63 bA
4 meses	Secador	28 aB	18 bA	6 cB
	Sombra	46 aA	19 cA	29 bA

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

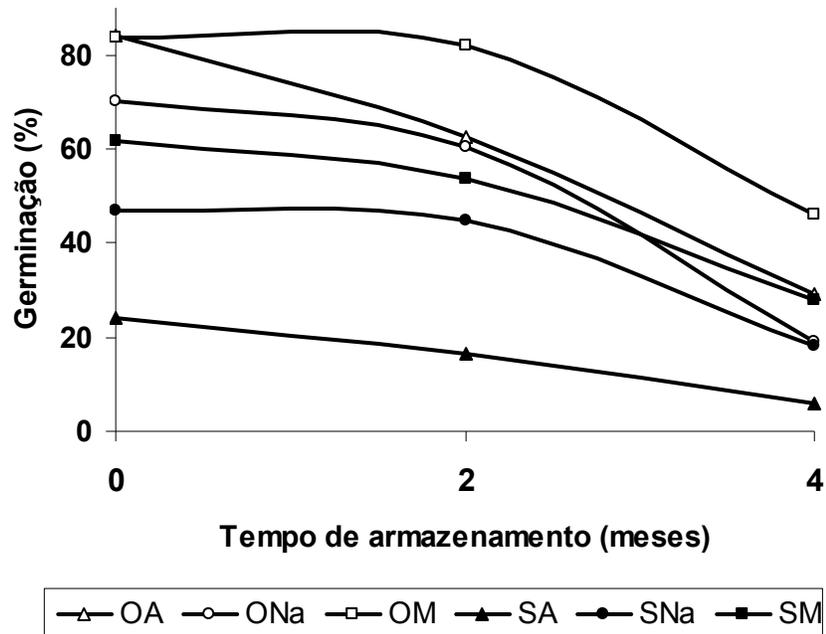
De maneira geral, os maiores valores de germinação foram observados quando foi realizada a desmucilagem mecânica e as sementes secas à sombra. Veiga (2005) também observou que a secagem em secador a 35°C causou prejuízos à qualidade das sementes de *C. arabica* cv. Rubi, colhidas no estádio cereja, quando comparada com a secagem à sombra. Essa diferença foi detectada

por meio dos testes de protrusão radicular, de matéria seca de plântulas e do índice de velocidade de emergência. No entanto, o referido autor não detectou diferenças entre os dois métodos de secagem, quando as sementes foram avaliadas pelos testes de germinação e condutividade elétrica.

TABELA 18. Porcentagem de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, em que foi detectada a presença de fungos, aos 0 e 4 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Secagem	Microrganismo	Método de desmucilagem					
		Mecânico		NaOH		Água	
		0	4	0	4	0	4
Secador	<i>Fusarium</i>	5	2	1	6	1	1
	<i>Aspergillus</i>	7	14	5	26	2	4
	<i>Cladosporium</i>	0	0	0	1	0	1
	<i>Penicillium</i>	1	0	0	2	1	0
	<i>Alternaria</i>	0	0	0	0	0	0
Sombra	<i>Fusarium</i>	24	31	21	6	40	68
	<i>Aspergillus</i>	2	8	1	0	1	3
	<i>Cladosporium</i>	9	1	3	0	1	0
	<i>Penicillium</i>	2	5	0	2	1	1
	<i>Alternaria</i>	2	0	0	0	0	0

Pela análise de regressão, pode-se observar, no gráfico da Figura 10, que, nas sementes secas à sombra, desmuciladas mecanicamente (OM) e nas secas em secador, desmuciladas em hidróxido de sódio (SNa), houve efeito quadrático sobre a germinação, em função do tempo de armazenamento.



Legenda:

OA: secas à sombra, desmuciladas em água: $y = -13,75x + 86,0$, $R^2 = 0,98$
 ONa: secas à sombra, desmuciladas via NaOH: $y = -12,75x + 75,333$, $R^2 = 0,88$
 OM: secas à sombra, desmuciladas mecânica: $y = -4,3125x^2 + 7,875x + 83,5$, $R^2 = 1$
 SA: secas em secador, desmuciladas em água: $y = -4,5x + 24,5$, $R^2 = 0,99$
 SNa: secas em secador, desmuciladas via NaOH: $y = -3,075x^2 + 5,05x + 47,0$, $R^2 = 1$
 SM: secas em secador, desmuciladas mecânica: $y = -8,375x + 64,417$, $R^2 = 0,92$

FIGURA 10. Estimativa dos valores de germinação de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Houve redução drástica da germinação após quatro meses de armazenamento, indicando que esta cultivar apresenta menor potencial de armazenamento do que sementes da espécie *arabica*. Foi também

observado aumento na incidência, principalmente de fungos de armazenamento (Tabela 19), aos quatro meses de armazenamento. Rosa et al. (2005) observaram, em sementes de *C. canephora*, cv. Aboatã, valores aceitáveis de germinação aos quatro meses de armazenamento em condições semelhantes às adotadas no presente trabalho.

4.3.2 Teste de emergência

Pode-se verificar, pelos dados da Tabela 19, que a qualidade das sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, no tempo 0 e aos 4 meses de armazenamento, assim como as sementes desmuciladas mecanicamente, após 2 meses de armazenamento, não foi influenciada pelos métodos de secagem, quando avaliadas pelo teste de emergência. Já para as sementes desmuciladas pela fermentação em água, em todos os tempos de armazenamento, como também para as desmuciladas mecanicamente, no tempo 0 e aos 4 meses de armazenamento, as maiores porcentagens de emergência foram alcançadas nas sementes secas à sombra.

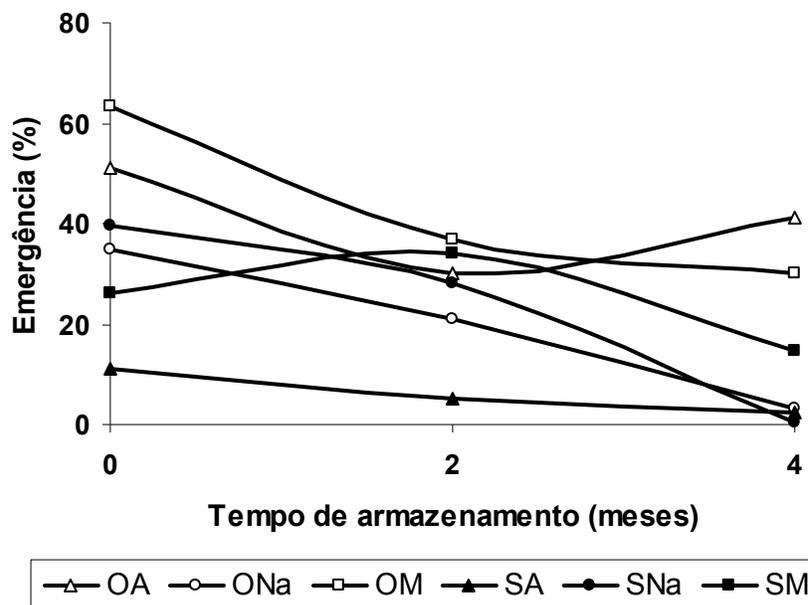
Observa-se que as sementes da cv. Robusta Tropical apresentam baixo vigor avaliado pela porcentagem de emergência, principalmente aquelas submetidas à desmucilagem com hidróxido de sódio ou secas em secador. As sementes secas à sombra também apresentaram baixos valores de emergência aos quatro meses de armazenamento.

TABELA 19. Porcentagem de emergência de plântulas desenvolvidas a partir de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	26,0 aB	39,5 aA	11,0 bB
	Sombra	63,5 aA	35,0 bA	51,0 abA
2 meses	Secador	34,0 aA	28,0 aA	5,0 bB
	Sombra	36,8 aA	20,8 bA	30,0 abA
4 meses	Secador	14,5 aB	0,5 bB	2,5 aB
	Sombra	30,0 aA	3,0 bA	41,0 aA

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

Pela análise de regressão, observa-se, no gráfico da Figura 11, que, nas sementes secas à sombra e desmuciladas em água, assim como naquelas secas em secador e desmuciladas mecanicamente, foi ajustada uma função quadrática para a emergência de plântulas, em função do tempo de armazenamento. Já naquelas secas à sombra e desmuciladas mecanicamente e em hidróxido de sódio, como também naquelas secas em secador e desmuciladas em água e com hidróxido de sódio, a função foi linear. Em todos os tratamentos, houve redução nas porcentagens de emergência aos quatro meses de armazenamento, quando comparadas com o início do armazenamento.



Legenda:

OA: secas à sombra, desmucilagem em água: $y = 4,0x^2 - 18,5x + 51,0$, $R^2 = 1$

ONa: secas à sombra, desmucilagem via NaOH: $y = - 8,0x + 35,6$, $R^2 = 0,99$

OM: secas à sombra, desmucilagem mecânica: $y = - 8,375x + 60,183$, $R^2 = 0,89$

SA: secas em secador, desmucilagem em água: $y = - 2,125x + 10,417$, $R^2 = 0,95$

SNa: secas em secador, desmucilagem via NaOH: $y = - 9,75x + 42,16$, $R^2 = 0,95$

SM: secas em secador, desmucilagem mecânica: $y = - 3,4375x^2 + 10,875x + 26,0$, $R^2 = 1$

FIGURA 11. Estimativa dos valores de emergência de plântulas originadas de sementes de café cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.3.3 Índice de velocidade de emergência

Verifica-se que as sementes desmuciladas em hidróxido de sódio, independente do tempo de armazenamento e aquelas desmuciladas mecanicamente, após dois meses de armazenamento, não sofreram influência do método de secagem, quando avaliadas pelo índice de velocidade de emergência (Tabela 20). Nos demais tratamentos, foi observada diferença significativa

entre os métodos de secagem, tanto na desmucilagem mecânica quanto na em água. Em ambos os métodos de desmucilagem, os valores de índice de velocidade de emergência das sementes secas à sombra foram superiores aos observados nas que foram secas no secador, em todos os tempos de armazenamento.

TABELA 20. Valores médios do índice de velocidade de emergência de plântulas para sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses de armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2005.

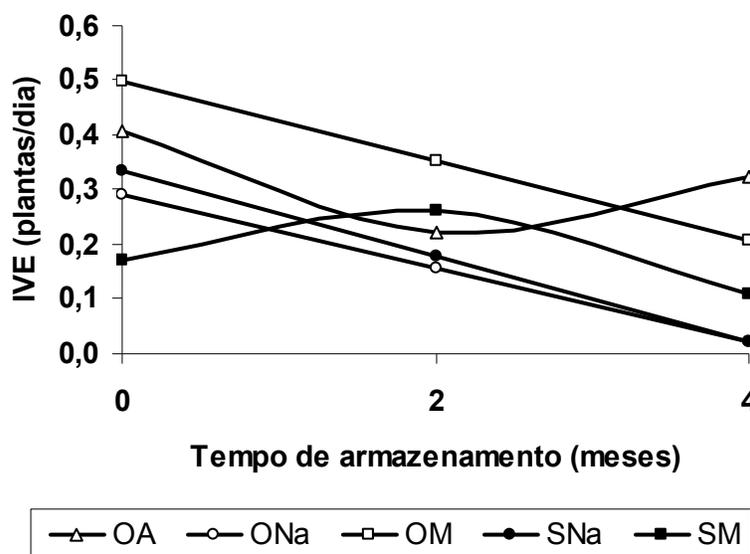
Tempo de armazenamento	Secagem	Métodos de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,17 bB	0,32 aA	0,08 bB
	Sombra	0,53 aA	0,29 cA	0,41 bA
2 meses	Secador	0,26 aA	0,21 aA	0,05 bB
	Sombra	0,29 aA	0,15 bA	0,22 abA
4 meses	Secador	0,11 aB	0,01 aA	0,02 aB
	Sombra	0,24 aA	0,02 bA	0,32 aA

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

Quanto aos métodos de desmucilagem, embora os resultados mostrem superioridade do método mecânico de retirada da mucilagem, não se verifica uma consistência dos resultados. Observa-se, que em cada método de secagem e tempo de armazenamento, houve um efeito distinto do método de desmucilagem.

Pela análise de regressão dos valores do índice de velocidade de emergência em função do tempo de armazenamento, observa-se que, em

sementes secas à sombra e desmuciladas em água e naquelas secas em secador e desmuciladas mecanicamente, houve efeito quadrático sobre o índice de velocidade de emergência, em função do tempo de armazenamento (Figura 12). Nos demais tratamentos, o efeito foi linear. Em todos os tratamentos, foi observada redução nos índices de velocidade de emergência aos quatro meses, quando comparados com o início do armazenamento.



Legenda:

OA: secas à sombra, desmuciladas em água: $y = 0,0356x^2 - 0,1637x + 0,4075$, $R^2 = 1$

ONa: secas à sombra, desmuciladas via NaOH: $y = -0,0675x + 0,2908$, $R^2 = 1$

OM: secas à sombra, desmuciladas mecânica: $y = -0,0725x + 0,4983$, $R^2 = 88$

SNa: secas em secador, desmuciladas via NaOH: $y = -0,0781x + 0,3345$, $R^2 = 97$

SM: secas em secador, desmuciladas mecânica: $y = -0,0303x^2 + 0,1056x + 0,1725$, $R^2 = 1$

FIGURA 12. Estimativa dos valores do índice de velocidade de emergência de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

De maneira geral, maiores valores de germinação e de emergência de plântulas foram observados em sementes desmuciladas mecanicamente e secas à sombra.

4.3.4 Teste de condutividade elétrica

Foram observados maiores valores de condutividade elétrica em sementes secadas em secador, independente do método de desmucilagem (Tabela 21) e para todos os tempos de armazenamento (Tabela 22). O teste de condutividade elétrica avalia a integridade das membranas celulares. As membranas têm sido citadas como um dos principais locais de danos após secagem e podem ser consideradas como indicador precoce de dano induzido por dessecação, por meio de lixiviação de soluções citoplasmáticas (Crowe et al., 1989). Os resultados obtidos no presente trabalho confirmam essas afirmações, uma vez que, por meio do teste de condutividade elétrica, detectou-se uma desestruturação no sistema de membranas nas sementes submetidas a uma secagem mais rápida.

De maneira geral, menores valores de condutividade elétrica foram observados em sementes secas à sombra e desmuciladas mecanicamente e sob fermentação em água.

TABELA 21. Valores médios da condutividade elétrica de massa de sementes de cafeeiro cultivar Robusta Tropical ($\mu\text{mhoscm}^{-1}\text{g}^{-1}$) submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Secagem	Métodos de desmucilagem		
	Mecânica	NaOH	Água
Secador	103,5 aB	171,7 bB	154,8 bB
Sombra	66,1 abA	81,1 bA	47,2 aA

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

TABELA 22. Valores médios da condutividade elétrica de massa de sementes de cafeeiro cultivar Robusta Tropical ($\mu\text{mhoscm}^{-1}\text{g}^{-1}$) submetidas a diferentes métodos de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

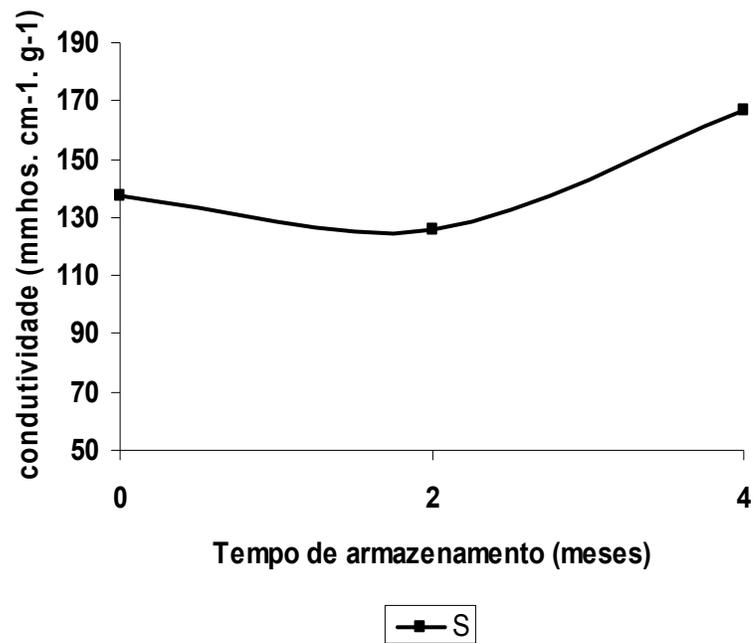
Tempo de armazenamento	Métodos de secagem	
	Secador	Sombra
0	137,5 bA	64,8 aA
2	125,7 bA	61,8 aA
4	166,9 bB	67,9 aA

As médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pela análise de regressão dos valores de condutividade elétrica em função do tempo de armazenamento, observa-se que, para as sementes secas em secador, foi ajustado um modelo quadrático para a condutividade elétrica ao longo do armazenamento (Figura 13). Nessas sementes, foi observado um valor mínimo de condutividade elétrica ($123,65\mu\text{mhoscm}^{-1}\text{g}^{-1}$) a 1,45 mês de armazenamento. Esse valor aumentou para $166,87\mu\text{mhoscm}^{-1}\text{g}^{-1}$, aos quatro

meses de armazenamento. Já em sementes secas à sombra, não houve diferença significativa nos valores de condutividade elétrica ao longo do armazenamento.

Maiores valores de condutividade elétrica foram observados ao final de quatro meses de armazenamento, quando comparados com o tempo zero (Tabela 22). Esses resultados estão coerentes com os menores valores de germinação e de emergência de plântulas observados nas sementes de cafeeiro da cultivar Robusta Tropical, aos quatro meses de armazenamento (Tabelas 17 e 19).



Legenda: S: secas em secador: $y = 6,6177x^2 - 19,1145x + 137,45$, $R^2 = 1$

FIGURA 13. Estimativa dos valores de condutividade elétrica de massa de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical ($\mu\text{mhos cm}^{-1}\text{g}^{-1}$), submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.3.5 Polifenóis

Pode ser observado, pelos dados da Tabela 23, que o teor de polifenóis em sementes desmuciladas com hidróxido de sódio, no início do armazenamento, não foi alterado significativamente pelo método de secagem. Para esse mesmo método de desmucilagem, após dois e quatro meses de armazenamento, assim como para as sementes desmuciladas em água, no início e aos quatro meses de armazenamento e também para aquelas desmuciladas mecanicamente, no início e aos dois meses de armazenamento, os maiores teores de polifenóis foram observados nas sementes secas em secador. Já para as sementes desmuciladas pela fermentação em água após dois meses de armazenamento e para aquelas desmuciladas mecanicamente, aos quatro meses de armazenamento, os maiores teores desses compostos foram obtidos nas sementes secas à sombra.

Alta atividade da polifenoxidase propicia menores valores dos polifenóis, os quais constituem os principais substratos dessa enzima (Amorim & Silva, 1968). Esse comportamento pode ser observado, principalmente, no tempo zero, em sementes submetidas a desmucilagem mecânica e à secagem à sombra; aos dois meses de armazenamento, quando da desmucilagem mecânica e com hidróxido de sódio e secagem à sombra e aos quatro meses de armazenamento, em sementes desmuciladas em água e com hidróxido de sódio e secas à sombra (Tabelas 23 e 24).

As cultivares de *Coffea canephora* contêm maiores teores de polifenóis do que as de *C. arabica*. Fernandes et al. (2001) encontraram teores de polifenóis de 8,87% para *C. canephora* e Pádua et al. (2001) detectaram valores de 9,95% para a referida espécie. Uma redução nos teores de polifenóis foi observada no presente trabalho (média de 6,9%) e esta redução, provavelmente, está relacionada à colheita de frutos no estágio cereja, o que proporcionou uma

diminuição nos valores desses compostos, segundo Pimenta & Vilela (2001).

De maneira geral, menores valores de polifenóis foram observados em sementes desmuciladas mecanicamente e com hidróxido de sódio e secas à sombra.

TABELA 23. Valores médios de polifenóis (%) em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	7,7 bA	6,1 cA	7,9 aA
	Sombra	6,6 bB	6,0 cA	7,4 aB
2 meses	Secador	7,4 bA	7,7 aA	6,7 cB
	Sombra	6,7 bB	6,3 cB	7,1 aA
4 meses	Secador	6,1 cB	7,4 bA	7,5 aA
	Sombra	6,3 bA	6,1 cB	6,6 aB

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

4.3.6 Polifenoloxidase

Em sementes desmuciladas com água, no tempo zero e após dois meses de armazenamento, naquelas desmuciladas com hidróxido, no tempo zero, como também naquelas desmuciladas mecanicamente, após quatro meses de armazenamento, não houve diferenças significativas na atividade da polifenoloxidase, independente do método de secagem utilizado (Tabela 24). Já

nos demais tratamentos, houve diferença significativa entre os métodos de secagem e maior atividade dessa enzima foi observada nas sementes secadas à sombra. Segundo Amorim (1978), sementes que apresentam atividade da polifenoloxidase mais elevada são aquelas com maior integridade no sistema de membranas. Este fato foi confirmado pelos menores valores de condutividade elétrica (Tabelas 21 e 22) e melhor qualidade fisiológica verificada nos testes de germinação (Tabela 17), de emergência de plântulas (Tabela 19) e de índice de velocidade de emergência (Tabela 20).

TABELA 24. Valores médios da atividade da polifenoloxidase ($U \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$) em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	62,6 bB	64,2 aA	62,2 bA
	Sombra	64,4 aA	63,3 ab A	62,2 bA
2 meses	Secador	60,7 bB	60,7 bB	63,3 aA
	Sombra	65,2 aA	63,8 bA	62,6 bA
4 meses	Secador	63,8 aA	61,4 bB	63,0 aB
	Sombra	64,6 aA	64,2 aA	64,3 aA

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

No presente trabalho, a atividade média da polifenoloxidase em sementes da cultivar Robusta Tropical foi de $63,13 U \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ e também se enquadra na categoria intermediária da classificação proposta por Carvalho et al. (1994), que varia de $55,99 U \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ a $67,66 U \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

4.3.7 Conteúdo de açúcares

A sacarose também representa quase a totalidade dos açúcares livres em sementes de cafeeiro da cultivar Robusta Tropical (Tabelas 25, 26, 27, 28 e 29). Em sementes de *Coffea canephora*, Rotemberg & Iachan (1972) encontraram porcentagem de sacarose de 4,2% e Abraham (1992) observou variações nos teores desse composto de 5% a 7%. Na presente pesquisa, os teores desse açúcar (média de 2,7%) foram mais baixos que os encontrados pelos autores citados.

Os menores valores de sacarose foram encontrados nas sementes desmuciladas em água e secas em secador, no início do armazenamento. Ao comparar esse resultado com os observados nos testes utilizados para a avaliação fisiológica, foram verificados menores valores de germinação, emergência, IVE e maiores de condutividade elétrica em sementes submetidas a esses tratamentos.

TABELA 25. Porcentagem de sacarose em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	3,38	2,80	1,90
	Sombra	2,30	2,18	2,70
4 meses	Secador	2,11	2,33	2,13
	Sombra	2,84	3,04	2,37

TABELA 26. Porcentagem de frutose em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,0	0,0	0,0
	Sombra	0,0	0,0	0,0
4 meses	Secador	0,0	0,0	0,0
	Sombra	0,0	0,0	0,04

TABELA 27. Porcentagem de glicose em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,0	0,0	0,0
	Sombra	0,0	0,12	0,28
4 meses	Secador	0,09	0,12	0,02
	Sombra	0,01	0,0	0,10

TABELA 28. Porcentagem de rafinose em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem		
		Mecânico	NaOH	Água
0 meses	Secador	0,35	0,36	0,39
	Sombra	0,47	0,45	0,49
4 meses	Secador	0,41	0,41	0,45
	Sombra	0,33	0,14	0,42

TABELA 29. Porcentagem de estaquiose em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem e de secagem, armazenadas por 0 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Tempo de armazenamento	Secagem	Método de desmucilagem			
		Mecânico	NaOH	Água	Médias
0 meses	Secador	0,50	0,14	0,29	0,31
	Sombra	0,23	0,09	0,20	0,17
4 meses	Secador	0,25	0,19	0,18	0,21
	Sombra	0,22	0,65	0,42	0,42

O acúmulo de sacarose e oligossacarídeos, durante a maturação de sementes, tem sido associado com a aquisição de tolerância à dessecação, podendo estabilizar macromoléculas (Colaco et al., 1992) e estrutura de

membranas (Leprince et al., 1993), durante a dessecação. A sacarose é um açúcar não redutor, portanto, menos reativo e considerado componente protetor contra radicais livres (Kraner & Grill, 1996). Pela presente pesquisa, foram observados baixos teores de sacarose nas sementes de *Coffea canephora* em contraste aos altos teores em sementes de *Coffea arabica*. Resultados semelhantes foram constatados por Clifford (1985) e Brandão Júnior (2000).

Esses resultados dão suporte ao comportamento diferencial das duas espécies em relação à tolerância à dessecação, em que sementes de *C. arabica* apresentam comportamento intermediário, enquanto as de *C. canephora* apresentam-se intolerantes à dessecação. Todavia, acúmulo de sacarose em sementes de cafeeiro pode não ser o único fator na aquisição de tolerância à dessecação em sementes, como já mencionado por Blackman et al. (1991) e Guimarães (2000).

4.3.8 Análise de proteínas resistentes ao calor

Pela análise de proteínas resistentes ao calor (Figura 14), observa-se zimograma semelhante nas sementes submetidas aos diferentes métodos de desmucilagem e de secagem. Guimarães (2000) observou presença de bandas de proteínas resistentes ao calor em sementes de *Coffea arabica* cv. Rubi, colhidas nos estádios verde, verde-cana e cereja, independente do método de secagem. Também verificou a ausência de determinadas bandas nas sementes não submetidas à secagem, mais evidente no estágio cereja. O autor relacionou este fato à intolerância à dessecação demonstrada por estas sementes.

Os resultados observados na presente pesquisa podem ser atribuídos à temperatura utilizada na secagem rápida, que foi de 35⁰C, que não causou estresse suficiente na semente que proporcionasse o aparecimento de bandas dessas proteínas. Há, ainda, o fato de que todas as sementes foram colhidas

no estágio cereja e, como essas proteínas se armazenam nos últimos estágios de desenvolvimento das sementes, as mesmas já estavam sintetizadas e, como são estáveis, devido à grande proporção de aminoácidos hidrofílicos que apresentam na sua composição, não foram influenciadas pelos métodos de secagem. Também não foram observadas alterações no zimograma dessas proteínas durante o armazenamento.

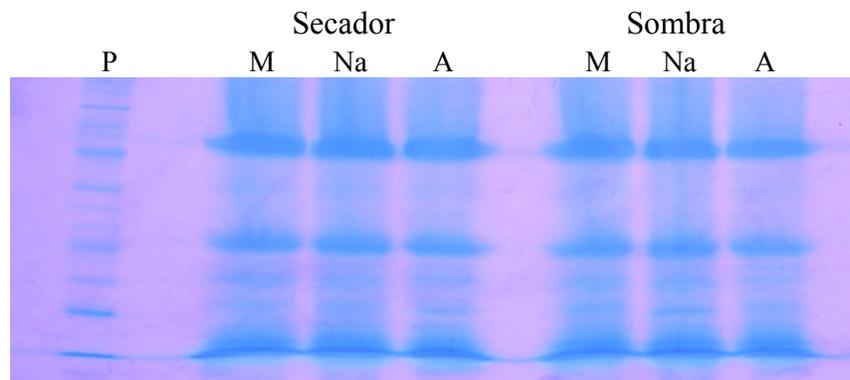


FIGURA 14. Perfil eletroforético de proteínas extraídas pelo calor em sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem [mecânico (M), com hidróxido de sódio (Na) e imersas em água (A)] e de secagem, no início do armazenamento. Padrão com peso molecular em kDa conhecido (P). UFLA, Lavras, MG, 2005.

4.4.9 Análise isoenzimática

Para a cultivar Robusta Tropical, os resultados obtidos na análise isoenzimática foram similares àqueles encontrados para a cultivar Acaiá, para todas as enzimas, de tal maneira que as considerações feitas naquele item (4.2.9) são válidas para essa cultivar.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nessa pesquisa foram constatados os vários fatores que interferem na armazenabilidade de sementes de *C. arabica* e de *C. canephora*. Desses fatores, pode-se citar os métodos de desmucilagem e de secagem, os quais interagem entre si, de forma que o melhor método de secagem depende do método de desmucilagem empregado. Vale ressaltar que, de forma geral, a desmucilagem mecânica associada à secagem à sombra proporcionou melhor qualidade das sementes de cafeeiro durante o armazenamento. No Brasil não tem sido observada por parte dos produtores essa preocupação, sendo esses processos realizados muitas vezes empiricamente. Apesar de em várias pesquisas ter sido abordado que o método de desmucilagem não interfere na qualidade fisiológica das sementes, nesse trabalho foi observado que a desmucilagem por meio do hidróxido de sódio é prejudicial à qualidade das sementes de cafeeiro. Sugerem-se dessa forma, outros estudos procurando elucidar aspectos relacionados com esses processos e com a qualidade das sementes dessas espécies. Ainda pelos resultados obtidos ficam evidenciadas as diferenças no comportamento de sementes de *C. arabica* e de *C. canephora*, as quais podem também interferir nos métodos, principalmente de secagem adotados. Sementes de *C. canephora* são mais sensíveis à secagem rápida em relação às de *C. arabica*. Nessa pesquisa foi confirmado o caráter de intolerância à dessecação observado em sementes dessa espécie quando comparadas às sementes de *C. arabica*. Estudos bioquímicos são importantes para elucidação desse comportamento, no presente trabalho maiores porcentagens de sacarose, açúcar envolvido na tolerância à dessecação, foram observados em sementes de *C. arabica*. Ainda é importante estudar proteínas envolvidas nessa característica, como as resistentes ao calor, apesar de não ter sido observadas diferenças nos métodos de desmucilagem e de secagem adotados.

6 CONCLUSÕES

Há interação entre os métodos de desmucilagem e de secagem na qualidade fisiológica das sementes de cafeeiro, indicando que a escolha do método de secagem a ser utilizado depende do método de desmucilagem adotado.

Desmucilagem com imersão em solução de hidróxido de sódio 0,05% é prejudicial à qualidade das sementes de cafeeiro.

Independente da espécie, há redução do vigor nas sementes de cafeeiro após oito meses de armazenamneto.

Desmucilagem mecânica e fermentação em água e secagem à sombra propiciam melhor qualidade para as sementes da cultivar Acaiá.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T. T. (Ed.) **Seed Biology**. New York: Academic Press, 1972. p. 283-315.

ABRAHAM, K. O. **Guide on food products**. Bombay: Spelt Trade Publications, 1992. v. 2, p. 1-14. (Coffee & coffee products).

ALFENAS, A. C.; BRUNE, W. Eletroforese em gel de poliacrilamida. In: AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1998. 85 p.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 85 p. Tese (Livre Docente em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMORIM, H. V.; SILVA, D. M. Relationship between the polyphenoloxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. **Nature**, London, v. 219, n. 5152, p. 381-382, July 1968.

AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A. A.; GUERCIDO, M. A.; CRUZ, V. F.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage: II. Phenolic compounds. **Turrialba**, San José, v. 24, n. 2, p. 217-221, apr./jun. 1974.

ANDERSON, J. D.; BAKER, J. E. Deterioration of seeds during aging. **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, n. 2, p. 321-325, Feb. 1983.

ANDREOLI, D. M. C. **Qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea canephora* L. cv. Guarini) armazenadas com diferentes graus de umidade em dois tipos de embalagens após secagem natural e artificial**. 1992. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

ARAÚJO, R. F. **Influência do teor de umidade, da embalagem e do ambiente de armazenamento na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 1988. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ARCILA-PULGARIN, J. Influencia de la temperatura de secado en la germinacion de las semillas de café. **Cenicafé**, Caldas, v. 27, n. 2, p. 89-91, apr./jun. 1976.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. 2 v.

AVALLONE, S.; GUIRAUD, J. P.; GUYOT, B.; OLGUIN, E.; BRILLOUET, J. M. Fate of mucilage cell wall polysaccharides during coffee fermentation. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 11, p. 5556-5559, Nov. 2001.

BACCHI, O. Estudos sobre a conservação de sementes de café. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 20, p. 261-270, dez. 1958.

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

BAKER, J.; STEELE, C.; AND DURS, L. III. Sequence and characterization of 6 Lea proteins and their genes from cotton. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 11, n. 3, p. 277-291, 1988.

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 Tecnology**, Zurich, v. 19, n. 2, p. 279-286, 1991.

BEWLEY, J. D. Physiological aspects of desiccation tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 30, p. 185-238, 1979.

BLACKMAN, S. A.; WETTLAUFER, S. H.; OBENDORF, R. L.; LEOPOLD, A. C. Maturation proteins associated with desiccation on tolerance in soybean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, n. 3, p. 868-874, July 1991.

BLACKMAN, S. A.; WETTLAUFER, S. H.; OBENDORF, R. L.; LEOPOLD, A. C. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, n. 1, p. 225-230, Sept. 1992.

BOUHARMONT, P. La conservation des graines de caféier, destinées à la multiplication au Cameroun. **Café, Cacao Thé**, Paris, v. 15, n. 3, p. 202-210, jui./sept. 1971.

BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. **Eletroforese de proteína e isoenzima na avaliação da qualidade de sementes de milho**. 1996. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. **Marcadores da tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro**.). 2000. 144 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BRANDÃO JUNIOR, 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 e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.

BRENAC, P.; HORBOWICZ, M.; DOWNER, S. M.; DICKERMAN, A. M.; SMITH, M. E.; OBENDORF, R. L. Raffinose accumulation related to desiccation tolerance during maize (*Zea mays* L.) seed development and maturation. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 150, n. 4, p. 481-488, Mar. 1997.

CAMARGO, D. M.; GROTH, D.; RAZERA, L. F. Armazenamento de sementes de café (*Coffea canepora* L. cv. Guarani) condicionadas em dois tipos de embalagens após secagem natural e artificial. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 1/2, p. 87-95, jul./dez 1993.

CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARVALHAES. Disponível em: <<http://www.carvalhaes.com.br>>. Acesso em: 5 ju. 2005.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G. SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3. ed. rev. Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Universidade/UFRGS/Ed. da UFSC, 2001. p. 443-459.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes, ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 240-244.

CARVALHO, V. D. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. v. 2, 73 p.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. de R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-454, mar. 1994.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M. S.; CHAGAS, S. J. de R. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 183, p. 5-20, 1997.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M.; CHAGAS, S. J. de R. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., Maringá, PR. **Anais...** Rio de Janeiro: MEC/IBC, 1989. p. 25-26.

CHAGAS, S. J. de R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**. 1994. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. de. **Colheita e Preparo do café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 49 p.

CHAUHAN, K. P. S.; GOPINATHAN, M. C.; BABU, C. R. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 13, n. 3, p. 629-641, 1985.

CLARKE, R. J. Green coffee processing. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. New York. 1987. p. 230-250.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee**. Essex: Elsevier Science Publishers, 1985. v. 1, 306 p.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee**. London: Elsevier Science Publishers, 1985. p. 153-202.

COLACO, C.; SEN, S.; THANGAVELU, M.; PINDER, S.; ROSER, B. Extraordinary stability of enzymes dried in trehalose: simplified molecular biology. **Biotechnology**, New York, v. 10, n. 9, p. 1007-1010, Sept. 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/levantamento/_safra_cafe_2005_%.doc>. Acesso em: 4 jul. 2005.

CONN, E. C.; STUMPF, P. K. **Introdução à Bioquímica**. São Paulo: Edgard Bliicher, 1980. 451 p.

COPELAND, L. O.; McDONALD., M. B. **Principles of seed science and technology**. 3. ed. Boston: KAP, 1995. 409 p.

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

CROWE, J. H.; CROWE, L. M. Differential desiccation sensitivity of corn and *Pennisetum* pollen linked to their sucrose contents. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 83-91, Jan. 1989.

CROWE, J. H.; CROWE, L. M.; HOESKSTRA, F. A.; AURELL WISTROM, C. Effects of water on the stability of phospholipid bilayers: the problem of imbibition damage in dry organisms. In: STANWOOD, P. C.; MCDONALD, M. B. (Ed.). **Seed moisture**. Madison: Crop Science Society of America, 1989. p. 1-22. (CSSA Special Publication, 14).

DE PAULA, M.; PÉREZ-OTAOLA, M.; DARDER, M.; TORRES, M.; FRUTOS, G.; MARTÍNEZ-HONDUVILLA, C. J. Function of the ascorbate-glutathione cycle in aged sunflower seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 96, n. 4, p. 543-550, Apr. 1996.

DELOUCHE, J. C. Physiology of seed storage. In: CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 23., 1968, Washington. **Proceedings...** Washington: American Seed Trade Association, 1968. p. 83-90.

DIAS, M. C. L. L.; BARROS, A. S. R. Avaliação de métodos para remoção de mucilagem de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF., v. 15, n. 1/2, p. 197-202, jun./dez. 1993a.

DIAS, M. C. L. L.; BARROS, A. S. R. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 197-202, 1993b.

DRAETTA, I. S.; LIMA, D. C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 7, p. 3-28, jun. 1976.

EIRA, M. T. S.; WALTERS, C.; CALDAS, L. S. Water sorption isotherms in *Coffea* spp. seeds and embryos. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 4, p. 321-330, Dec. 1999a.

EIRA, M. T. S.; WALTERS, C.; CALDAS, L. S.; FAZUOLI, L. C.; SAMPAIO, J. B.; DIAS, M. C. L. L. Tolerance of coffee spp. seeds to desiccation and low temperature. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 97-105, ago. 1999b.

ELIAS, L. G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: BRAHAM, J. E.; BRESSANI, R. (Ed.). **Pulpa de café: composición, tecnología y utilización**. Panamá: INCAP, 1978. p. 19-29.

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

FARIA, M. A. V. R. **Maturação de sementes de milho: aspectos físicos, bioquímicos e fisiológicos**. 2003. 129 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; PINTO, N. A. V. D.; NERY, F. C. Polifenóis, sólidos solúveis totais, açúcares totais, redutores e não redutores em grãos de cafés arábica e conilon. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 1574-1579.

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

FOYER, C. H.; DESCOURVIERES, P.; KUNERT, K. J. Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants. **Pant Cell Environment**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 507-523, May 1994.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-382, Dec. 1963.

GUIMARÃES, R. M. **Fisiologia de sementes**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1999. 132 p. (Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato Sensu” por tutoria à distância).

GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.)**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

HAARER, A. E. The propagation of coffee from seed. In: HAARER, A. E. (Ed.). **Modern Coffee Production**. 2. ed. London: Leonard Hill, 1962. p. 97-123.

HERTER, U.; BURRIS, J. S. Evaluating drying injury on corn seed with a conductivity test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 1, p. 625-638, 1989.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic Press, 1995. 253 p.

IMOLESI, A. S. **Efeito da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica, em características morfo-agronômicas e nos padrões eletroforéticos de proteínas e isoenzimas de sementes de milho**. 1999. 57 p. (Dissertação em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

KHAN, M. M.; HENDRY, G. A. F.; ATHERTON, N. M.; VERTUCCI-WALTERS, C. W. Free radical accumulation and lipid peroxidation in testa of rapidly aged soybean seeds: a light – promoted process. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 6, n. 3, p. 101-107, Sept. 1996.

KING, M. W.; ROBERTS, E.H. **The storage of recalcitrant seeds: achievements and possible approaches**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1979.

KOSTER, K. L.; LEOPOLD, A. C. Sugar and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 88, n. 3, p. 829-832, Nov. 1988.

KRANNER, I.; GRILL, D. Significance of thiol-disulfide exchange in resting stages of plant development. **Botanica Acta**, Stuttgart, v. 109, n. 1, p. 8-14, Feb. 1996.

KUO, T. M.; VANMIDDLESWORTH, J. F.; WOLF, W. F. Content of raffinose oligosaccharides and sucrose in various plant seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 36, n. 1, p. 32-36, Jan. 1998.

LANE, B. G. Cellular desiccation and hydration: developmentally regulated proteins, and the maturation and germination of seed embryos. **FASEB Journal**, Bethesda, v. 5, n. 14, p. 2893-2901, Nov. 1991.

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

LEPRINCE, O.; VAN DER WERF, A.; DELTOUR, R.; LAMBERS, H. Respiration pathways in germinating maize radicles correlated with desiccation tolerance and soluble sugars. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 84, n. 4, p. 581-588, Apr. 1992.

LIMA, D. M.; VON PINHO, E. V. R.; ROSA, S. D. F. da; CARVALHO, S. P.; RODRIGUES, A. de B. Qualidade de sementes de *Coffea arabica* cv. Acaia: influência de métodos de degomagem e de secagem. In: SIMPOSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNATIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2003. p. 312-313.

LIMA, S. M. P. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro: efeitos na germinação, vigor e formação de mudas.** 2001. 161 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MACEDO, J. C. C. Preparação de semente de café por fermentação e por exposição ao sol. **Revista do Café Português**, Lisboa, v. 4, n. 13, p. 34-46. 1957.

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

MANSFIELD, M. A.; KEY, J. L. Synthesis of the low molecular weight heat shock proteins in plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 84, n. 4, p. 1007-1017, Aug. 1987.

MATIELLO, J. B. **Gosto do meu cafezal**. Rio de Janeiro: HB Color Gráfica e Editora Ltda, 1997. 262 p.

MATIELLO, J. B. disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp>>. Acesso em: 28 dez. 2004.

MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook on Agriculture**, Edinburgh, v. 14, n. 2, p. 89-94, 1985.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. (Ed.). **Cafeicultura empresarial- produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. v. 1, p. 1-99.

MENEZES, H. C. **Variação de monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com a maturação do café**. 1990. 120 p. (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

MIGLIORANZA, E. **Conservação de semente de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com diferentes teores de umidade, armazenadas em embalagens hermeticamente fechadas**. 1982. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MIRANDA, J. M.; CARVALHO, M. M. de; CARVALHO, M. L. de; VIEIRA, M. G. G. C. 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 CAFEIRAS, 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, Jan./Feb. 1982.

OCTAVIANI, J. C.; PREVIERO, C. A.; BIAGI, J. D.; PEREZ, I. G. Influência do processo de secagem natural e da aplicação de benomyl na qualidade fisiológica de sementes de sete cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 24, p. 53-55, dez. 1999.

OCTAVIANI, J. C.; PREVIERO, C. A.; BIAGI, J. D.; PEREZ, I. G. Qualidade fisiológica de sementes de sete cultivares de café (*Coffea arabica* L.) em função dos processos de secagem natural e artificial. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 28-31, 2001.

OHIOKPEHAI, O.; BRUMEN, G.; CLIFFORD, M. N. The chlorogenic acids content of some peculiar green coffee beans and the implications for beverage quality. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 10., 1982, Salvador. **Resumos...** Paris: ASIC, 1982. p. 177-185.

OLIVEIRA, J. C.; SILVA, D. M.; AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A. A. Atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. **Científica**, Botucatu, v. 4, n. 2, p. 114-119, 1976.

OLIVEIRA, J. C.; SILVA, D. M.; TEIXEIRA, A. A.; AMORIM, H. V. Effects of the application of insecticides to control coffee and tea borers on the polyphenol oxidase activity and the beverage quality of coffee. **Científica**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 221-224, 1979.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **El despulpado del café por medio de desmucilagadoras mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto em la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarana em el Estado de Paraná em Brasil**. Londres, 1992. Não paginado. (Reporte de Evaluación Sensorial).

PÁDUA, F. R. M. de; PEREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES, S. M. Polifenóis, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, fibra bruta e resíduo mineral fixo de diferentes espécies de Café arábica e conilon. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 1568-1573.

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

PAMMENTER, N. W.; GREGGAINS, V.; KIOKO, J. I.; WESLEY-SMITH, J.; BERJAK, P.; FINCH-SAVAGE, W. E. Effects of differential drying rates on viability retention of recalcitrant seeds of *Ekebergia capensis*. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, n. 4, p. 463-471, Dec. 1998.

PAMMENTER, N. W.; VERTUCCI, C. W.; BERJAK, P. Homeohydrous (recalcitrant) seeds: dehydration, the state of water and viability characteristics in *Landolphia Kirkii*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, n. 4, p. 1093-1098, Aug. 1991.

PEREIRA, R. G. F. A.; VILLELA, T. C.; ANDRADE, E. T. de. Composição química de grãos de cafés (*Coffea arabica* L.), submetidos a diferentes tipos de pré processamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 826-831.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Compostos fenólicos, atividade da polifenoloxidase, qualidade de bebida e porcentagem de queda do café (*Coffea arabica* L.) colhido em diferentes épocas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2001. p. 832-841.

PONTING, J. D.; JOSLYNG, M. A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, New York, v. 19, n. 1, p. 47-63, 1948.

PRADO FILHO, H. P. A.; KAISER, A. A. P. G; DIAS, M. C. L. L. Comparação de métodos para degomagem no processo de produção de sementes de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., 1984, Londrina. **Resumos ...** Rio de Janeiro: IBC, 1984. p. 79-80.

RAJAGOPAL, A. S. M.; SEN-MANDI, S. Studies on acid and alkaline phosphatases in aged rice embriyos. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 20, n. 2, p. 21-222, 1992.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCWA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos. 1986. p. 13-85.

RIBEIRO, U. P. **Condicionamento fisiológico de sementes de algodão: efeitos sobre a germinação, vigor, atividade enzimática e armazenabilidade**. 2000. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RINANTONIO, V. Coffee. In: **Ullman's Enciclopédia of Industrial Chemistry**. New York, 1987. v. 7, p. 315-338.

- ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 499-514, 1973.
- ROBERTS, E. H.; KING, M. W.; ELLIS, R. H. Recalcitrant seeds: their recognition and storage. In: HOLDEN, J. H. W.; WILLIAMS, J. T. **Crop genetic resources: conservation and evolution**. London: George Allen and Unwin, 1984. p. 38-52.
- ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314 p.
- RODRIGUES, S. J. Semilleros y viveros de café. **Revista de Agricultura de Puerto Rico**, San Juan, v. 44, n. 2, p. 98-102, apr. 1965.
- ROGERS, W. J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugars alcohols, myoinositol, carboxylic acids and inorganic anions in development grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and arabica (*C. arabica*) coffees. **Plant Science**, London, v. 149, n. 2, p. 115-123, Dec. 1999.
- ROSA, S. D. V. F. da.; BRANDÃO JÚNIOR, D. da S.; VON PINHO, E. V. R.; VEIGA, A. D.; SILVA, P. A. da; SILVA, L. H. de C. Effects of different drying rates on the physiological quality of *Coffea canephora* Pierre seeds. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 2, p. 199-205, May/Aug. 2005.
- ROSA, S. D. V. F. da.; VON PINHO, E. V. R.; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Indução de tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho por meio de pré-condicionamento à baixa temperatura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 290-318, 2004.
- ROTENBERG, B.; IACHAN, A. Método químico automático para diferenciação de “café – bebida”. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 67-70, jun. 1972.
- ROVERI JOSÉ, S. C. B. **Tolerância a alta temperatura de secagem de sementes de milho**. 2003. 149 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SACHS, M. M.; FREELING, M.; OKINOTO, R. The anaerobic protein of maize. **Cell**, Cambridge, v. 20, n. 3, p. 761-767, 1980.

SHATTERS, R. G.; ABDELGHANY, A.; ELBAGOURY, O.; WEST, S. H. Soybean seed deterioration and response to osmotic priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germination seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 33-41, Mar. 1994.

SIERRA-GARZÓN, F.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; ROAMEJÍA, G.; ARCILA-PULGARI, J. Evaluación de la pérdida de calidad de la semilla de café durante su beneficio. **International Scientific Colloquium on Coffee**, Paris, v. 13, p. 262-71, 1989.

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

SILVA, E. A. A. da. **Padrões eletroforéticos de isoenzimas e proteínas de sementes e coleóptilos de milho em associação com microrganismos**. 1997. 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SMITH, M. T. The ultrastructures of physiological necrosis in cotyledons of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 3, p. 453-462, 1989.

SUN, W.; MOTANGU, M. V.; VERBRUGGEN, N. Small heat shock proteins and estress tolerance in plants. **Biochimica Biophysica Acta**, Paris, v. 1577, n. 1, p. 1-9, Aug. 2002.

TANKSLEY, S. D.; ORTON, T. J. **Isozymes in plant genetics and breeding**. Part b. 1983.

TEIXEIRA, A. A.; NOGUEIRA, V. S. Novo produto para degomagem de cafés despulpados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu-MG. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1976. p. 87-88.

TRAWATHA, S. E.; TEKRONY, D. M.; HILDEBRAND, D. F. Seed Physiology, Production & Technology. Relationship of Soybean Seed Quality to Fatty Acid and C₆ – Aldehyde Levels during Storage. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1415-1422, Sept./Oct. 1995.

VALENCIA, A. G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida de café. **Cenicafé**, Caldas, v. 23, n. 1, p. 3-18, ene./mar. 1972.

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

VANTOAI, T. T.; FAUSEY, N. R.; MCDONALD JUNIOR, M. B. Anaerobic metabolism enzymes as markers of flooding stress in maize seeds. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 102, n. 1, p. 33-39, 1987.

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.

VEIGA, A. D. Armazenabilidade de sementes de cafeeiro em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem. 2005. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 237-271.

VIEIRA, M. G. C. G. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 127 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VIERLING, E. The role of heat shock proteins in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 579-620, 1991.

VILLELA, F. A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. 1991. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VILLIERS, T. A. Ageing and the longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**, London, 1973. 578 p.

WALTERS, C.; PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. CRANE, J. Desiccation damage, accelerated ageing and respiration in desiccation tolerant and sensitive seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 11, n. 2, p. 135-148, June 2001.

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

WELLMAN, F. L.; TOOLE, V. K. Coffea seed germination as affected by species, diseases and temperature. Proceedings of the cari-bean section, **American Society of Horticultural Sciences**. New York, v. 4, p. 1-6, 1960.

WHITAKER, H. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker, 1972. p. 571-582.

WINSTON, G. W. Physiochemical basis for free radical formation in cells: production and defenses. In: ALSCHER, R. G.; CUMMING, J. R. (Ed.). **Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms**. New York: Wiley-Liss, 1990. p. 57-86.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FURIHATA, Y.; NAKAMAR, Y.; ESASHI, Y. A mechanism of seed deterioration in relation to the compounds envolved by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 49-56, Mar. 1994.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A	
Resumo da análise de variância dos dados obtidos em avaliações da qualidade de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem (mecânico, com hidróxido de sódio e fermentadas em água por 24 horas), de secagem (secador, terreiro suspenso e à sombra) e armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	105
TABELA 2A	
Resumo da análise de variância dos dados obtidos em avaliações da qualidade de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem (mecânico, com hidróxido de sódio e fermentadas em água por 24 horas), de secagem (em secador e à sombra) e armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	106

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos dados obtidos em avaliações da qualidade de sementes de cafeeiro cv. Acaia submetidas a diferentes métodos de desmucilagem (mecânico, com hidróxido de sódio e fermentadas em água por 24 horas), de secagem (secador, terreiro suspenso e à sombra) e armazenadas por 0, 4 e 8 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios e significâncias					
		TG	EM	IVE	CE	PPO	CF
SECAGEM	2	359,2**	128,1**	0,017 ^{ns}	483,4**	16,8**	0,60**
DEGOMAGEM	2	449,5**	384,2**	0,065**	1598,4**	1,2 ^{ns}	0,60**
TEMPO ARMAZ.	2	306,3**	8083,4**	2,069**	192,0*	3,6**	2,09**
SEC* DEG	4	131,7**	672,6**	0,136**	153,0*	6,3**	0,47**
SEC* TEMPO	4	11,9 ^{ns}	238,9**	0,045**	66,4 ^{ns}	14,4**	3,04**
DEG* TEMPO	4	140,9**	495,4**	0,037**	151,2*	5,4**	0,73**
SEC*DEG*TEMPO	8	55,8**	18,2**	0,102**	154,3**	4,5**	0,85**
Erro	81						
CV (%)		5,0	7,8	14,9	17,7	1,1	1,4

Testes de germinação (TG), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE), polifenoloxidase (PPO) e compostos fenólicos (CF);

ns, * e ** = Teste F não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos dados obtidos em avaliações da qualidade de sementes de cafeeiro cv. Robusta Tropical submetidas a diferentes métodos de desmucilagem (mecânico, com hidróxido de sódio e fermentadas em água por 24 horas), de secagem (em secador e à sombra) e armazenadas por 0, 2 e 4 meses. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios e significâncias					
		TG	EM	IVE	CE	PPO	CF
SECAGEM	1	5117,3**	1512,5**	0,347**	110991,2**	26,7**	4,7**
DEGOMAGEM	2	2655,3**	491,3**	0,069**	10557,4**	2,1**	1,6**
TEMPO ARMAZ.	2	7277,3**	1102,2**	0,196**	3509,8**	3,2**	0,4**
SEC* DEG	2	1253,4**	1957,8**	0,131**	8055,3**	5,4**	0,4**
SEC* TEMPO	2	435,0**	177,5**	0,044**	2002,5*	4,6**	0,04**
DEG* TEMPO	4	161,5*	80,6*	0,032**	1001,4 ^{ns}	2,9**	1,6**
SEC*DEG*TEMPO	4	130,9*	187,4**	0,014**	567,4 ^{ns}	4,9**	1,1**
Erro	54						
CV (%)		7,8	18,4	29,9	22,8	0,97	0,54

Testes de germinação (TG), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE), polifenoloxidase (PPO) e compostos fenólicos (CF);

ns, * e ** = Teste F não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

