

MARISE COTTA MACHADO

**VIABILIDADE DA TÉCNICA DE IMERSÃO PARA ARMAZENAGEM
TEMPORÁRIA DOS FRUTOS DE CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M149v
2005 Machado, Marise Cotta, 1968-
Viabilidade da técnica de imersão para armazenagem
temporária de frutos de café. / Marise Cotta Machado. -
Viçosa: UFV, 2005.
xi, 90f. : il. ; 29cm.

Orientador: Juarez de Sousa e Silva.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referência bibliográfica: f. 83-90.

1. Café - Processamento. 2. Café - Secagem. 3. Café -
Qualidade. 4. Café - Fisiologia pós-colheita. I. Universi-
dade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 633.73

MARISE COTTA MACHADO

**VIABILIDADE DA TÉCNICA DE IMERSÃO PARA ARMAZENAGEM
TEMPORÁRIA DOS FRUTOS DE CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 13 de junho de 2005

Prof. Antônio Teixeira Matos
(Conselheiro)

Prof. Onkar Dev Dhingra
(Conselheiro)

Dr. Sérgio M. Lopes Donzeles

Dr. Paulo César Afonso Junior

Prof. Juarez de Sousa e Silva
(Orientador)

À pequena Mariana,
que chegou para engrandecer este trabalho,
DEDICO.

A toda minha família, marido, filho, mãe, irmãos e tias,
OFEREÇO.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade concedida.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D) e a Agência CAPES, pelo suporte financeiro.

Ao professor Juarez de Sousa e Silva, pelas orientações e pela confiança.

Aos professores conselheiros Onkar Dev Dhingra, Antônio Teixeira Matos e Adílio F. de Lacerda Filho, pelas críticas, sugestões, ensinamentos e apoio.

Aos cafeicultores Antônio Brant, Luis Gomide e Edson Alemão, pelo fornecimento de matéria-prima;

Aos colegas da Pós-graduação, em especial Roberta Jimenez Rigueira, pelo companheirismo, pela ajuda, idéias e incentivo.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, José Raimundo, Sebastião “Catitú”, Edson, “Inhame” e ‘Seu’ Juquita, pela ajuda imprescindível para a conclusão desta tese e a todos que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Marise Cotta Machado, filha de José Pataro Machado e Maria das Dores Cotta Machado, nasceu em Ponte Nova, Estado de Minas Gerais, em 9 de julho de 1968.

Em 1986, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em abril de 1992.

Em 1993, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, na área de Mecanização Agrícola, defendendo tese em 1997.

Em 1999 iniciou suas atividades profissionais como pesquisadora do Consórcio de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, CBP&D Café, em convênio com a Universidade Federal de Viçosa, até julho de 2001.

Em agosto de 2001, iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, na área de Pré-Processamento e Armazenagem de Produtos Agrícolas, submetendo-se à defesa de tese, requisito indispensável para obtenção do título de *Doctor Scientiae*, em junho de 2005.

CONTEÚDO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 01.....	4
1.1. INTRODUÇÃO	4
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	5
1.2.1. Pré-processamento, secagem e qualidade do café.....	5
1.2.2. Contaminação microbiológica.....	9
1.2.3. Imersão e Absorção de água.....	10
1.2.4. Desidratação Osmótica (D.O.).....	13
1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
1.3.1. Produto	18
1.3.2. Armazenagem temporária	19
1.3.2.1. Imersão em água	19
1.3.2.2. Imersão em solução osmótica	21
1.3.3. Determinação do teor de água	22
1.3.4. Secagem	22
1.3.5. Análises Microbiológicas	26
1.3.6. Análise Qualitativa (sensorial)	27
1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
1.4.1. Armazenagem temporária dos frutos de café: Imersão em água	28
1.4.1.1. Teor de água de frutos cereja	28
1.4.1.2. Teor de água de frutos bóia	33
1.4.2. Armazenagem temporária de frutos de café: Imersão em solução osmótica	35

1.4.2.1. Teor de água de frutos cereja	35
1.4.2.2. Teor de água de frutos bóia	37
1.4.3. Secagem	38
1.4.3.1. Secagem de frutos imersos em água.....	38
1.4.3.2. Secagem de frutos imersos em solução osmótica.....	43
1.4.4. Análise Microbiológica.....	44
1.4.4.1. Frutos imersos em água	44
1.4.4.2. Frutos cereja imersos em solução osmótica	47
1.4.5. Qualidade do café.....	48
1.4.5.1. Frutos imersos em água	49
1.4.5.2. Frutos imersos em solução osmótica.....	51
CAPÍTULO 02.....	53
2.1. INTRODUÇÃO	53
2.2. REVISÃO DE LITERATURA	54
2.2.1. Águas residuárias do processamento de frutos do cafeeiro	54
2.3. MATERIAIS E MÉTODOS	56
2.3.1. DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	56
2.3.2. DQO – Demanda Química de Oxigênio.....	56
2.3.3. ST - Sólidos totais.....	57
2.3.4. Fósforo, Nitrogênio, Potássio e Sódio	57
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
2.4.1. Análises físicas e químicas da água de imersão	57
2.4.1.1. DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio	57
2.4.1.2. DQO – Demanda Química de Oxigênio	61
2.4.1.3. Sólidos Totais	65
2.4.1.4. Fósforo, nitrogênio, potássio e sódio	65
CAPÍTULO 03.....	71
3.1. INTRODUÇÃO	71
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	72
3.2.1. Produto	72
3.2.2. Montagem do experimento	73

3.2.2. Secagem	74
3.2.3. Análises Microbiológicas	74
3.2.4. Análise Qualitativa (sensorial)	75
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
3.3.1. Secagem	75
3.3.2. Análises Microbiológicas	79
3.3.3. Análise Qualitativa	80
CONCLUSÕES GERAIS	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

RESUMO

MACHADO, Marise Cotta, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2005.
Viabilidade da Técnica de Imersão para Armazenagem Temporária dos Frutos de Café. Orientador: Juarez de Sousa e Silva Conselheiros: Adílio Flauzino de Lacerda Filho, Antônio Teixeira Matos e Onkar Dev Dhingra.

A permanência dos frutos colhidos em condições inadequadas, à espera da secagem, provoca fermentações indesejáveis e deterioração do produto. Por outro lado, a mistura de lotes (de diferentes teores de umidade - frutos recém colhidos com frutos já em processo de secagem) conduz a uma secagem desuniforme. Desta forma, abre-se o precedente para o desenvolvimento de alternativas de pré-tratamento para o fruto recém-colhido que permitam a manutenção da qualidade e a mistura de lotes, quando não é possível a secagem convencional imediata. Esta pesquisa teve por objetivo geral analisar a viabilidade técnica da armazenagem prévia, em imersão, de frutos de café, em diferentes soluções armazenadoras, como pré-tratamento no processamento e secagem, visando a manutenção da qualidade final. Também foram analisados os efeitos da mistura de lotes (imersos por diferentes períodos), a operação de secagem, a ocorrência de fungos e a qualidade da bebida dos lotes submetidos aos diferentes tratamentos, além da água residuária gerada no processo de imersão. Avaliou-se o contato dos frutos com o solo da lavoura e seu efeito na qualidade final da bebida e na contaminação microbiológica. Com base nos resultados obtidos e nas condições estabelecidas,

pode-se concluir que a secagem dos frutos imersos em água por diferentes períodos não apresentou diferenças significativas no processo; A imersão de frutos de café em solução osmótica favoreceu a qualidade da bebida; A técnica de imersão, tanto em água como em solução osmótica, não favoreceu a contaminação microbiológica dos grãos secos. A qualidade final do produto não foi afetada pela utilização da técnica de imersão em água, por períodos de até 5 dias de imersão; A água residuária da imersão apresentou potencial para o seu aproveitamento na fertirrigação, cujas características físicas e químicas correlacionaram com o estágio de maturação e conservação dos frutos; Há viabilidade na utilização da imersão como técnica para armazenagem temporária de frutos cereja e bóia, sem prejuízo para a qualidade final do café. A permanência dos frutos em contato com o solo por períodos de até 21 dias não favoreceu a contaminação por fungos produtores de Ocratoxina A, mas afetou a qualidade da bebida.

ABSTRACT

MACHADO, Marise Cotta, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2005.
Technical Viability of the Coffee Cherry Storage before Processing.
Adviser: Juarez de Sousa e Silva; Committee members: Adílio Flauzino de Lacerda Filho, Antônio Teixeira Matos and Onkar Dev Dhingra.

The permanence of the harvested coffee fruits in inadequate conditions, before drying, causes undesirable fermentations and deterioration of the product. On the other hand, the mixture of lots with different moisture content (coffee fruits recently harvested with coffee in drying process) causes non uniform drying. So, it shown the necessity for the development of pre-processing alternatives that allow the maintenance of the coffee quality and the mixture of lots, when it is not possible the immediate drying. This work had as general objectives the study of the viability of the previous storage of coffee fruits, immersed in different solutions, before drying. The effects of mixing different lots (immersed by different periods), the drying operation, and the occurrence of fungi, the cup quality and the waste water generated by the immersion process were also analyzed. The effect of the coffee fruits contact with the field soil was evaluated in relation to fungi contamination and final cup quality. Based on the results and work conditions, it can be concluded that drying of coffee fruits stored in water till five days, did not present significant differences with the coffee processed in a conventional way; The immersion of coffee fruits in osmotic solution favored the cup quality; The immersion technique,

in water or in osmotic solution, did not favor the contamination; The waste water, whose physical and chemical characteristics are correlated with the coffee fruit maturation and storage period, presented good potential for irrigation. The permanence of the coffee fruits in contact with field soil up to 21 days did not favor OTA producer fungi, but the cup quality was affected; finally it is viable the in water storage technique to facilitate coffee processing in unfavorable weather conditions.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, historicamente, é o maior produtor e exportador de café do mundo, sendo que as exportações já chegaram a representar 80 % do total mundial na década de 1920, passando para 22% em 1998 e em torno de 40%, com 48,5 milhões de sacas produzidas, no ano de 2002/03 (MATIELLI & RUGGIERO, 2003). Segundo a CONAB (2004), a primeira estimativa para a safra 2005/2006 indica uma produção entre 30,7 e 33,0 milhões de sacas.

A cafeicultura foi atividade agrícola pioneira na formação econômica das regiões mais desenvolvidas do Brasil, com grande importância sócio-econômica devido à sua capacidade geradora de empregos e fixadora de mão-de-obra no campo. Autores citados por REIS et al. (2000), indicam que o café chegou a empregar, em 1999, 3,5 milhões de pessoas. A cafeicultura é responsável por um dos mais importantes complexos agroindustriais do Brasil, formado por diversos agentes como fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos, produtores primários, cooperativas, empresas de pré-processamento, exportadores, empacotadores, assistência técnica, grandes compradores internacionais e consumidores internos e externos.

Um aspecto favorável na realidade atual é o crescimento do segmento de cafés especiais no Brasil, que tem estimulado melhorias de qualidade tanto da bebida como de fatores ambientais e sociais. A expansão deste mercado possibilita a obtenção de melhores preços assim como a inclusão de pequenos

produtores. Os sistemas de certificação de cafés especiais se distinguem segundo categorias, como café *Gourmet* (grãos de café arábica de alta qualidade, praticamente isento de defeitos), café de *Origem Certificada* (refere-se às regiões de origem dos plantios), café *Orgânico* (obtido mediante as regras de produção orgânica), sendo a categoria mais recente o café *Fair-Trade*, normalmente consumido em países desenvolvidos, onde os consumidores estão preocupados com as condições sociais e ambientais da produção. Estes consumidores estão dispostos a pagar mais por cafés oriundos de pequenos produtores, criando um grande potencial de inclusão de pequenos produtores no segmento de cafés especiais (SAES et al., 2000). De acordo com SOUZA et al. (2000), a pequena produção de café, associada ao uso do trabalho familiar e conhecimento da realidade local, ajusta-se a esses novos conceitos, desde que o seu produto alcance os padrões mínimos de qualidade requeridos por este mercado. Para pequenos produtores, o resultado mais importante da participação nesses mercados é a equidade nas relações comerciais.

Apesar de todo o contexto mundial favorável à expansão de segmentos da cafeicultura, via produção de qualidade, a realidade da pequena e média cafeicultura ainda está aquém dos níveis qualitativos exigidos na produção. Associando fatores como alto custo de produção, baixos níveis de informação e de tecnologia, torna-se extremamente difícil a produção de café de qualidade. A demanda atual deste segmento consiste em inovações tecnológicas acessíveis, como técnicas e processos que minimizem as perdas qualitativas típicas nos processos de colheita, preparo e secagem dos grãos de café.

O estudo do processo de secagem de grãos de café, conduzido ao longo dos anos em diversas instituições de pesquisas, permite a estimativa segura de resultados efetivos e das conseqüências de secagens mal conduzidas. Entretanto, existem aspectos operacionais do pré-processamento que ainda não apresentam soluções adequadas, como o gerenciamento do fluxo da colheita e da secagem. Problemas associados às características da lavoura, disponibilidade de recursos humanos e de infraestrutura podem levar a baixa eficiência nas unidades de processamento.

A permanência dos frutos colhidos em condições inadequadas, à espera da secagem, provoca fermentações indesejáveis e deterioração do produto. Por outro lado, a mistura de lotes (com diferentes teores de umidade - frutos recém colhidos com frutos já em processo de secagem) conduz a uma secagem desuniforme ou mesmo à produção de grãos de café com qualidades diferentes, fato que, posteriormente, pode afetar a torra no processo de industrialização (SILVA et al., 2001). Desta forma, abre-se o precedente para o desenvolvimento de alternativas de pré-tratamento para o fruto recém-colhido que permitam a manutenção da qualidade e a mistura de lotes, quando não é possível a secagem convencional imediata.

Sendo assim, o estudo de alternativas que regularizem as discrepâncias típicas do processamento do café pode levar a soluções práticas e acessíveis em qualquer nível de produção, por meio de um gerenciamento adequado, contribuindo para a viabilidade econômica da cafeicultura, em termos de qualidade final, nas diversas condições produtivas brasileiras.

Esta pesquisa teve por objetivos analisar a viabilidade técnica da armazenagem prévia, em imersão, de frutos de café em diferentes soluções armazenadoras, como pré-tratamento no processamento e secagem, visando a manutenção da qualidade final. Foram estudados os efeitos da técnica de imersão em relação às soluções armazenadoras e ao tempo de imersão dos frutos na qualidade final dos grãos; Foram também analisados os efeitos da mistura de lotes (imersos por diferentes períodos), a operação de secagem, a ocorrência de fungos e a qualidade da bebida dos lotes submetidos aos diferentes tratamentos. Além disso, avaliaram-se as características físicas e químicas da água residuária gerada no processo de imersão e sua potencialidade para reutilização e disposição como fertirrigação.

No intuito de reforçar a importância de boas práticas na pós-colheita do café, avaliou-se o efeito do tempo de permanência dos frutos em contato com o solo da lavoura, após a colheita, na qualidade final da bebida e na contaminação microbiológica dos grãos.

CAPÍTULO 01

AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE IMERSÃO DE FRUTOS DE CAFÉ: EFEITOS NO PRÉ-PROCESSAMENTO, SECAGEM E QUALIDADE FINAL.

1.1. INTRODUÇÃO

A produção de café de qualidade é hoje o grande desafio do cafeicultor brasileiro devido, principalmente, aos aspectos qualitativos observados nas transações comerciais. Esta demanda por qualidade no produto final leva a crer, em primeiro momento, que a produção de café só seja viável em sistemas altamente tecnificados, ou mediante um grande investimento para atingir este objetivo. A grande maioria dos cafeicultores brasileiros não apresenta este perfil econômico, fazendo-se necessário o desenvolvimento de técnicas que tornem os pequenos e médios cafeicultores competitivos no mercado, por meio da obtenção de qualidade, dentro da sua realidade de produção.

Dentre as principais dúvidas do cafeicultor no âmbito da pós-colheita, destaca-se o ajuste entre o volume colhido diariamente e a capacidade da unidade de processamento. A cadência neste processo é imprescindível, apesar de características inerentes a esta atividade dificultarem a sua manutenção, devido às variações no volume colhido ao longo da safra, à maturação desuniforme dos frutos, às condições climáticas, além do desconhecimento técnico para a manipulação do café cereja. O dimensionamento de sistemas adequados aos períodos de pico da safra eleva o custo operacional. Durante o restante da colheita, existe a dificuldade de adequar lotes menores à capacidade nominal do

secador. Este fato provoca demanda de energia e pode proporcionar desuniformidade na secagem. Para MACHADO et al. (2003b), uma das principais causas para o elevado custo da operação de secagem em lavouras pequenas é a inadequação dos secadores comerciais à pequena produção, que resulta em alto custo de implantação e dificuldade de operar os equipamentos com a eficiência adequada. Quando o sistema de secagem não está adequadamente dimensionado para atender à maior demanda, depara-se com o problema da manutenção de frutos já colhidos, em condições tais que não causem prejuízos qualitativos no produto final.

A utilização da imersão de frutos de café com o intuito da conservação dos frutos sem ônus para a qualidade final do produto é uma técnica inédita, não havendo referências similares na literatura. Sendo assim, as vantagens esperadas com a armazenagem prévia de frutos de café são a possibilidade de ajustes operacionais na unidade de processamento, a manutenção da qualidade e de características organolépticas favoráveis, redução da demanda energética, otimização de sistemas de pré-processamento, baixo custo e facilidade de utilização. Pode-se citar ainda a possibilidade de descascamento da fração de frutos passa, o que levaria a uma secagem mais rápida e um produto de melhor qualidade para esta fração de frutos.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. Pré-processamento, secagem e qualidade do café

A qualidade do café como bebida depende de vários fatores como: a) composição química dos grãos, determinada por fatores genéticos, ambientais e culturais; b) os métodos de colheita, processamento e armazenamento; c) torração e preparo da bebida; sendo que os dois últimos modificam a constituição química dos grãos, alterações estas dependentes da sua composição original (SILVA, 1999). A classificação baseia-se no sabor detectado na chamada prova de xícara,

feita por degustadores treinados, segundo BARTHOLLO et al. (1989), variando de bebida estritamente mole (qualidade superior) a rio zona (qualidade inferior). A bebida pode apresentar nuances de sabor, podendo ser, dentro da característica “mole”, muito encorpado, encorpado e sem corpo. Pode apresentar ainda, leve acidez cítrica ou acética. Deve-se considerar, na apreciação da bebida, a possível ocorrência de gostos estranhos, tais como: gosto de terra, mofo, azedo, “chuvado”, avinagrado, fermentado, enfumaçado e outros.

Vários estudos vêm sendo conduzidos no intuito de se estabelecer relações entre a aplicação de diversas práticas e equipamentos no pré-processamento de frutos de café e a qualidade final do produto, evidenciada pelo teste de bebida (OLIVEIRA et al., 2003a; OLIVEIRA et al., 2003b). Para os autores, a avaliação da qualidade normalmente se restringe à prova de xícara. Pesquisas recentes buscam relacionar a qualidade obtida na análise da bebida com características químicas, como atividade enzimática, acidez titulável, teores de açúcares, entre outras. Entretanto, os resultados obtidos são pouco conclusivos. Os dados obtidos por JACINTHO et al. (2003) mostram que as classificações de bebida mole e apenas mole não apresentaram diferenças estatísticas quanto à ação da polifenoxidase, tanto em amostras de cafés naturais como em cafés descascados.

PIMENTA e VILELA (2003) estudaram o efeito do tempo de amontoa do café colhido à espera da secagem em terreiros, que variou de 0 a 7 dias de amontoa. O café utilizado no experimento apresentava, em média, 54% de cerejas, 23% de passas e bóias e 23% de verdes, mantido em sacos de polietileno trançado. Os autores concluíram que houve perda na qualidade do produto após 1 dia de amontoa. PIMENTA e VILELA (2000), trabalhando com café lavado e amontoado de modo similar, observaram que a perda da qualidade a partir do 3º dia de amontoa. OLIVEIRA et al. (2003a), por sua vez, concluíram que o café amontoado por até 48 horas antes da secagem não apresentam perdas qualitativas, sob os aspectos físico e químico dos grãos.

ROA et al. (1999), em ensaios de armazenagem de frutos tipo cereja mantidos a 4°C, na Colômbia, concluíram ser possível conservar fisicamente o

produto por até 40 h, entretanto, a bebida apresentou o defeito “fermento”, que se acentuou quanto mais lentos os processos de fermentação e lavagem subseqüentes na produção do café despulpado. Em outro ensaio, os autores armazenaram frutos tipo cereja por 24 h antes do processamento. Utilizando os métodos de fermentação natural e enzimática para a remoção da mucilagem, observou-se que, no processamento após as 24 h, o grão de café mais afetado foi aquele obtido por fermentação natural, fato associado ao maior tempo gasto neste método, evidenciando que o processamento mais lento potencializa a redução da qualidade.

ROA et al. (1999) observaram que a mistura de cafés colhidos e despulpados em diferentes dias também possibilita a ocorrência de gostos estranhos na bebida. De acordo com os autores, a mistura de frutos cereja após 20 h resultou em redução na qualidade, bem como a mistura após 40 h, onde os defeitos foram relacionados ao excesso de grãos sobremaduros e a mistura de grãos colhidos e processados em diferentes dias; após 64 h, a perda de qualidade foi observada em 75% das amostras.

A secagem é uma das etapas mais importantes durante o processamento pós-colheita, pois é responsável por grande parte do custo de produção. No Brasil, o processo de secagem artificial em secadores teve maior impulso somente a partir da década de 70. Antes desta época, a maioria dos produtos era seca no próprio campo ou em terreiros (SILVA et al., 2000). Ainda assim, a secagem em terreiros é muito utilizada, principalmente por pequenos e médios produtores. Para tais produtores, LACERDA FILHO (1986) afirmou que os secadores de leito fixo são os mais acessíveis, pois, além de se tratar de método de secagem relativamente simples, possui custo inicial de implantação relativamente baixo. O terreiro-secador, um novo sistema de secagem desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, é alternativa do cafeicultor, em qualquer nível de produção, para a secagem de café. O sistema é adequado tanto para a produção de café cereja descascado como para o café seco integralmente. As vantagens deste sistema são: menor custo de implantação e grandes possibilidades de obtenção de café de qualidade, devido principalmente ao reduzido tempo de secagem,

quando comparado com os sistemas convencionais (DONZELES, 2002; SILVA et al., 2001).

O café, por ser um produto colhido com elevado teor de água (em torno de 60% b.u.) no estágio cereja, requer cuidados especiais, principalmente no processo de secagem. A secagem inicial deve ocorrer de forma rápida, para evitar a ocorrência de fermentações. Sabe-se que a secagem adequada de café depende, em grande parte, do sistema utilizado. Por ser homogêneo e não apresentar o pericarpo, o café despulpado apresenta melhores condições para secagem do que as do café em coco (CASTRO, 1991).

A secagem artificial do café tem tido grande aceitação por agilizar a colheita e, principalmente, por independe das condições climáticas. Em contrapartida, o alto custo de instalação, aliada à exigência de algum conhecimento técnico, dificulta a adoção do sistema pelos pequenos produtores, que são responsáveis por grande parte da produção nacional (MACHADO et al., 2003b).

A seleção ou adequação de um sistema de secagem deve levar em consideração diversos aspectos do processo, como volume de produto a ser processado, técnicas de pré-processamento adotadas e os custos relativos a cada sistema em particular, como demanda de energia e mão de obra. Os preços obtidos na venda do produto estão fortemente ligados à sua qualidade que deve ser preservada, favorecendo assim a relação custo/benefício.

O processamento de café via úmida, para a produção do café tipo cereja descascado, tem vantagens quando comparado ao obtido por via seca, na produção de cafés naturais. A principal razão para a obtenção de qualidade no processamento via úmida é, segundo MORAES e LUCHESE (2003), promover fermentação na água (café cereja despulpado), acompanhada de temperaturas mais baixas nesta fase. O resultado é a ocorrência de baixo nível de componentes indesejáveis resultantes da fermentação butírica. Além disso, os autores salientam a importância da separação dos frutos por estágio de maturação (separação hidráulica) na qualidade final obtida.

1.2.2. Contaminação microbiológica

Para CARVALHO et al. (1997) e PIMENTA e VILELA (2000) a qualidade do grão de café é determinada por fermentações favoráveis ou desfavoráveis, sendo que as reações enzimáticas podem ser responsáveis pela obtenção de boa ou má qualidade da bebida. O desenvolvimento de fungos e bactérias nos grãos afeta a qualidade da bebida e, associada a essas fermentações, existe uma série de microrganismos que podem contribuir positiva ou negativamente no que se refere à qualidade do grão de café. Sendo assim, justifica-se a caracterização microbiológica como ferramenta para a compreensão e predição dos efeitos de técnicas de pré-processamento na qualidade final do produto.

A diversidade microbiológica durante a maturação e o processamento de frutos tipo cereja foi estudada por SILVA et al. (2000). Foi observado que, no processamento via úmida, as condições anaeróbias da fase de fermentação, associadas à temperatura relativamente baixa e o substrato com apenas a mucilagem, concentra a atividade microbiana principalmente na produção de pectinases. No processamento via seca com secagem ao sol, a fermentação da polpa e das cascas faz com que o substrato torne-se mais complexo, podendo ocorrer ainda um aumento na contaminação devido ao reumidecimento causado por chuvas ocasionais ou umidades relativas elevadas, altas temperaturas e condições aeróbias. Sendo a fermentação rápida altamente desejável, o conhecimento da diversidade microbiológica típica do processamento via seca pode ser utilizado como referência na adequação de práticas de pré-processamento que favoreçam a obtenção de qualidade no grão.

Estudando a ocorrência e severidade da contaminação de grãos de café por fungos do gênero *Aspergillus*, FREITAS et al. (2000) concluíram que a contaminação interna dos grãos de café por *Aspergillus* é variável, porém não foi possível detectar correlação com alguma característica da colheita ou do manejo pós-colheita do café.

De acordo com BATISTA et al. (2003), estudos da microbiologia de frutos e grãos de café têm mostrado que os principais gêneros de fungos toxigênicos

(*Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*) são contaminantes naturais do café e estão presentes desde a lavoura até os locais de armazenagem. Espécies de fungos *Aspergillus* e *Penicillium* são capazes de produzir a ocratoxina A, micotoxina nefrotóxica e carcinogênica em humanos.

Segundo MORAES e LUCHESE (2003), a ocratoxina A é produzida por três principais espécies de fungos, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius* e *Penicillium verrucosum*, com pequena contribuição do *Aspergillus niger*, e vem sendo encontrada no café verde, assim como no café torrado.

PIMENTA et al. (2001), estudando a composição microbiana e ocratoxina A em grãos de café mantidos ensacados por diferentes tempos (0 a 7 dias) à espera da secagem, observaram aumento na infecção dos fungos *Fusarium* sp., *Aspergillus niger* e *Aspergillus ochraceus* com o aumento do tempo à espera da secagem. Entretanto, não foi detectada a presença da Ocratoxina A em nenhuma das amostras analisadas.

JOOSTEN et al. (2001), avaliando a produção de Ocratoxina A por *Aspergillus carbonarius* em frutos tipo cereja, variedade robusta, originários da Tailândia, observaram, em laboratório, que grandes quantidades de OTA podem ocorrer nos frutos cereja, sob atmosfera controlada e saturada em água. Em temperaturas de 20 a 30 °C, o acúmulo de OTA foi considerável, mas sob 35 °C, os níveis obtidos foram baixos. Os autores afirmam que a temperatura de 35 °C ou acima desta podem reduzir a produção de OTA durante a secagem.

1.2.3. Imersão e Absorção de água

Os aspectos teóricos do processo de imersão envolvem as teorias de transferência de massa. O termo transferência de massa refere-se ao movimento de moléculas, causado por alguma forma de 'força motriz'. O fenômeno de transferência de massa tem grande importância para as Engenharias Química e de Alimentos, sendo que as áreas de maior interesse são: a difusão molecular em meio estacionário, a difusão molecular em fluidos sob fluxos laminar e turbulento e a transferência de massa entre duas fases (SHERWOOD et al., 1975). Além disso,

os fundamentos teóricos da difusão são também aplicados à desidratação osmótica de alimentos. TREYBAL (1968), SHERWOOD et al. (1975), CLUSSLER (1995) e PERRY et al. (1997) apresentam os detalhes do embasamento teórico da transferência difusiva de massa.

O processo de secagem pode ser melhorado conhecendo-se mais profundamente as relações entre o processamento e a qualidade, visando uma combinação ótima de tecnologias e uso de pré-tratamentos. Diversos estudos avaliam técnicas de pré-processamento em que o produto é mantido em imersão em determinada solução armazenadora. Este procedimento está associado à temperatura da solução, ao período de armazenamento e às características da solução. A definição dessas variáveis é função de fatores inerentes ao produto e a finalidade da operação de imersão.

A técnica de imersão é utilizada para facilitar ou dar características específicas a determinados produtos industrializados, como no caso das indústrias de processamento de frutas e farinhas. Além disso, alimentos desidratados precisam ser reidratados antes do consumo ou quando vão ser utilizados em processos industriais. Nestes casos, o material destinado à imersão apresenta como característica baixos conteúdos de umidade.

KARABULUT et al. (2001) utilizou soluções de diferentes concentrações de bicarbonato de sódio e sais de potássio (potassium sorbate), no tratamento por imersão de cerejas doces, durante curtos períodos, obtendo resultados promissores da técnica, principalmente da solução com bicarbonato de cálcio, no controle da deterioração pós-colheita desta fruta. Segundo KADER (1995), sais são utilizados para a retenção de cor e sabor nos processos de hidratação de alimentos, no âmbito industrial.

Diversos autores afirmam que o tratamento por imersão pode causar o amolecimento de frutos, entretanto, estes efeitos variam com o produto a ser processado (LURIE, 1998; DIAZ-PÉREZ et al., 2001). No processo de industrialização da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), na obtenção da denominada farinha de puba ou farinha d'água, as raízes passam por um período de imersão, em um processo de fermentação. Este período varia de 3 a 4 dias, e

as raízes, após a imersão, tornam-se mais macias e mais fáceis de descascar e processar (FAO, 2003).

Estudando a cinética de absorção de água em grãos de milho, VERMA e PRASAD (1999) observaram que o ganho de umidade correlacionou positivamente com a raiz quadrada do tempo de imersão, em todas as temperaturas estudadas. Os autores trabalharam com temperaturas variando de 30 a 90°C e períodos de imersão de 1 a 15 minutos.

A quantidade de água absorvida aumenta rapidamente nos estágios iniciais de hidratação. Este fato é geralmente atribuído aos capilares presentes nas camadas externas, como a cobertura das sementes e pericarpo. A razão da alta taxa de absorção inicial é explicada pelo fenômeno de difusão. Esta taxa depende da diferença entre a umidade de saturação e umidade em um dado instante, chamada “força motriz” (driving force). Como o conteúdo de água aumenta durante a hidratação esta força decresce e, conseqüentemente, a taxa de absorção (RESIO et al., 2005). Estes autores, avaliando a absorção de água no processamento de amaranto (*Amaranthus cruentus*), observaram que a umidade de saturação cresce com a temperatura de imersão, condizente com resultados obtidos na hidratação da soja. Entretanto, há relatos de efeito inverso, ou seja, redução no teor de umidade de saturação com o aumento da temperatura. Para estes autores, a diferença se deve à desconsideração da perda de sólidos solúveis durante a imersão.

Para prever a absorção de água durante a imersão de grãos de fava (*Vicia faba*), KADER (1995) utilizou a 1ª e a 2ª Leis de Fick, com balanço de massa na interface. O autor observou que a taxa de absorção de água pelos grãos de fava depende principalmente da temperatura e da concentração da solução de imersão, correlacionando-se com o tamanho e a densidade dos grãos. As considerações teóricas adotadas por RESIO et al. (2005) para a predição matemática da absorção de água em grãos de amaranto (*Amaranthus cruentus*) foram: a difusividade efetiva independente do teor de umidade, desconsideração da transferência de calor (grão isotérmico) e o grão é considerado esférico, não sofrendo alterações nas suas dimensões durante o processo.

1.2.4. Desidratação Osmótica (D.O.)

Uma técnica de pré-tratamento largamente utilizada na desidratação de alimentos é a desidratação osmótica ou pré-concentração, que consiste na remoção parcial de água por meio do contato direto do produto com meio hipertônico, como soluções concentradas de açúcar para frutas ou soluções salinas para hortaliças. A solução hipertônica apresenta alta pressão osmótica e baixa atividade de água (PARK et al., 2002).

A imersão do produto em solução aquosa hipertônica leva à perda de água, através da membrana celular, em fluxo difusivo do produto para a solução (SERENO et al., 2001).

A indústria de alimentos explora vários processos de imersão seguidos de secagem a baixas temperaturas, e a desidratação osmótica vem sendo intensamente estudada devido à sua larga aplicação. Por outro lado, os mecanismos de transporte de água e soluto ao nível de tecido ainda não estão completamente esclarecidos (MAURO et al., 2003).

O processo de desidratação de alimentos é caracterizado pela transferência em larga escala de certos componentes, pela membrana celular, especialmente solventes como a água, enquanto que a transferência de solutos é limitada. Este comportamento é devido à permeabilidade seletiva da membrana. Quando o pré-tratamento destrói a estrutura celular, o tecido envolvente perde a sua seletividade e modifica o processo osmótico. A temperatura é um dos fatores envolvidos na ruptura da integridade dos tecidos e membranas. O tempo de exposição também afeta o comportamento dos tecidos: provavelmente, com o passar do tempo, a membrana celular não mais mantém uma barreira efetiva para o soluto, que penetra livremente em várias partes da célula. Os modelos utilizados em estudos não incluem suposições especiais sobre a estrutura celular dos tecidos. Aparentemente, o longo tempo de exposição em solução osmótica leva à degradação da estrutura celular. À medida que o processo de D.O. progride, mudanças ocorrem nos tecidos, alterando os mecanismos envolvidos na transferência de massa. A validade da hipótese da semipermeabilidade das

membranas durante o processo depende do tempo de exposição do tecido na solução.

BARAT et al. (2001), em seus trabalhos, concluíram que a mudança de volume na D.O. em frutos pode ser explicada no caso da redução do volume da fase líquida, pelo fluxo de água e colóides solúveis e no caso das mudanças no volume da fase gasosa, pelo encolhimento da matriz sólida.

É comum basear-se em análises de difusão para descrever os fluxos de massa da desidratação osmótica de amostras de material de diferentes geometrias. Tipicamente, a taxa de perda de água do alimento em solução osmótica decresce depois de um curto período de exposição; este fato sugere que o uso de versões simplificadas da 2ª. Lei de Fick em regime permanente, considerando-se curtos períodos de exposição, concentração constante da solução e resistência externa à transferência de massa desprezível, o que conduz a dependência linear da perda de água e ganho de sólidos com a raiz quadrada do tempo de exposição (SERENO et al., 2001; RASTORGI e RAGHAVARAO, 1997). Estes últimos, estudando processo de DO de cenouras, observaram que os coeficientes de difusividade efetiva da água e do soluto dependem tanto da temperatura como da concentração, bem como do efeito da combinação deste dois fatores.

Os aspectos teóricos da imersão são analisados por meio do transporte de massa na difusão transiente de espécie diluída, que pode ser descrito pela 2ª. Lei de Fick (equação 1), segundo SPIAZZI e MASCHERONI, (1997):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (1)$$

Onde C é a concentração da substância em difusão, D é o coeficiente de difusão e t e z, as coordenadas de tempo e espaço, respectivamente. Considera-se que a distribuição inicial de água é uniforme, a resistência externa à transferência de massa seja desprezível e que não haja encolhimento (redução de volume) do material durante a desidratação osmótica. As condições de contorno dependem das condições particulares de geometria e da superfície, sendo que a equação de difusão pode ser expressa em coordenadas cilíndricas ou esféricas.

A desidratação osmótica de alimentos é um processo que apresenta características favoráveis como baixa temperatura (menor dano térmico) e menor requerimento de energia, aspectos importantes, principalmente na produção de alimentos minimamente processados. Para LAZARIDES et al. (1997), o fenômeno de transferência de massa que ocorre entre o produto e o meio osmótico é fortemente afetado pela natureza da matéria-prima (espécies, variedades, maturação, forma e tamanho, pré-tratamento) e por variáveis do processo, como composição e concentração do meio osmótico, relação meio/produto, temperatura e duração do processo. Segundo os autores, a pré-concentração osmótica é uma forma efetiva de redução do requerimento energético no processamento de alimentos visando a conservação deste alimento. C citam que a D.O. demanda duas a três vezes menos energia quando comparada com a secagem convectiva e que o processo favorece a retenção de cor e sabor, resultando em produtos com características organolépticas superiores.

PARK et al. (2002) afirmam que a D.O. é técnica eficiente para remoção de umidade de alimentos sólidos, devido à não mudança de fase da água. Para os autores, as frutas têm seu peso reduzido em até 50% da massa original devido à desidratação osmótica. Para RASTORGI & RAGHAVARAO (1997), a desidratação osmótica como pré-tratamento confere propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais dos alimentos além da manutenção da sua integridade.

Durante a D.O., dois principais fluxos contracorrentes ocorrem simultaneamente: fluxo de água do produto para o meio osmótico, enquanto que o soluto da solução osmótica é transferido para o produto sob os gradientes de água e de soluto, entre a membrana celular semipermeável. Um terceiro processo de transferência de massa é a lixiviação de açúcares, ácidos, minerais e vitaminas para o meio osmótico (LAZARIDES et al, 1995; RASTORGI e RAGHAVARAO, 1997; SPIAZZI e MASCHERONI, 1997; LEWICKI e LAKASZUK, 2000; PARK et al., 2002). Para LAZARIDES et al. (1995), o processo de lixiviação é considerado quantitativamente desprezível, apesar de poder afetar as características organolépticas e nutricionais do produto. Para SPIAZZI e MASCHERONI (1997), as conseqüências da transferência de massa são as perdas de peso e

encolhimento do fruto. LEWICKI e LAKASZUK (2000) afirmaram que a concentração de ácidos orgânicos é reduzida em 29 a 40% do total e açúcares presentes no produto são substituídos pela sacarose. O material osmoticamente desidratado é menos resistente à deformação e mais viscoso do que o material desidratado apenas por secagem convectiva.

O ganho de açúcar durante a D.O. de frutas modifica a composição (relação açúcar-ácido) e o sabor do produto final. Este efeito é algumas vezes desejável, pois ressalta o sabor, melhorando a aceitabilidade do produto final. Na maioria dos casos, entretanto, um grande ganho de açúcar é indesejável, pois traz um impacto negativo nas características nutricionais do alimento processado (LAZARIDES et al., 1995).

O ganho de açúcar resulta no desenvolvimento de uma camada concentrada em sólidos sobre a superfície do fruto, que interfere no gradiente de pressão osmótica entre a fruta e a interface do meio, reduzindo o fluxo de água. A taxa de penetração do açúcar está diretamente relacionada com a concentração da solução e inversamente relacionada com o tamanho da molécula de açúcar utilizado na solução hipertônica (LAZARIDES et al, 1995). Entretanto, para LEWICKI e LAKASZUK (2000), a penetração de substâncias osmoativas como açúcar é um fenômeno de superfície. Segundo os autores, o açúcar penetra a uma profundidade de 2 a 3 mm, enquanto que mudanças no conteúdo de água são observadas até a profundidade de 5 mm. Pesquisadores citados pelos autores afirmaram que os efeitos da D.O. na textura de maçãs ocorrem apenas na superfície, e a remoção de uma camada de 1 mm de espessura da superfície de maçã osmoticamente desidratada resulta em textura similar a tecidos não tratados.

O açúcar concentrado na camada superficial do fruto resulta em resistência adicional à troca de massa e redução nas taxas de desidratação, no processo subsequente de secagem complementar (LAZARIDES et al, 1995). LEWICKI e LAKASZUK (2000), afirmaram que, apesar desta resistência adicional à transferência de massa, o tempo de secagem convectiva de materiais pré-tratados por D.O. é praticamente o mesmo para frutas e hortaliças não tratadas.

Quanto à concentração da solução osmótica, os resultados obtidos por LAZARIDES et al (1995) indicaram que a escolha de um meio mais concentrado (sacarose) traz benefícios em termos de perda mais rápida de água; em contrapartida, ocorre severa redução na perda de água devido ao elevado ganho de sólidos. Segundo os autores, na maioria das aplicações, é altamente desejável maximizar a perda de água e minimizar o ganho de sólidos. Estes efeitos ocorrem paralelos, sendo que a perda de água é sempre maior que o ganho de sólidos. A relação perda de água/ganho de sólidos é considerada indicativo da eficiência do processo e depende do soluto, da concentração, da temperatura e do tempo de duração do processo. Estudando a desidratação osmótica de maçãs, a menor relação perda de água/ganho de sólidos observada foi na menor concentração estudada, de 45% em peso, sob temperatura de 20 °C.

SPIAZZI e MASCHERONI (1997) verificaram que a taxa de transferência de massa aumentou com a superfície específica do produto e com temperaturas crescentes. A relação entre a perda de água e o ganho de sólidos depende da concentração de soluto do seu peso molecular. Utilizando-se alta concentração (60-70% em peso), uma perda de peso considerável pode ser obtida com baixo ganho de sólidos. Em contraste, baixa concentração na solução osmótica pode favorecer o ganho de sólidos. LAZARIDES et al. (1997) concluíram que a temperatura é um das variáveis do processo que mais afeta a difusividade da água e do soluto.

TEDJO et al. (2002), em estudos de desidratação osmótica em mangas, trabalharam com tempos de imersão de 0,5 h e de 1 a 5 h, em solução de sacarose com 50º Brix. Para os autores, este processo é influenciado pela temperatura, concentração do meio, tamanho e geometria do produto, grau de agitação da solução, além de tratamentos de pré-secagem.

LAZARIDES et al. (1995), estudando a cinética da transferência de massa durante a desidratação osmótica de maçãs, observaram alta taxa de perda de água e ganho de sólidos na primeira hora de tratamento, seguidas de uma redução drástica no resto do teste, completando 3 horas de duração. Na primeira hora, foram removidos 25% da água inicial, enquanto que foram necessárias 3

horas para atingir o valor de 40% da água inicial. Os autores salientaram a importância deste fato nas questões operacionais do processamento industrial, podendo ser viável a redução da água removida com a desidratação osmótica parcial, porém com redução significativa do tempo gasto nesta etapa do processamento.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento de dados consistiu na condução de testes que envolveram pré-tratamento, processamento e secagem dos diferentes tipos de frutos do cafeeiro, (frações cereja + verdes e bóias) e na avaliação qualitativa do produto. O experimento foi conduzido na Área de Pré-processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

1.3.1. Produto

Foram obtidas amostras de café Catuaí Vermelho-amarelo, provenientes de quatro localidades na Zona da Mata Mineira: Teixeiras, Paula Cândido, Araponga e Viçosa. Os diferentes lotes foram identificados por 'Café A', 'Café B', 'Café C', 'Café D', cuja caracterização está abaixo descrita.

Café A: proveniente de Teixeiras, MG. As características apresentadas eram lotes constituídos por frutos maduros (cerejas e bóias), com baixa ou nenhuma incidência de frutos verdes. Foi constatada a incidência de frutos brocados (*Hypotenemus hampei*).

Café B: proveniente de Paula Cândido, MG. Trabalhou-se apenas com frutos maduros (os frutos verdes e bóias foram removidos das amostras). Observou-se discreta ocorrência de frutos brocados.

Café C: proveniente de Araponga, MG. As amostras apresentavam pequenas porcentagens de frutos verdes (5 a 10%) e bóias. Não foi identificada a presença de larvas de broca.

Café D: proveniente de Viçosa, MG. Este lote (cerejas, verdes e bóias) apresentou elevado conteúdo de frutos verdes, bem como alta incidência de frutos brocados.

Os frutos recém colhidos eram recebidos à tarde, sendo encaminhados para a separação hidráulica, para a obtenção das frações cereja e bóia.

1.3.2. Armazenagem temporária

Os distintos tipos de frutos foram armazenados por imersão em água por diferentes períodos e em tanques individualizados. Os tanques com 500 L de capacidade, foram montados de tal forma a permitir o controle do escoamento da água na parte inferior dos mesmos. A proporção de água e frutos foi estabelecida em 1:1 em volume, trabalhando-se, em média, com 90 L de frutos e 90 L de água. A cada 24 horas a água de imersão era substituída. Antes era realizada a coleta de amostras para as análises físico-químicas da água de armazenagem. Para os testes com solução osmótica, utilizou-se volume menor (tanques com capacidade de 30 L), sem substituição da solução osmótica.

1.3.2.1. Imersão em água

A descrição dos lotes e das características experimentais é apresentada nas Tabelas 01 a 04. As parcelas experimentais foram encaminhadas à secagem em função do recebimento do produto e da disponibilidade dos sistemas de secagem. Sendo assim, trabalhou-se com lotes simples (frutos colhidos no mesmo dia) submetidos a diversos períodos de imersão, bem como lotes compostos (mistura de frutos recém colhidos e imersos por diferentes períodos). Os frutos de café cereja e café bóia foram imersos por períodos de tempo variando de 1 até 7 dias (24 a 168 horas) de imersão.

Após a imersão, alguns lotes de frutos tipo bóia foram submetidos à operação de descascamento, com a finalidade de avaliar a potencialidade desta prática aplicada aos frutos bóia.

Tabela 01: Detalhamento das Parcelas experimentais - Café 'A'

Tipo	Lote	Período de Imersão	Tipo	Lote	Período de Imersão
Cereja	L1	1 dia	Cereja	TL1	Sec. imediata
Cereja	L2	1 dia	Cereja	TL2	Sec. imediata
Cereja	L3	2 dias	Cereja	TL4	Sec. imediata
Cereja	L4	2 dias	Cereja	TL5	Sec. imediata
Cereja	L5	2 dias	Cereja	TL6	Sec. imediata
Cereja	L6	3 dias	Cereja	TL7	Sec. imediata
Cereja	L7	3 dias	Cereja	TL8	Sec. imediata
Cereja	L8	3 dias	Cereja	TL9	Sec. imediata
Cereja	L9	3 dias	Cereja	TL10	Sec. imediata
Cereja	L10	4 dias	Cereja	TL11	Sec. imediata
Cereja	L11	4 dias	Bóia	L13	½ dia
Cereja	L12	5 dias	Bóia	L14	1 dia
Bóia	TL13	Sec. imediata			

L: lote; TL: testemunha do lote.

Tabela 02: Detalhamento das Parcelas experimentais - Café 'B'

Tipo	lote	Período de Imersão
Cereja	L1*	2 dias
Cereja	L2	3 dias
Cereja	TL1*	Sec. imediata
Cereja	L3	Sec. imediata
Bóia	L4	2 dias
Bóia	L5	3 dias
Bóia	TL4	Sec. imediata

Tabela 03: Detalhamento das Parcelas experimentais - Café 'C'

Tipo	lote	Período de Imersão
Cereja	L1*	1 dia
Cereja	L2	2 dias
Cereja	TL1*	Sec. imediata
Bóia	L3	1 dia
Bóia	L4	2 dias
Bóia	TL3	Sec. imediata

Tabela 04: Detalhamento das Parcelas experimentais - Café 'D'

Tipo	lote	Período de Imersão
Cereja	L1	2 dias
Cereja	L2	3 dias
Cereja	L3	4 dias
Cereja	L4	7 dias
Cereja	TL1	Sec. imediata
Bóia	L5	1 dia
Bóia	L6	2 dias
Bóia	L7	3 dias

1.3.2.2. Imersão em solução osmótica

Os frutos recebidos, após a separação no lavador, foram encaminhados à imersão em solução osmótica. O agente osmótico utilizado foi sacarose (comercial), trabalhando-se com soluções (água + açúcar) nas concentrações 5%, 10%, 20%, 50% e 75% em peso.

Foram coletadas amostras iniciais dos frutos e a cada 24 horas, durante o período de imersão, para a determinação do teor de umidade. A solução osmótica não foi substituída durante os testes.

As Tabelas 05 e 06 ilustram as parcelas experimentais referentes aos testes de desidratação osmótica em frutos de café.

Tabela 05: Detalhamento das Parcelas experimentais submetidas à desidratação osmótica - Café 'A'

Tipo	lote	Período de Imersão	Concentração %sacarose
Cereja descascado	L1	1 dia	5
Cereja descascado	L2	1 dia	10
Cereja descascado	L3	1 dia	20
Cereja	L4	1 dia	20
Cereja	L5	2 dias	20
Cereja	L6	3 dias	20
Cereja	TL1	Sec. imediata	0

* L: lote; TL: testemunha do lote;

Tabela 06: Detalhamento das Parcelas experimentais submetidas à desidratação osmótica - Café 'C'

Tipo	lote	Período de Imersão	Concentração %sacarose
Cereja	L1	3 dias	5
Cereja	L2	3 dias	10
Cereja	L3	1 dia	0
Cereja	L4	1 dia	50
Cereja	L5	1 dia	75
Cereja	L6	2 dias	0
Cereja	L7	2 dias	50
Cereja	L8	2 dias	75
Cereja	L9	4 dias	0
Cereja	L10	4 dias	50
Cereja	L11	4 dias	75
Bóia	L12	3 dias	0
Bóia	L13	3 dias	5
Bóia	L14	3 dias	10

Os frutos de café 'B' e 'D' não foram submetidos à D.O. Foram utilizadas baixas e médias concentrações de açúcar (5 a 20%), buscando-se maior viabilidade econômica da técnica, em nível de campo. As concentrações mais elevadas (50 e 75%) foram utilizadas no intuito de verificar a magnitude dos efeitos da desidratação em frutos de café.

1.3.3. Determinação do teor de água

Foram coletadas amostras de frutos antes, durante e depois da imersão, para a determinação do teor de água e de matéria seca, pelo Método Padrão de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por 48 horas, com três repetições, com amostras de aproximadamente 30 g (BRASIL, 1992). As amostras dos frutos imersos foram retiradas e passadas em papel absorvente, para a remoção do excesso de água, antes das pesagens. Os frutos em desidratação osmótica, por sua vez, foram retirados da solução e lavados em água limpa para a remoção de resíduos da solução osmótica, seguindo o mesmo procedimento acima mencionado.

1.3.4. Secagem

Todas as parcelas submetidas à imersão foram encaminhadas à secagem, com ar aquecido, com a finalidade de reduzir os efeitos da operação de secagem na qualidade final do produto. Além das parcelas individualizadas por período de imersão, procedeu-se à secagem dos lotes compostos.

Foram utilizados 2 sistemas de secagem: secadores de bandeja (escala de laboratório), trabalhando com a faixa de $40 - 60^{\circ}\text{C}$ para a temperatura do ar de secagem e secadores de camada fixa (Figura 01).

Os secadores de bandeja eram constituídos por oito bandejas cada, sendo que as bandejas possuíam uma capacidade em torno de 2 kg de café cereja. Para uniformizar a secagem, as bandejas eram trocadas de posição em intervalos de 2 horas.



(a)

(b)

Figura 01: (a) secador de camada fixa, câmara única; Câmaras de secagem do secador tipo tambor, de camada fixa.

Quanto as secadores de camada fixa, foram construídos 2 secadores experimentais, sendo um equipamento com apenas 1 câmara de secagem (secador tipo camada fixa, com capacidade aproximada de 120 L de frutos de café). O secador tipo tambor possuía 3 câmaras individualizadas, trabalhando na mesma faixa de temperatura para o ar de secagem e com um volume aproximado de 90 L de frutos de café em cada câmara. As câmaras foram reguladas, mediante a abertura/fechamento de janelas, localizadas na entrada do plenum de cada câmara, de modo a obter o mesmo fluxo de ar, uniformizando as condições experimentais.

Nas Tabelas 07 a 12 estão resumidas as características da secagem das parcelas experimentais. A letra M, na identificação do lote composto, refere-se à mistura, e os números referem-se aos dias de imersão das partes que compunham a mistura.

Tabela 07: Detalhamento da secagem das parcelas experimentais - Café 'A'

Tipo	lote	Secagem
Cereja	L1	Secador de bandejas
Cereja	L2	Secador de bandejas
Cereja	L3	Secador de bandejas
Cereja	L4	Secador de bandejas
Cereja	L5	Secador de bandejas
Cereja	L6	Secador de bandejas
Cereja	L7	Secador de bandejas
Cereja	L8	Secador de bandejas
Cereja	L9	Secador de bandejas
Cereja	L10	Secador de bandejas
Cereja	L11	Secador de bandejas

Cereja	L12	Secador de bandejas
Cereja	TL1	Secador de bandejas
Cereja	TL2	Secador de bandejas
Cereja	TL4	Secador de bandejas
Cereja	TL5	Secador de bandejas
Cereja	TL6	Secador de bandejas
Cereja	TL7	Secador de bandejas
Cereja	TL8	Secador de bandejas
Cereja	TL9	Secador de bandejas
Cereja	TL10	Secador de bandejas
Cereja	TL11	Secador de bandejas
Bóia	L13	Secador tipo tambor
Bóia	L14	Secador tipo tambor
Bóia	TL13	Secador de bandejas
Cereja	M12	Secador tipo barçaça
Cereja	M012	Secador tipo barçaça
Cereja	M34	Secador tipo barçaça
Cereja	M33	Secador tipo barçaça
Cereja	M0123	Secador tipo barçaça
Cereja	M345	Secador tipo barçaça
Bóia	M234	Secador de bandejas

* L: lote; TL: testemunha do lote;

Tabela 08: Detalhamento da secagem das parcelas experimentais submetidas à desidratação osmótica - Café 'A'

Tipo	lote	Secagem	%sacarose
Cereja descascado	L1	Secador de bandejas	5
Cereja descascado	L2	Secador de bandejas	10
Cereja descascado	L3	Secador de bandejas	20
Cereja	L4	Secador tipo tambor	20
Cereja	L5	Secador tipo tambor	20
Cereja	L6	Secador tipo tambor	20
Cereja	TL1	Secador de bandejas	0

Tabela 09: Detalhamento da secagem das parcelas experimentais - Café 'B'

Tipo	lote	secagem
Cereja	L1	Secador tipo tambor
Cereja	L2	Secador tipo tambor
Cereja	TL1	Secador de bandejas
Cereja	L3	Secador tipo tambor
Bóia	L4	Secador de bandejas
Bóia	L5	Secador de bandejas
Bóia	TL4	Secador de bandejas
Cereja	M0123	Secador de bandejas
Bóia	M123	Secador de bandejas

* L: lote; TL: testemunha do lote;

Tabela 10: Detalhamento da secagem das parcelas experimentais submetidas à desidratação osmótica - Café 'C'

Tipo	lote	Período de Imersão	%sacarose
Cereja	L1	Secador tipo barçaça	5
Cereja	L2	Secador tipo barçaça	10
Cereja	L3	Secador tipo barçaça	0
Cereja	L4	Secador tipo barçaça	50
Cereja	L5	Secador tipo barçaça	75
Cereja	L6	Secador tipo barçaça	0
Cereja	L7	Secador tipo barçaça	50
Cereja	L8	Secador tipo barçaça	75
Cereja	L9	Secador tipo barçaça	0
Cereja	L10	Secador tipo barçaça	50
Cereja	L11	Secador tipo barçaça	75
Bóia	L12	Secador tipo barçaça	0
Bóia	L13	Secador tipo barçaça	5
Bóia	L14	Secador tipo barçaça	10

* L: lote; TL: testemunha do lote;

Tabela 11: Detalhamento da secagem das parcelas experimentais - Café 'C'

Tipo	lote	Secagem
Cereja	L1	Secador tipo barçaça
Cereja	L2	Secador tipo barçaça
Cereja	TL1	Secador tipo barçaça
Bóia	L3	Secador tipo barçaça
Bóia	L4	Secador tipo barçaça
Bóia	TL3	Secador tipo barçaça

* L: lote; TL: testemunha do lote;

Tabela 12: Detalhamento da secagem das parcelas experimentais - Café 'D'

Tipo	lote	Secagem
Cereja	L1	Secador de bandejas
Cereja	L2	Secador de bandejas
Cereja	L3	Secador de bandejas
Cereja	L4	Secador de bandejas
Cereja	TL1	Secador de bandejas
Bóia	L5	Secador de bandejas
Bóia	L6	Secador de bandejas
Bóia	L7	Secador de bandejas

* L: lote; TL: testemunha do lote;

Foram coletadas amostras para a determinação do teor de água, visando-se a obtenção de curvas de secagem de algumas das parcelas experimentais. Devido ao elevado número de parcelas e pouca disponibilidade de equipamentos, não foram levantadas todas as curvas de secagem. Além disso, a secagem

propriamente dita não foi o enfoque do trabalho, e sim os efeitos da imersão na qualidade final. A etapa de secagem era interrompida quando o teor de umidade dos grãos atingisse valores entre 11 e 12 % de umidade, base úmida. O teor de umidade era determinado pelo método de evaporação em banho de óleo (EDABO), e confirmado pelo método padrão de estufa.

1.3.5. Análises Microbiológicas

As análises foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, para a detecção e identificação de fungos de acordo as técnicas descritas por DHINGRA e SINCLAIR (1995). Em resumo, foram determinados o número de colônias (interna e externa) na casca/ grão e a porcentagem de grãos colonizados. As figuras 06 e 07 ilustram os procedimentos para a análise.

Foram coletados 50 frutos de cada amostra, sendo então submetidos ao descascamento manual (remoção da casca e pergaminho para café natural e do pergaminho para café cereja descascado). Os 100 grãos obtidos de cada amostra foram dispostos em três placas de petri com meio de cultura, após esterilização da superfície do grão (imersão em solução de hipoclorito de sódio). O material referente às cascas e pergaminhos removidos dos grãos foi homogeneizado (Figura 03). Trabalhou-se com três diluições, em 3 placas de petri por amostra. Após 7 dias de incubação a 25 C, foi contado o número de grãos contaminados, e as espécies dos fungos foram identificados. No caso do plaqueamento da diluição de homogenatos da casca e do pergaminho, foi feita a contagem de colônias de fungos e calculado o número de colônias por fruto.



(a)

(b)

Figura 02: Etapas do procedimento para análise microbiológica dos grãos secos e beneficiados. (a) Esterilização (b) plaqueamento.



Figura 03: Etapas do procedimento para análise microbiológica das cascas: preparo das amostras, homogenização e diluição.

1.3.6. Análise Qualitativa (sensorial)

Foram enviadas amostras do produto final, contendo aproximadamente 300g de café beneficiado, referente a cada parcela experimental, para a Incofex Armazéns Gerais Ltda, em Viçosa – MG, para os testes de degustação do café (prova de xícara).

1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.4.1. Armazenagem temporária dos frutos de café: Imersão em água

1.4.1.1. Teor de água de frutos cereja

Para a avaliação do teor de água dos frutos imersos foram utilizadas amostras dos cafés 'A', 'B' e 'C'. Os resultados obtidos para o teor de água de frutos cereja, determinados a cada 24 horas, podem ser observados na Tabela 13. Verificou-se haver a absorção de água pelos frutos em todos os tratamentos, evidenciada pela variação do teor de água, em decorrência do processo de imersão. Os valores apresentaram-se significativamente maiores após 24 horas de imersão, quando comparados àqueles observados nos demais intervalos de tempo (Figura 04).

Os resultados mostram que a variação no teor de água dos frutos é praticamente a mesma, apesar das diferenças nas umidades iniciais dos frutos (Tabela 14). Comparando-se a variação em pontos percentuais em relação à umidade inicial, observa-se baixo desvio padrão do valor médio (Tabela 15). Convém salientar que se trata de lotes diferenciados, tanto em local de origem, como em características qualitativas e safra do ano.

A importância desta variação no teor de água reside no fato de possibilitar a mistura de lotes imersos por diferentes períodos. Desta forma, a pequena variação no teor de água da mistura não afetará significativamente a uniformidade da secagem. A alternativa de mistura de lotes de diferentes dias de colheita é imprescindível para que a armazenagem prévia seja viável como técnica no pré-processamento de frutos de café, sob o ponto de vista operacional. É sabido que lotes com diferentes teores de umidade não devem ser misturados, sob o risco de perdas qualitativas oriundas da secagem desuniforme. Portanto, o comportamento do teor de água de frutos sob imersão é um dos aspectos operacionais importantes para a adoção deste pré-tratamento na fase de processamento e

secagem de café. Nas Figuras 05 e 06 estão ilustradas a variação do teor de água dos lotes imersos, em função do período de imersão.

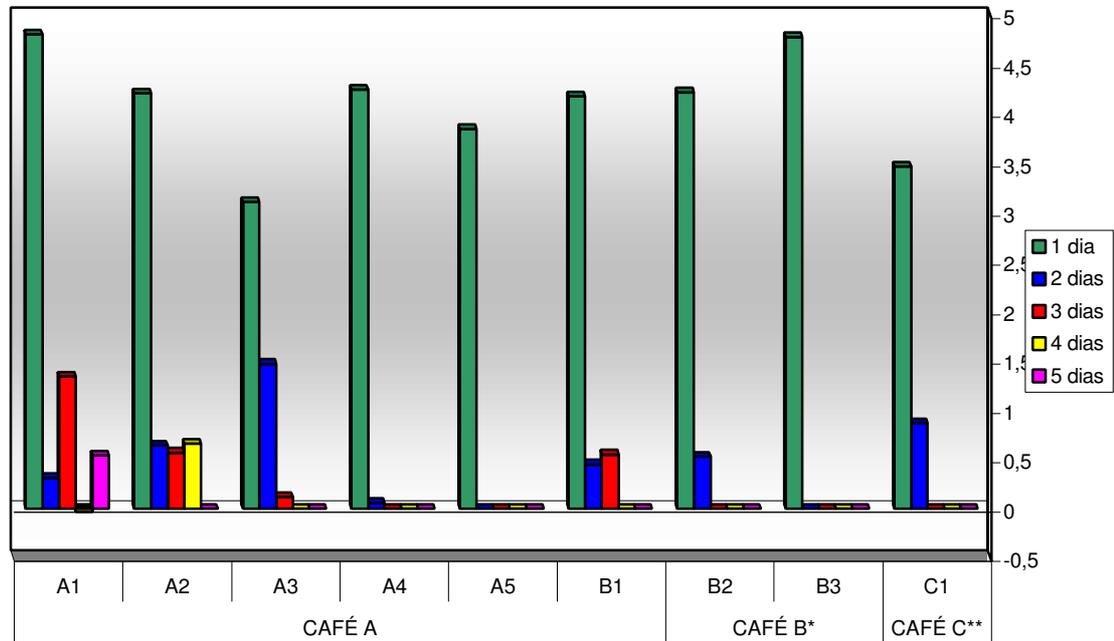


Figura 04: Variação diária do teor de água de lotes de frutos mantidos em imersão.

* Café A: Frutos de café cereja colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG.

** Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG.

Tabela 14: Teor de água, em % b.u., de frutos de café tipo cereja, imersos em água por diferentes períodos (Parcelas 'A', 'B' e 'C').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*			CAFÉ C**	Média	DP
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1		
0	70,46	72	71,83	70,48	70,93	69,72	70,25	69,25	64,52	69,94	2,21796
24	75,27	76,21	74,94	74,73	74,78	73,9	74,47	74,03	67,99	74,04	2,36808
48	75,58	76,85	76,41	74,78		74,35	75		68,86	74,55	2,660888
72	76,92	77,42	76,53			74,9				76,44	1,090944
96	76,89	78,08								77,49	0,841457
120	77,43									77,43	

* Café A: Frutos de café cereja colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG.

** Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

Tabela 15: Variação do teor de água, em pontos percentuais, de frutos de café tipo cereja, imersos em água por diferentes períodos (Parcela 'A').

Imersão (horas)	CAFÉ A					CAFÉ B*			CAFÉ C**	média	DP
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1		
24	4,81	4,21	3,11	4,25	3,85	4,18	4,22	4,78	3,47	4,10	0,55468
48	0,31	0,64	1,47	0,06		0,45	0,53		0,87	0,62	0,453153
72	1,34	0,57	0,12			0,55				0,65	0,507707
96	-0,03	0,66								0,31	0,487904
120	0,54									0,54	
Total	6.97	6.08	4.70	4.31	3.85	5.18	4.75	4.78	4.34		

* Café A: Frutos de café cereja colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG.

** Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

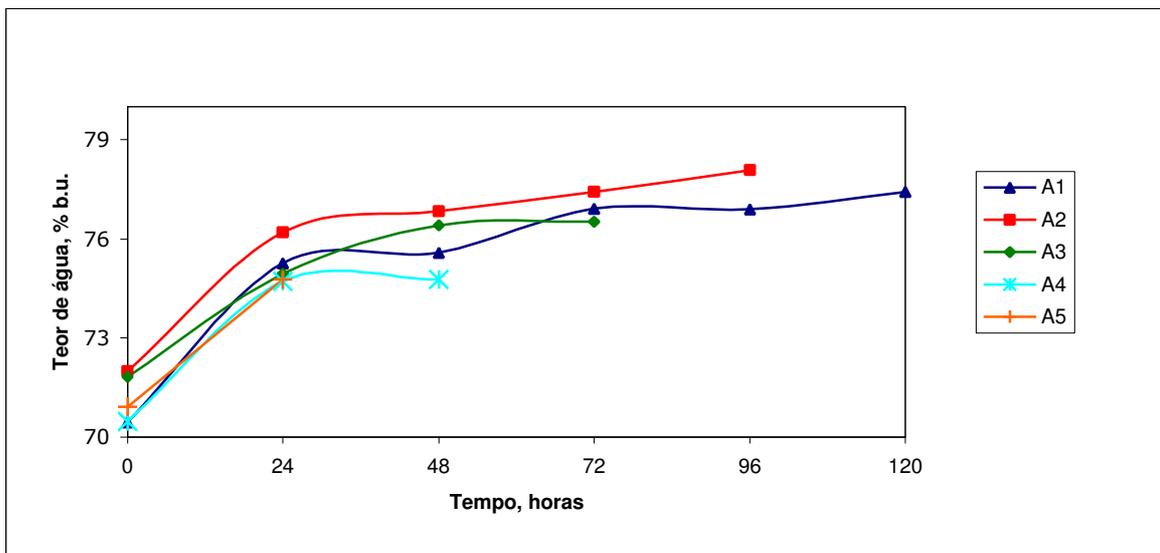


Figura 05: Variação do teor de água de frutos de café-cereja, em função do período de imersão.

*Café A: Frutos colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeira, MG.

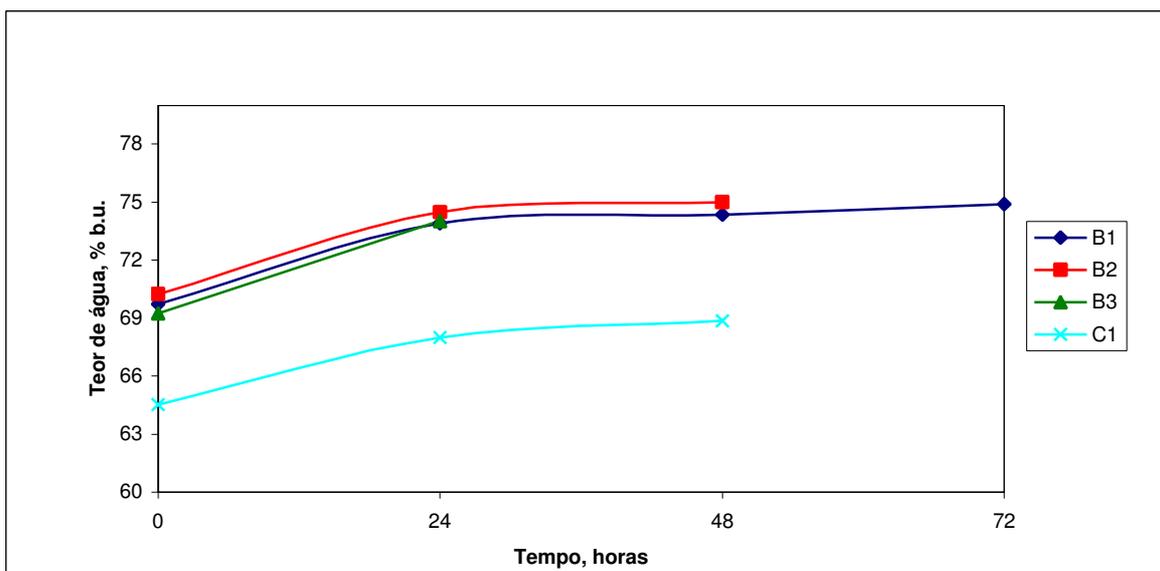


Figura 06: Variação do teor de água de frutos de café cereja em função do período de imersão.

*Café B: frutos tipo cereja, previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG;

** Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

Outro aspecto observado no pré-tratamento é a alteração da coloração dos frutos em decorrência da imersão: os frutos, originalmente vermelhos, no decorrer da imersão tendem aos tons amarelado e vermelho desbotado, conforme apresentado nas Figuras 07 e 08. Em contrapartida, a água de imersão apresenta tonalidade avermelhada, fatos discutidos no capítulo 02. Alguns lotes (aqueles mantidos ensacados por atraso no transporte) apresentaram indícios de fermentação, esta evidenciada pela temperatura elevada da massa de frutos. A coloração destes frutos tendeu do vermelho-cereja para tons mais escuros.

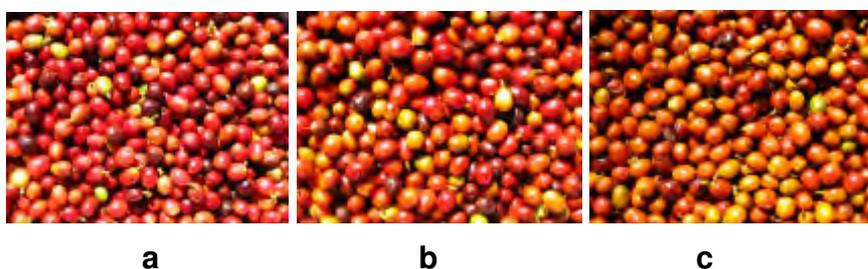


Figura 07: Detalhes da coloração dos frutos (Café 'D') recém-colhidos (a) e imersos por 24 h (b) e 48 h (c).

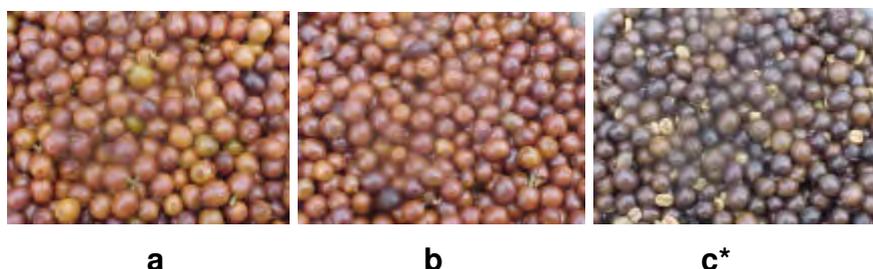


Figura 08: Detalhes da coloração dos frutos (Café 'A') imersos por 72 h (a), imersos por 96 h (b) e 72 h (c).

* lote que apresentou indícios de fermentação dos frutos (elevação da temperatura da massa de frutos)

Apesar da cor do fruto não ser relevante no produto final (o aspecto qualitativo de cor refere-se ao grão seco), a alteração devido à imersão diferencia os frutos imersos dos frutos recém colhidos, indicativo importante no gerenciamento dos lotes na fase de armazenagem temporária, além de permitir a diferenciação de lotes que já sofreram alguma perda qualitativa (fermentação).

1.4.1.2. Teor de água de frutos bóia

Foram coletadas amostras de frutos tipo bóia dos cafés 'B' e 'C'. Os resultados obtidos para o teor de água de frutos tipo 'bóia', determinados a cada 24 horas, podem ser observados na Tabela (Tabela 16). Constatou-se, em todos os tratamentos, absorção de água pelos frutos em decorrência da imersão.

Tabela 16: Teor de água, em % b.u., de frutos de café tipo bóia, imersos em água por diferentes períodos (Parcelas 'C' e 'B').

Imersão (horas)	C1	C2	C3	B1	B2	média	DP
0	56,67	55,68	55,91	59,42	60,16	57,57	21,825
24	59,09	60,52	60,09	62,42	63,99	61,22	14,160
48	61,04	62,13	61,79	66,67	67,06	63,74	6,398

* Café C: frutos tipo bóia, provenientes de Araçonga, MG, safra 2003;

** Café B: frutos tipo bóia, provenientes de Paula Cândido, MG, safra 2004.

Os dados acima mostram valores elevados para o desvio padrão, fato explicado pela diferença na umidade inicial dos lotes avaliados. Esta diferença tem origem no fato de que os lotes do café 'B' apresentaram um elevado percentual de frutos verdes, na fração bóia que pode estar associado à ocorrência da broca. Os frutos brocados contribuíram para elevar o valor médio do teor de água inicial destes lotes. Por outro lado, ao analisar a variação da umidade em pontos percentuais, percebe-se um comportamento similar dos frutos bóia, em termos de taxa de absorção de água, provenientes de lotes distintos (Tabela 17).

Tabela 17: Variação do teor de água, em pontos percentuais, de frutos de café tipo bóia, imersos em água por diferentes períodos (Parcelas 'C' e 'B').

Imersão (horas)	C1	C2	C3	B1	B2	MÉDIA	DP
24	2,42	4,84	4,18	3	3,83	3,65	0,957
48	1,95	1,61	1,7	4,25	3,07	2,52	1,131
Total	4,37	6,45	5,88	7,25	6,9	6,17	1,129

* Café C: frutos tipo bóia, provenientes de Araçonga, MG, safra 2003;

** Café B: frutos tipo bóia, provenientes de Paula Cândido, MG, safra 2004.

Observa-se nos resultados apresentados que o café bóia absorve mais água (em pontos percentuais) durante a imersão do que os frutos cereja, para o

mesmo período de tempo (Tabelas 15 e 17). Em média, os frutos cereja apresentam variação de 4,6 pontos percentuais no teor de água após 48 horas de imersão, enquanto que os frutos tipo 'bóia' variam, em média, 6,2 pontos percentuais no teor de água, após o mesmo período de imersão. A tendência na absorção de água está graficamente representada na Figura 09. Além disso, a variação do teor de água dos frutos em relação ao tempo de imersão apresenta uma tendência linear, diferentemente dos frutos cereja, conforme apresentado na Figura 10.

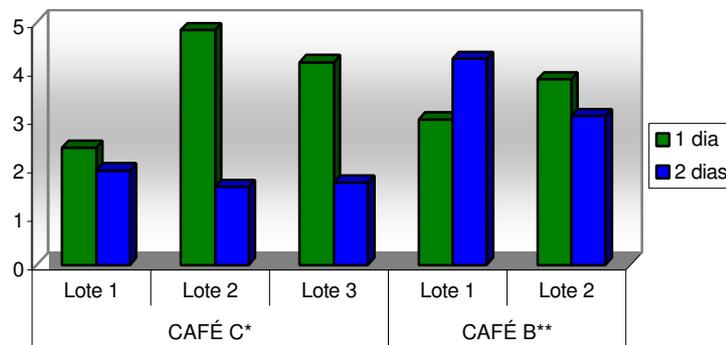


Figura 09: Variação diária do teor de água de lotes de frutos mantidos imersos em água.* Café C: frutos tipo bóia, provenientes de Araçuaia, MG; ** Café B: frutos tipo bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

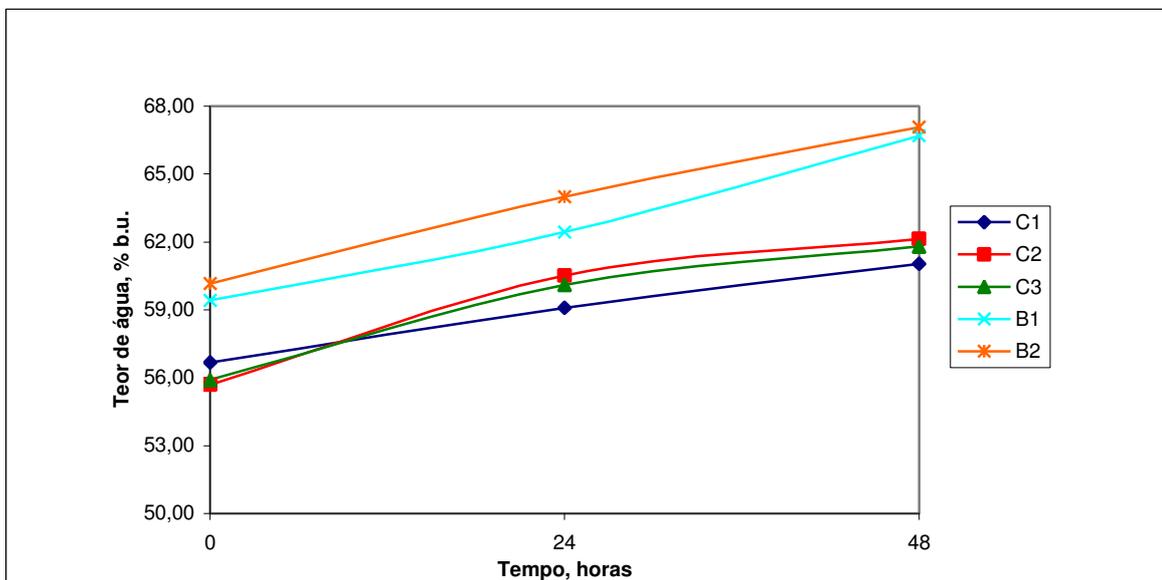


Figura 10: Variação do teor de água de frutos de café bóia em função do período de imersão, de frutos provenientes de Paula Cândido, MG (Café B), e frutos provenientes de Araçuaia, MG (Café C).

De um modo geral, a imersão em água de frutos de café proporcionou um aumento no teor de água dos grãos. Entretanto, esta variação no teor de água não implicou, necessariamente, em aumento no tempo requerido para a secagem até o teor de água seguro para armazenagem (em torno de 11% b.u.).

1.4.2. Armazenagem temporária de frutos de café: Imersão em solução osmótica

1.4.2.1. Teor de água de frutos cereja

Os resultados obtidos para o teor de água de frutos tipo cereja + verde podem ser observados na Tabela 18 e Figura 11.

Tabela 18: Teor de água, em %b.u., em frutos de café tipo cerejas + verdes, imersos em solução osmótica por diferentes períodos e concentrações (Café 'C').

Imersão (horas)	Solução osmótica		
	água	5%	10%
0	64,52	64,52	64,52
24	67,99	66,79	66,86
48	68,86	67,93	66,74

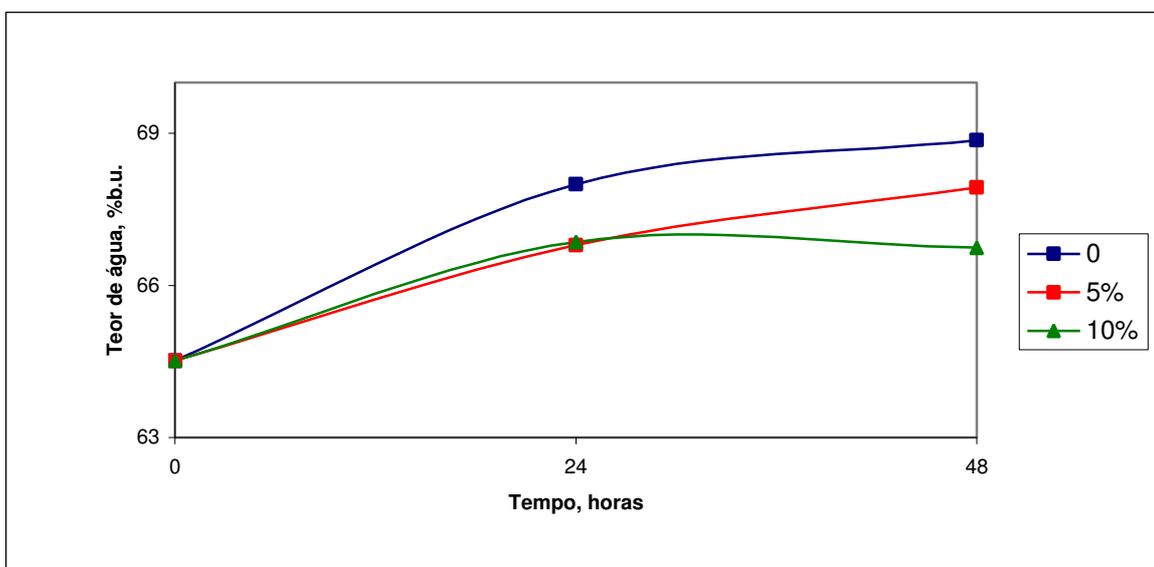


Figura 11: Variação do teor de água de frutos de café cereja+ verdes provenientes de Araponga, MG (Café 'C'), em função do período de imersão em solução osmótica, nas concentrações de 0%, 5% e 10% em peso, de sacarose.

As concentrações testadas da solução osmótica (5 e 10% de sacarose, em peso) não foram suficientes para causar a perda de água, devido às diferenças de concentração do agente osmótico. Entretanto, observa-se uma ligeira redução no teor de água final com o aumento da concentração de sacarose.

Para avaliar o efeito de uma solução osmótica mais concentrada, testou-se a imersão de frutos cereja a 50 e 75% em peso, de sacarose como agente osmótico (Tabela 19). Nestas concentrações mais elevadas, observou-se um pequeno efeito de desidratação, com valor inferior àqueles encontrados na literatura. Porém, não há referência específica sobre desidratação osmótica para frutos do cafeeiro.

Tabela 19: Teor de água, em %b.u., de frutos de café tipo cereja + verdes, imersos em água e em solução osmótica, por diferentes períodos e concentrações (Café 'C').

Imersão (horas)	água	Solução osmótica	
		50%	75%
0	61,93	61,93	61,93
24	68,1	59,54	58,01
96	67,46	59,97	56,14

Café 'C': frutos cereja+ verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

Apesar de pequena a redução no teor de água nos frutos mantidos nas soluções mais concentradas, pode-se observar que a diferença entre tratamentos é significativa, pois os frutos imersos apenas em água ganham água, enquanto que os frutos em solução osmótica perdem água. Neste experimento, a diferença no teor de água após a imersão, nas concentrações testadas, chegou a mais de 10 pontos percentuais. Estes resultados podem ser analisados graficamente, na Figura 12.

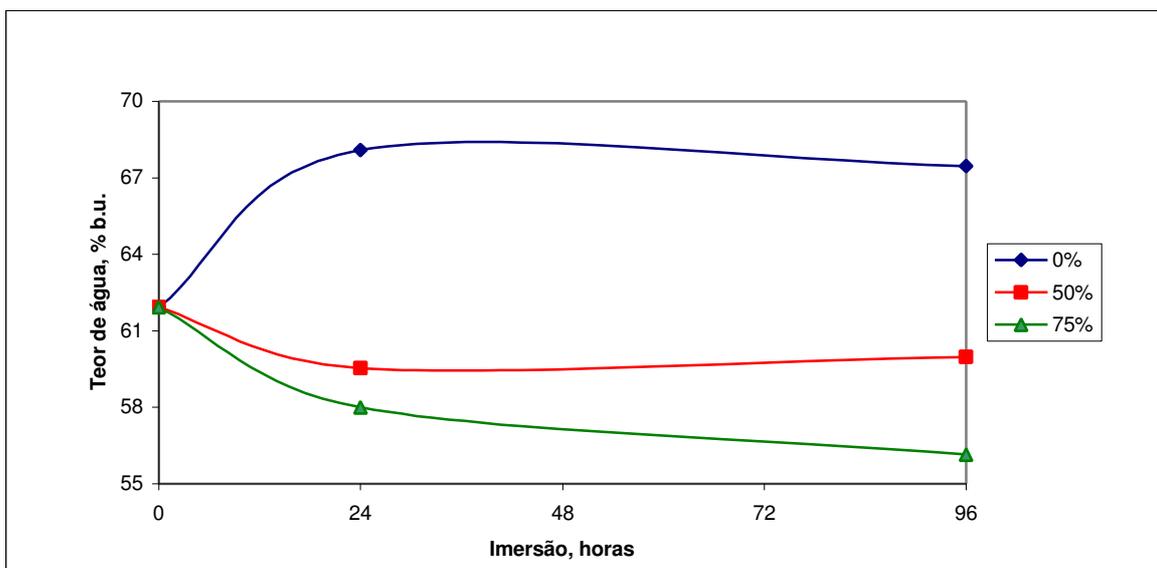


Figura 12: Variação do teor de água de frutos de café cerejeira+ verdes provenientes de Araponga, MG (Café 'C'), em função do período de imersão em solução osmótica, nas concentrações de 0%, 50% e 75% em peso, de sacarose.

1.4.2.2. Teor de água de frutos bóia

A alteração no teor de água dos frutos tipo bóia e submetidos à desidratação osmótica, podem ser observados na Tabela 20. Não foi detectado efeito de desidratação nas amostras estudadas. Comparando os resultados obtidos para a imersão em água, percebe-se que a solução osmótica contribuiu para reduzir a absorção de água. Além disso, observou-se a tendência de aumento linear no teor de água com o tempo de imersão, nas concentrações 5 e 10%, em solução osmótica.

Tabela 20: Teor de água, em %b.u., de frutos de café tipo bóia, imersos em solução osmótica por diferentes períodos e concentrações (Café 'C').

Imersão (horas)	água	Solução osmótica	
		5%	10%
0	64,52	64,52	64,52
24	67,99	66,79	66,86
48	68,86	67,93	66,74

Café 'C': frutos de café bóia, provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

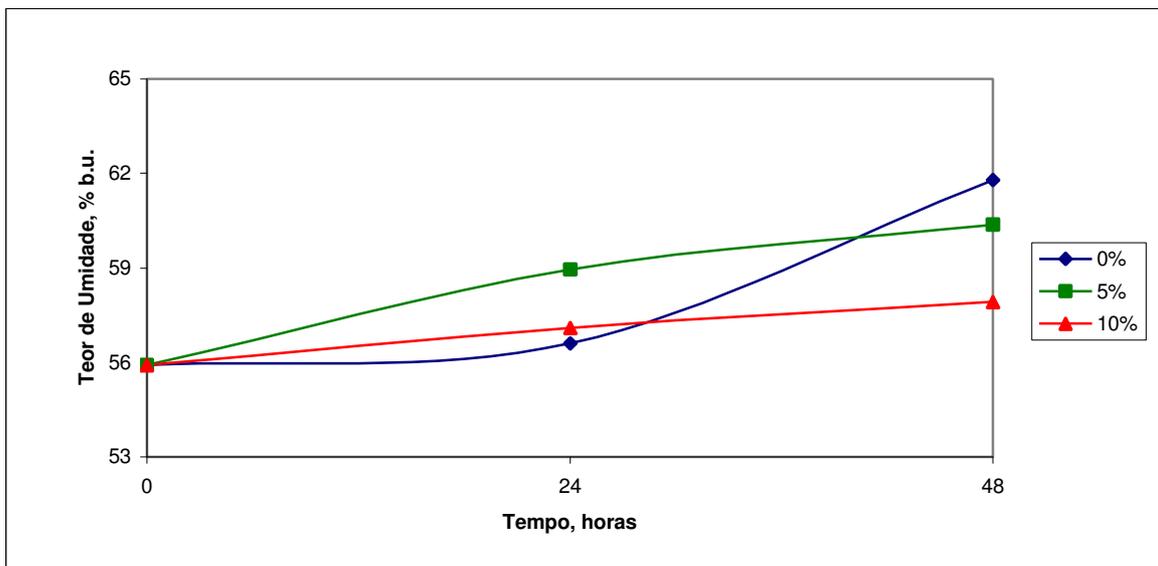


Figura 13: Variação do teor de água de frutos de caf6 b6ia, provenientes de Araponga, MG (Caf6 'C'), safra 2003, em função do per6odo de imersão em solução osm6tica, nas concentrações de 0%, 5% e 10% em peso, de sacarose.

Analisando-se a Figura 13, 6 poss6vel perceber diferenas entre tratamentos na absorção de água: ap6s 24 horas de imersão, as amostras em solução osm6tica apresentavam teores de água mais elevados que a amostra testemunha, entretanto, ap6s 48 horas de imersão, o teor de água da amostra testemunha foi maior que das outras amostras.

1.4.3. Secagem

1.4.3.1. Secagem de frutos imersos em gua

A secagem de lotes de frutos cereja previamente armazenados em água, bem como lotes compostos por frações de frutos imersos por diferentes per6odos, apresentou caracter6sticas peculiares. O in6cio da secagem do lote composto apresentou diferenas entre as frações da mistura, permitindo a distinção e a separação das parcelas que compunham o lote, conforme ilustrado nas Figuras 14 e 15.



Figura 14: Amostra do lote composto submetido à secagem, com a separação manual das frações dos frutos, imersas por 2, 3 e 4 dias em água.



(a)

(b)

(c)

Figura 15: Detalhes das diferenças nos frutos após o início da secagem das frações (a) 2D, (b) 3D, (c) 4D do lote composto.

As diferenças no processo de secagem de lotes imersos por diferentes períodos levaram a crer, em um primeiro momento, que os frutos imersos por mais tempo secariam mais depressa, pois apresentavam redução de volume (murchamento) nitidamente mais acentuada que os demais lotes. Para avaliar este fato, foram levantadas as curvas de secagem de diversos lotes, armazenados por diferentes períodos.

Na Figura 16 está ilustrada a secagem de amostras de café cereja, provenientes de Teixeira, MG, aqui denominado Café 'A', composta por frutos cereja, com baixa porcentagem de frutos verdes. Observa-se pouca diferença entre as curvas de secagem dos frutos imersos por diferentes períodos. O lote que permaneceu imerso por 4 dias apresentou tempo de secagem menor que os outros lotes, durante praticamente todo o processo.

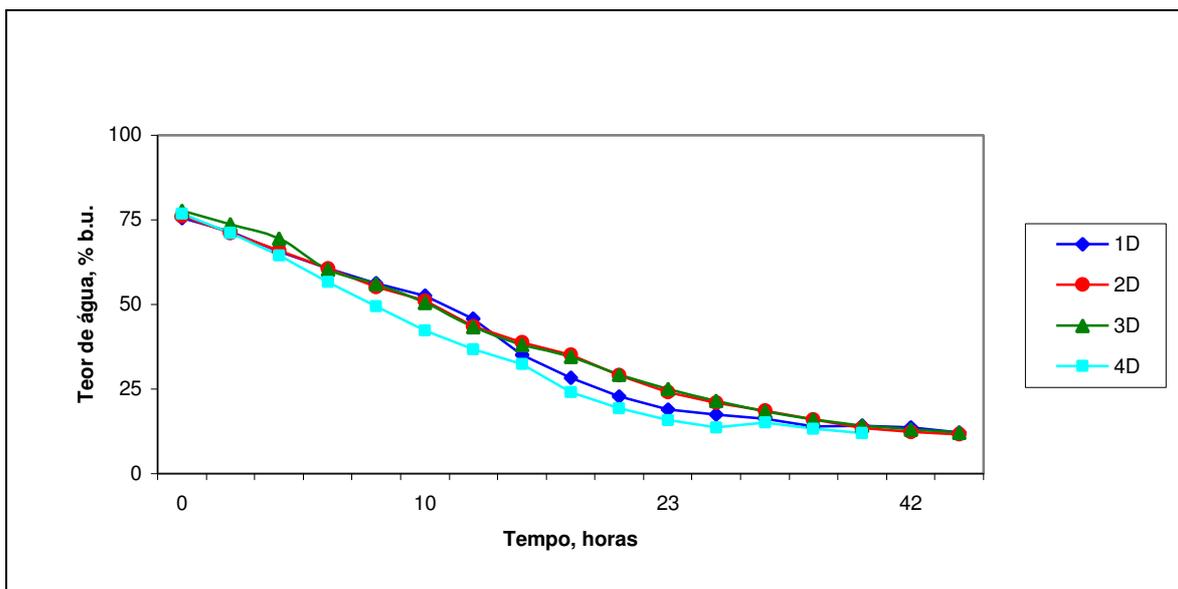


Figura 16: Curvas de secagem de lotes de café A, mantidos em imersão em água por 2 (2D), 3 (3D) e 4 (4D) dias.

*Café A: Frutos colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeira, MG.

Parte das diferenças entre as curvas de secagem pode ser atribuída a erros experimentais, devido a variações das amostras e dos secadores de bandeja, apesar dos lotes serem secos simultaneamente, sob as mesmas condições estabelecidas para temperatura do ar de secagem e equipamentos de mesmo modelo e capacidade.

Apesar de todas as parcelas avaliadas atingirem a umidade de armazenagem com tempos de secagem semelhantes, observa-se que quando o café imerso por 4 dias atinge a fase intermediária do processo (meia seca, aproximadamente 30% b.u.) a diferença no teor de água das outras parcelas chega até aproximadamente 7 pontos percentuais.

Na Figura 17 está ilustrada a secagem de amostras de café cereja, provenientes de Viçosa, MG, aqui denominado Café 'D', com elevada percentagem de frutos verdes, além de alta incidência de frutos brocados. Na Tabela 21 são mostradas as médias estimadas da proporção entre frutos verdes, verdeongos, maduros e grãos descascados (pergaminho). Salienta-se o fato de que, apesar da separação hidráulica, observou-se a ocorrência de larvas de broca

(*Hypotenemus hampei*) na fração de frutos cereja, removidas na troca da água de imersão.

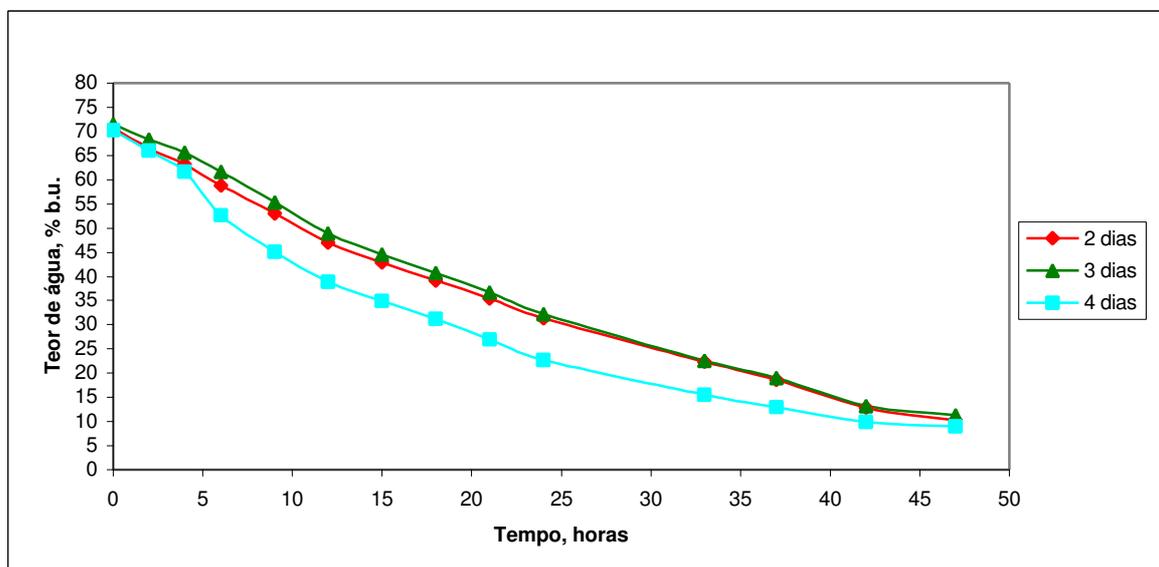


Figura 17: Curvas de secagem de lotes de café D, mantidos em imersão em água por 1 (1D), 2 (2D), 3 (3D) e 4 (4D) dias

Tabela 21: Percentagem de frutos verdes e maduros das amostras de café cereja lavado, provenientes de Viçosa, MG (Café 'D').

Período de Imersão	Cereja	Amostra Inicial - % de frutos		
		verdes	verdoengos	pergaminho
4D / 4 dias	59,78	29,79	9,04	1,38
3D / 3 dias	57,21	30,25	9,03	3,5
2D / 2 dias	53,76	33,09	10,35	

Café 'D': frutos de café cereja + verdes, provenientes de Viçosa, MG, safra 2004.

A alta incidência de broca (*Hypotenemus hampei*) e de frutos verdes evidenciaram a baixa qualidade das amostras de café. A queda da qualidade do café foi favorecida pelas condições climáticas atípicas durante a época de colheita, em toda a região da Zona da Mata Mineira, entre outras regiões produtoras do Estado de Minas Gerais (CONAB, 2004). De acordo com dados apresentados pela CONAB, nos registros das estações meteorológicas na região de Manhuaçu (Zona da Mata) e em Varginha (Sul de Minas), a precipitação média acumulada (mm) no período de janeiro a junho de 2004 foi o dobro da média verificada em igual período, de 1987/2003 e de 1974/2003, respectivamente.

A Figura 18 ilustra a secagem de amostras de café provenientes de Paula Cândido, MG. As amostras eram compostas por frutos cereja selecionados, com ausência de frutos verdes.

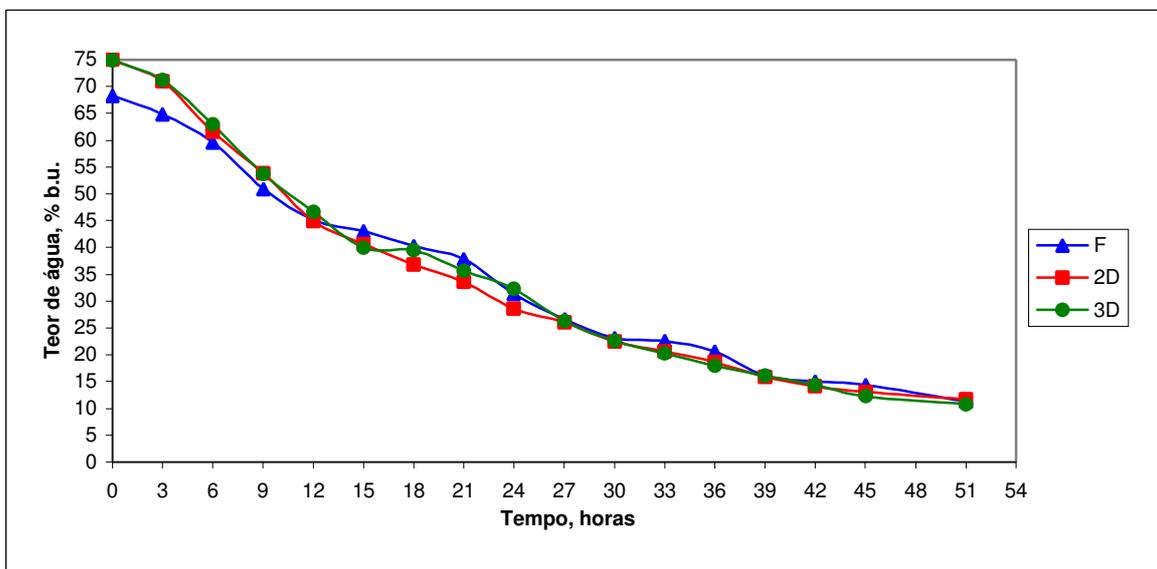


Figura 18: Curvas de secagem de frutos de café cereja, amostra fresca (F) e amostras imersas em água por 2 (2D) e 3 dias (3D), provenientes de Paula Cândido, MG (Café 'B').

É possível observar a diferença no teor de água inicial entre as parcelas de amostra fresca (F) e aquelas submetidas à imersão por dois e três dias (2D e 3D). Entretanto, o que se observa é que, após algumas horas de secagem sob as mesmas condições, os teores de umidade praticamente se igualam, não apresentando diferenças significativas no restante do processo. Isto significa dizer que, nas condições do experimento (secagem artificial, a 60 °C no ar de secagem), é possível misturar lotes imersos por diferentes períodos sem que a água absorvida pelos grãos imersos afete a uniformidade no teor de água final do lote composto, mesmo partindo de teores de umidade distintos. Este é um aspecto favorável da armazenagem prévia dos frutos, pois a uniformidade na secagem é fator importante para a obtenção de qualidade no produto final.

1.4.3.2. Secagem de frutos imersos em solução osmótica

Na Figura 19 está ilustrada a secagem das parcelas imersas em solução osmótica e a parcela testemunha (amostra fresca).

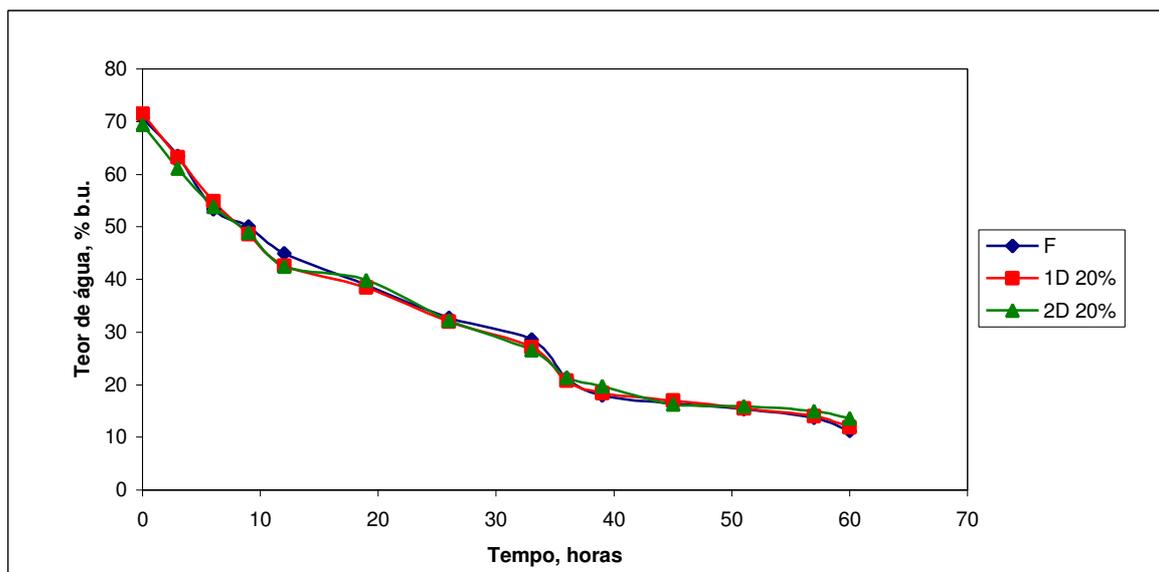


Figura 19: Curvas de secagem de frutos de café cereja, amostra fresca (F) e amostras imersas em solução osmótica (20% sacarose) por 1 (1D) e 2 dias (2D), provenientes de Teixeiras, MG (Café 'A').

Observa-se que praticamente não houve diferenças na secagem entre tratamentos, o que reduz a viabilidade da prática, pois o custo da imersão em solução osmótica não é justificado nem pela pequena redução no teor de água inicial nem pelo comportamento da secagem. Caso houvesse uma redução significativa no teor de água, reduziria o custo da secagem subsequente, minimizando os custos. Deve-se atentar para a os custos da técnica em escala real, sendo necessária uma análise econômica do processo.

É possível perceber que, no final do processo, a amostra fresca secou um pouco mais rapidamente do que as amostras imersas em solução osmótica, atingindo 11,2% de teor de água quando as amostras de dois e três dias de imersão ainda apresentavam teor de umidade de 11,9 e 13,5%, respectivamente.

1.4.4. Análise Microbiológica

A contaminação dos grãos variou de 1 a 4% de grãos colonizados em todas as amostras. Os maiores valores observados para o número de colônias por grão foram 1650 para *Cladosporium* e 1430 e 1300 para *Fusarium*, em amostras distintas. Devido aos baixos níveis de contaminação, os resultados foram analisados em termos de ocorrência das espécies de fungos.

1.4.4.1. Frutos imersos em água

Procedeu-se às análises microbiológicas em 44 amostras de café seco de diferentes procedências, submetidas a diferentes períodos de imersão em água. Deste total, 32 amostras eram de café cereja, 10 amostras de café tipo bóia e duas amostras de café verde. De todas as amostras analisadas, 5 não apresentaram contaminação nem nas cascas nem nos grãos; em 23 amostras, foram detectados fungos apenas nas cascas, sendo que 13 apresentaram colônias de *A. flavi*.

O fungo *A. flavi* teve a maior incidência nas 25 amostras analisadas, ocorrendo em 62,5% das amostras das cascas. Destas amostras, 19 eram de frutos cereja, 5 de frutos bóia e 1 amostra de frutos verdes. Colônias deste fungo ocorreram em 52,3% das amostras de cascas de café 'A', 69,3% das amostras cascas de café 'B' e em 55% das amostras de cascas do café 'D'. Entretanto, o *A. flavi* foi detectado em apenas 2 amostras de grãos.

O fungo *Penicillium* foi detectado em 12 amostras de cascas, sendo 4 amostras do café 'A', 7 amostras do café 'B' (77,8%) e 1 do café 'C'. Os demais fungos, *A. candidus*, *A. nigri*, *A. glaucus*, *Cladosporium* e *Fusarium* ocorreram em 4, 2, 3, 2 e 4 amostras de cascas, respectivamente.

Das 21 amostras analisadas do café 'A', em 71,4% foram identificadas colônias dos fungos *A. candidus* (3 ocorrências), *A. flavi* (11 ocorrências), *A. glaucus* (1 ocorrência), *Penicillium* (4 ocorrências), e *Fusarium* (1 ocorrência), nas cascas (externa e interna). Não foram detectadas colônias em 6 amostras.

Quanto aos grãos (1-4% de grãos colonizados), foram observados os fungos *A. flavi*, em 4,8% das amostras, *A. glaucus*, em 14,3%, *Penicillium*, em 23,8%, *Fusarium*, em 14,3%, *Cercospora*, em 9,5% e não detectado em 42,9% das amostras. O número de ocorrências está distribuído em relação aos tratamentos na Tabela 22:

Tabela 22: Número de ocorrências de fungos nos grãos (1 a 4% de grãos colonizados) em amostras secas de café 'A'

Amostras	nº.	Fungos					
		<i>A. flavi</i>	<i>A. glaucus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Cercospora</i>	<i>Penicillium</i>	n.d.
total	21	1	3	3	2	5	9
1 dia Imersão	2	-	-	-	-	1	2
2 dias Imersão	3	-	-	-	1	1	1
3 dias Imersão	3	1	2	1	1		
4 dias Imersão	1	-	-	-	-	-	1
5 dias Imersão	1	-	-	-	-	1	-
Sec. imediata	9	-	4	2	-	2	5

*n.d. : não detectado

Comparando-se os grãos com as cascas, observa-se que das 9 amostras sem fungos nos grãos (n.d.), ocorreram os fungos *A. flavi* (5), *A. candidus* (2), *Penicillium* (2), e n.d. em 2 amostras das cascas. Das 11 amostras de cascas contaminadas com *A. flavi*, apenas 1 amostra apresentou o mesmo fungo no grão, sendo esta de café bóia. Os fungos *A. glaucus*, *Fusarium*, *Cercospora* e *Penicillium* observados nos grãos não foram detectados nas cascas.

As amostras de café 'B' (13) referem-se a frações cereja (7), bóia (4) e verde (2). Deste total, em 5 amostras de grãos não foram detectados fungos, sendo que no restante das amostras observou-se os fungos: *A. glaucus* (ocorrência: 23,1% das amostras), *Fusarium* (30,8%), *Penicillium* (7,7%) e fungo não esporulante (23,1%). Este último, bem como *Fusarium*, ocorreram apenas nos grãos, não detectados nas cascas. Apenas a amostra submetida à secagem imediata estava isenta de contaminação. Dos grãos não contaminados (5), observou-se as seguintes ocorrências nas cascas: *A. flavi* (4), *Fusarium* (1), *Penicillium* (2), *Cladosporium* (2), *A.nigri* (1) e *A. candidus* (1). Do total das amostras de cascas (13), o número de ocorrências foi: *A. flavi* (9), *Fusarium* (3), *Penicillium* (7), *Cladosporium* (2), *A.nigri* (1) e *A. candidus* (1), sendo que apenas

em duas amostras não foram detectados fungos (secagem imediata e lote de grãos verdes). No lote de café verde seco a 30 °C, foi constatado um elevado número de colônias/grão de *Cladosporium* (1650). A Tabela 23 mostra a contaminação dos grãos das amostras de café 'B'.

Tabela 23: Ocorrência de grãos colonizados em amostras secas de café 'B'

Amostras	nº.	Fungos				
		<i>A. glaucus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>	não esporulante	n.d.
total	13	3	4	1	3	5
2 dias Imersão	2	1	1	1	1	1
3 dias Imersão	3	2	1	-	1	1
7 dias Imersão	1	-	-	-	-	1
verdes	2	-	1	-	-	1
Sec. imediata	3	-	1	-	1	1

*n.d. : não detectado

Das 9 amostras analisadas do café 'D', em praticamente todas não foram observados grãos colonizados, exceto por uma ocorrência de *A. Flavi* na amostra encaminhada à secagem imediata. Nas 6 amostras de café cereja não foram verificados fungos nos grãos, entretanto, nas cascas houve a detecção de *A. Flavi* em 66,7% das amostras, e apenas 1 ocorrência de *A. Nigri* e *Penicillium*.

Em relação ao período de imersão, nas amostras imersas por 1 dia observou-se apenas *Penicillium* nos grãos (amostra de café cereja), enquanto que nas cascas detectou-se colônias de *A. Flavi*. Das 7 amostras imersas por dois dias, não foram detectados fungos nos grãos das amostras referentes aos frutos bóia (2 amostras) e das 5 amostras de frutos cereja, foram observadas colônias e 4 delas, com os fungos *Penicillium* (1), *Cercospora* (1), *A.glaucus* (1) e *não esporulante* (1). Quanto à análise das cascas, observou-se que nas 5 amostras de frutos cereja ocorreram colônias de *A. Flavi*. Este fungo também ocorreu em 1 das amostras de cascas de frutos bóia, além de *Cladosporium*.

Não foi observada a ocorrência de *A. Flavi* e *Penicillium* nos grãos dos frutos imersos por 3 dias, apenas *Fusarium* (1), *Cercospora* (1), *A.glaucus* (4) e *não esporulante* (1), em 5 das 9 amostras. Nas cascas foram identificadas colônias de *Penicillium* (4 ocorrências), *Fusarium* (3 ocorrências), *A.glaucus* (2

ocorrências) , *A.candidus* (2 ocorrências) e *A.nigri* (2 ocorrências). Não foram detectados fungos nos grãos das amostras de frutos de café imersos por 4 e 7 dias, apenas colônias de *A. Flavi* nas cascas.

Do total de amostras analisadas, 14 foram submetidas à secagem imediata, sendo 12 amostras de café cereja. Deste total, foram detectadas nas cascas colônias de *Penicillium* (2 ocorrências), *Fusarium* (2 ocorrências), *A.flavi* (1 ocorrência) , e não esporulante (1 ocorrência), sendo não detectados fungos em 5 amostras. Já quanto aos grãos colonizados, 6 amostras não apresentaram contaminação, e nas demais observou-se colônias de *Penicillium* (2 ocorrências), *Fusarium* (2 ocorrências), *A.flavi* (2 ocorrências) e não esporulante (2 ocorrências).

De um modo geral, a contaminação fúngica observada nas amostras não é relevante sob o ponto de vista de produção de micotoxinas. Não foi detectado o fungo potencialmente produtor de toxina em café (*A. ochraceus*), tanto em amostras que passaram por pré-tratamentos como aquelas encaminhadas à secagem imediata. Convém salientar que todas as amostras de café passaram pelo menos pelo lavador, fato que diminuiria a possibilidade de contaminação pelo fungo *A. ochraceus*, cuja ocorrência está associada, segundo diversos autores, ao contato dos frutos com o solo.

1.4.4.2. Frutos cereja imersos em solução osmótica

Os resultados da análise microbiológica dos frutos tipo cereja, imersos em solução osmótica, podem ser observados na Tabela apresentada a seguir. Foram analisadas 7 amostras, sendo 4 de frutos descascados (pergaminho) e 3 amostras de frutos cereja. Foram detectadas os fungos *Fusarium* (3 ocorrências), *Cercospora* (1 ocorrência), *A.glaucus* (1 ocorrência) e *penicillium* (1) nos grãos de 5 amostras, enquanto que nas cascas foram observadas colônias de *Fusarium* (1 ocorrência), *Cladosporium* (1 ocorrência), *A.candidus* (1 ocorrência) e *A. flavi* (4). Das amostras das cascas, em apenas 1 amostra não foram detectados fungos (Tabela 24).

Tabela 24: Análise fúngica de amostras secas de café cereja, submetidas à desidratação osmótica.

Tipo	Conc. %	Amostra	% de grãos colonizados	Nº. de colônias (externo e interno na casca)/grão
descasc.	0	1 dia	Fusarium = 1	A. candidus = 66
descasc.	5	1 dia	Penicillium = 1; fusarium = 1	n.d.
descasc.	10	1 dia	n.d.	A. flavi = 130
descasc.	20	1 dia	Cercospora = 1; Fusarium = 1	A. flavi = 66 A. flavi = 130;
coco	20	1 dia	n.d.	Cladosporium = 66
coco	20	2 dias	A. glaucus = 1	Fusarium = 130
coco	20	3 dias	n.d.	A. flavi = 130

*n.d. : não detectado

Os resultados apresentados não mostraram predominância de nenhum dos fungos encontrados. Não foi observado nenhum efeito significativo da desidratação osmótica na contaminação fúngica das amostras, em todas as concentrações estudadas.

Estes resultados mostram que, nas condições experimentais, a desidratação osmótica não favoreceu a contaminação fúngica das amostras, não sendo este um fator limitante para a aplicação da técnica em frutos do cafeeiro.

1.4.5. Qualidade do café

Os resultados obtidos para a qualidade da bebida, obtida pela prova de xícara, podem ser observados nas Tabelas 25 a 28, apresentadas a seguir. De um modo geral, a qualidade dos cafés produzidos nesta safra se mostrou baixa, principalmente devido às condições climáticas atípicas para a época de colheita. Os frutos colhidos apresentavam elevadas porcentagens de frutos verdes, mesmo na fase final da safra. Segundo CONAB (2004), devido ao volume de chuvas verificado na colheita da safra e a maturação desuniforme dos frutos, associados

às dificuldades na secagem, o café apresentou uma substancial depreciação na qualidade na safra de 2004.

1.4.5.1. Frutos imersos em água

Conforme observado, a qualidade da bebida não foi superior à bebida dura, em todas amostras de café imersas em água.

Para o café A, todas as amostras foram classificadas em bebida dura, tanto as amostras submetidas à secagem imediata (8) quanto àquelas imersas por períodos que variaram de 1 a 5 dias, incluindo frutos cereja e frutos bóia. As amostras referentes às misturas de frações de frutos imersos por diferentes períodos também foram classificadas como bebida dura (Tabela 25).

As amostras de café B submetidas à prova de xícara apresentaram pequena redução na qualidade da bebida, quando comparadas com o café A. As amostras classificadas como bebida dura/riada foram, na maioria de frutos bóia, além de 1 amostra de frutos imersos por 7 dias e 1 amostra de frutos mantidos amontoado 3 dias antes da secagem. Este fato mostra que para o café analisado, a permanência à espera da secagem, propiciou perda qualitativa mais acentuada que a prática de imersão, afirmação válida para diferentes períodos de imersão.

As amostras de café D resultaram nas piores classificações na qualidade da bebida. Como já dito anteriormente, esta parcela (Café D) apresentou qualidade baixa nas amostras que vieram do campo, sendo já esperado pior classificação. Pode-se observar, entretanto, que a classificação 'rio' ocorreu em amostras de café bóia, que, devido à infestação de broca, apresentava fração significativa de frutos verdes. Apesar da baixa qualidade do produto, ainda assim obteve-se bebida dura, dura/riada e dura/ferm. nas amostras de café cereja.

Tabela 25: Classificação da bebida de amostras (café 'A') de frutos tipo cereja e bóia, encaminhados à secagem imediata e imersos em água por diferentes períodos.

Café	Tipo	Amostra	Bebida
A	cereja	1 dia	DURA
A	cereja	1 dia	DURA
A	cereja	2 dias	DURA
A	cereja	2 dias	DURA
A	cereja	2 dias	DURA
A	cereja	3 dias	DURA
A	cereja	3 dias	DURA
A	cereja	3 dias	DURA
A	cereja	4 dias	DURA
A	cereja	5 dias	DURA
A	bóia	1/2 dia desc	DURA
A	bóia	1 dia desc	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	cereja	SI (test.)	DURA
A	bóia	SI Bóia	DURA
A	cereja	Mistura 0-1-2	DURA
A	cereja	Mistura 0-1-2-3	DURA
A	cereja	Mistura 1-2	DURA
A	cereja	Mistura 2-3-4	DURA
A	cereja	Mistura 3-3	DURA
A	cereja	Mistura 3-4-5	DURA

Tabela 26: Qualidade da bebida de amostras de café 'B', de frutos cereja e bóia, encaminhados à secagem imediata e imersos em água por diferentes períodos.

Café	Tipo	Amostra	Bebida
B	cereja	Ferm.	DURA/RIADA
B	cereja	2 dias	DURA
B	cereja	3 dias	DURA
B	cereja	7 dias	DURA/RIADA
B	bóia	3 dias comp.	DURA/RIADA
B	bóia	2 dias	DURA/RIADA
B	bóia	3 dias	DURA
B	cereja	SI (test.)	DURA
B	bóia	SI Bóia	DURA/RIADA

Tabela 27: Qualidade da bebida de amostras de café 'D', de frutos cereja e bóia, encaminhados à secagem imediata e imersos em água por diferentes períodos.

Café	Tipo	Amostra	Bebida
D	cereja	2 dias	DURA/RIADA
D	cereja	3 dias	DURA
D	cereja	4 dias	DURA
D	cereja	7 dias coco	DURA/FERM.
D	cereja	7 dias desc.	DURA/RIADA
D	bóia	1 dia	RIO
D	bóia	2 dias	RIO
D	bóia	3 dias	RIO
D	cereja	Sl. Test.	DURA
D	cereja	mistura2-3-4 dias	DURA/FERM.

Avaliando-se os resultados obtidos para a qualidade da bebida, observa-se que a prática de imersão não favoreceu a perda da qualidade, em todas as amostras analisadas. O fato de não prejudicar a qualidade final do produto indica a viabilidade da prática de imersão como técnica de armazenagem prévia dos frutos do cafeeiro.

A imersão de frutos de café bóia em água permitiu o descascamento desta fração, sendo que os resultados obtidos para a qualidade da bebida dos frutos descascados (bebida dura) ressaltam a possibilidade de melhor aproveitamento desta fração.

1.4.5.2. Frutos imersos em solução osmótica

Os resultados da análise de bebida dos frutos submetidos à desidratação osmótica podem ser observados na Tabela 28. O efeito da imersão em solução osmótica, na qualidade da bebida, foi favorável e mais evidente que o efeito de desidratação, já discutido anteriormente. Das 6 amostras que obtiveram classificação APM (apenas mole), 4 referem-se a frutos imersos por 1 dia; 1 amostra imersa por 4 dias, na maior concentração avaliada (75% de sacarose), e 1 amostra de frutos bóia, imersos por 3 dias. As amostras testemunhas deste experimento (amostras imersas de 1 a 4 dias, em solução de 0% de sacarose – apenas água) apresentaram os mesmos resultados das amostras imersa em água, discutidos no item anterior.

É possível observar que há relação entre período de imersão, concentração do agente osmótico e qualidade da bebida: as melhores bebidas foram obtidas no menor período de imersão (1 dia), independente da concentração, ou em amostras imersas por mais dias, porém, apenas nas concentrações mais elevadas.

Tabela 28: Qualidade da bebida de amostras (café 'A' e 'C') de frutos cereja e bóia, imersos em solução osmótica por diferentes períodos.

Café	tipo	Conc. (%)	Amostra	Bebida
A	cereja desc.	0	1 dia	APM
A	cereja desc.	5	1 dia	DURA
A	cereja desc.	10	1 dia	DURA
A	cereja desc.	20	1 dia	APM
A	cereja	20	1 dia	DURA
A	cereja	20	2 dias	DURA
A	cereja	20	3 dias	DURA
C	cereja	5	3 dias	DURA
C	cereja	10	3 dias	DURA/FERM.
C	cereja	0	1 dia	DURA
C	cereja	50	1 dia	APM
C	cereja	75	1 dia	APM/ADST.
C	cereja	0	4 dias	DURA
C	cereja	50	4 dias	DURA
C	cereja	75	4 dias	APM
C	bóia	0	3 dias	APM
C	bóia	5	3 dias	DURA/FERM.
C	bóia	10	3 dias	MOLE +

*Ferm: fermentada; Adst: adstringente; Mole +: mole para mais.

CAPÍTULO 02

ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA DE FRUTOS DO CAFEIEIRO EM IMERSÃO

2.1. INTRODUÇÃO

A modernização da cafeicultura, evidenciada pela adoção de tecnologias no processamento do café, promoveu um avanço qualitativo e econômico nas atividades de preparo de café, porém, trouxe à tona um sério problema ambiental. Por exemplo, a lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro são técnicas que possibilitam uma redução significativa no tempo requerido para secagem, bem como a redução do volume a ser processado e armazenado, o que leva a um menor custo de produção, além de melhores perspectivas de mercado para um produto de boa qualidade. Como desvantagem do processo, cita-se geração de águas residuárias resultantes do processamento via úmida, que obrigatoriamente, de acordo com a legislação vigente, devem ser submetidas a tratamentos para o seu descarte em corpos d'água (SILVA, 2001; GONÇALVES et al., 2000). Por conseguinte, o preparo via úmida requer maior infraestrutura em instalações e equipamentos.

O processo de imersão implica também em geração de águas residuárias. TEDJO et al. (2002), estudando a imersão de mangas em solução osmótica, chamam atenção para a necessidade de disposição do resíduo gerado no processo.

A avaliação da potencialidade e disposição do resíduo gerado na imersão bem como o estabelecimento de parâmetros técnicos, são importantes para a viabilidade do processo, sob o ponto de vista do impacto ambiental. O conhecimento destes parâmetros permite o dimensionamento e/ou adequação de sistemas de tratamento das águas residuárias da imersão.

2.2. REVISÃO DE LITERATURA

2.2.1. Águas residuárias do processamento de frutos do cafeeiro

A imersão de frutos do cafeeiro como alternativa no gerenciamento das atividades de colheita e processamento é técnica inédita, não havendo, portanto referências bibliográficas que caracterizem o processo, assim como a disposição do resíduo gerado. Sendo assim, as opções de tratamento deste resíduo teriam por base os sistemas utilizados no tratamento da água de lavagem e despolpa de frutos de café.

A atividade de lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, necessária para redução do custo de secagem dos grãos e melhoria na qualidade da bebida, gera grandes volumes de águas residuárias, ricas em material orgânico em suspensão e constituintes orgânicos e inorgânicos em solução, além de grandes quantidades de resíduos sólidos. Diversos autores citados por PINTO et al. (2001) referem-se ao grande impacto que as águas residuárias da lavagem, descascamento e desmucilagem de frutos do cafeeiro (ARC) causam ao ambiente, não somente pela carga orgânica contaminante que alcança os corpos d'água, mas também pelo grande volume de água demandado no processamento do fruto que, por sua vez, retorna ao meio ambiente com qualidade muito inferior.

O tratamento das águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro pode ser dividido basicamente em três etapas: separação entre sólidos e líquidos (pré-tratamento), filtração ou sedimentação (tratamento primário) e disposição das águas no solo (tratamento secundário) (MATOS et al. 2001b). No tratamento primário, caso a opção seja o aproveitamento na fertirrigação, MATOS et al.(2001c) recomendam a utilização de filtros. A escolha do melhor sistema está vinculada às características físico-químicas do resíduo. As alternativas para o tratamento secundário são lagoas facultativas ou disposição no solo, que compreende técnicas como infiltração/percolação, escoamento superficial, fertirrigação e áreas alagadas.

Entre as diversas alternativas de tratamento das águas residuárias do processamento de frutos de café, muitas delas apresentam características desejáveis como boa eficiência, simplicidade e baixo custo, adequadas à realidade da pequena produção, normalmente de baixos poder aquisitivo e nível tecnológico.

Para PINTO et al. (2001), dentre as soluções propostas para tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, destaca-se a sua disposição direta sobre o solo, técnica viável sob o enfoque do baixo custo de implantação e a possibilidade de aproveitamento dos nutrientes contidos nessas águas. Autores citados por MATOS et al. (2001b) citam como vantagens da disposição de águas residuárias sobre o solo o benefício agrícola, o baixo investimento (custo oscila entre 30 e 50% do custo do tratamento convencional), o pequeno custo de operação e o baixo consumo de energia.

O tratamento de águas residuárias por escoamento sobre o solo vem sendo considerado uma alternativa de baixo custo e de fácil operação no tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico. Nesta modalidade de tratamento, as águas residuárias são aplicadas sobre o solo em taxas superiores à capacidade de infiltração de solos declivosos, com escoamento superficial até canais de coleta, na parte inferior de rampas vegetadas. Durante o percurso, há depuração das águas residuárias por ação microbiológica, adsorção pelo solo e absorção pelas plantas. A depuração é decorrente da retenção dos sólidos em suspensão pelas plantas e pelo próprio solo e da oxidação da matéria orgânica promovida por bactérias que se estabelecem no colo das plantas e no próprio solo (MATOS et al. 2001a).

A água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro é muito rica em sólidos totais, portanto, o uso de filtros de areia não é recomendável, em virtude da sua rápida colmatação superficial com conseqüente impedimento do fluxo normal da água residuária LO MONACO et al. (2001). Para estes autores, é interessante a utilização de materiais filtrantes que sejam subprodutos de atividades agropecuárias e industriais, tendo em vista a sua abundância, baixo custo de aquisição e o fato de serem resíduos de fácil disposição no ambiente.

MATOS et al. (2000), trabalhando com áreas alagadas no tratamento da ARC, concluíram que este sistema mostrou-se resistente a condições operacionais variadas, requerendo pouca energia e mão-de-obra. FIA et al. (2001), por sua vez, concluíram que o sistema de áreas alagadas (“wetland”) possui grande eficiência na remoção de matéria orgânica e nutrientes presentes na ARC, todo em vista os impactos ambientais causados pelo tratamento.

2.3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas amostras das soluções armazenadoras, para frutos de café imersos em água, coletadas a cada troca (24 horas) de lotes de frutos tipo cereja + verdes, Cafés ‘A’, ‘B’, ‘C’ e ‘D’; e tipo bóia, Cafés ‘B’ e ‘D’. Os parâmetros determinados estão descritos nos itens 2.3.1 a 2.3.4.

Devido aos procedimentos adotados de coleta de amostras e de troca de água cada a 24 horas de imersão, os resultados foram expressos em relação ao estágio da imersão, ou seja, referentes às trocas de água. Após 24 horas de imersão, água da 1^a. troca; após 48 horas, água da 2^a. troca, e assim sucessivamente.

2.3.1. DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

Os procedimentos adotados terão como referência a norma 5210 – *Chemical Oxygen Demand (COD)*, especificada no *Standard Methods ...* 19^a. Edição (APHA, 1995).

2.3.2. DQO – Demanda Química de Oxigênio

Os procedimentos adotados terão como referência a norma 5220 – *Chemical Oxygen Demand (COD)*, especificada no *Standard Methods ...* 19^a. Edição (APHA, 1995).

2.3.3. ST - Sólidos totais

Os procedimentos adotados terão como referência as normas *2540B – Total Solids Dried at 103-105 °C* e *2540E – Fixed and Volatile Solids Ignited at 550 °C*, especificadas no *Standard Methods ...* 19^a. Edição (APHA, 1995).

2.3.4. Fósforo, Nitrogênio, Potássio e Sódio

Também foram analisadas as concentrações de nitrogênio total, potássio, fósforo total e sódio, de acordo com as normas especificadas no *Standard Methods ...* 19^a. Edição (APHA, 1995).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Análises físicas e químicas da água de imersão

Os resultados das análises físico-químicas das águas residuárias da imersão dos frutos do cafeeiro estão descritos a seguir. A água residuária de imersão apresentou coloração avermelhada, que perdia a intensidade a cada troca de água. As diferenças de tonalidade podem ser observadas nas Figuras 20 a 22, a seguir.

2.4.1.1. DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

Os resultados observados na Tabela 29 mostram a variação da DBO em relação ao estágio da imersão dos frutos bem como a diferenças entre lotes. Em todos lotes, a DBO apresentou valores decrescentes a cada estágio da imersão.

Os lotes A1 a A5, mesmo sendo da mesma lavoura, colhidos em dias diferentes, apresentaram diferenças tanto na maturação como nos procedimentos anteriores à imersão. Os lotes 4 e 5 permaneceram ensacados por 12 e 24 horas,

respectivamente, após a colheita devido a atrasos no recebimento do produto, apresentando indícios de deterioração tais como elevada temperatura da massa de grãos e odor característico da fermentação. Os lotes B1 a B3, por sua vez, têm como característica a ausência de frutos verdes e a não incidência de grãos brocados, entretanto, o lote B3 apresentava frutos em estágios bem avançados de maturação. Já os lotes D1 a D3 apresentaram alta incidência de broca e elevado percentual de frutos verdes (em torno do 30%).



Figura 20: Águas residuárias da imersão de frutos de café cereja, lote A1.



Figura 21: Águas residuárias da imersão de frutos de café cereja, lote A2.



Figura 22: Águas residuárias da imersão de frutos de café cereja, lote A3.

Segundo MATOS et al. (2001c), a DBO da água da lavagem e despolpa dos frutos está na faixa de 3429 a 5524 mg.L⁻¹. Os valores obtidos para a água de imersão são mais elevados, devido ao longo período de imersão e à relação entre os volumes de água e de frutos, bem menor do que a utilizada nos lavadores e descascadores. Elevados valores encontrados nos lotes A4 e A5 provavelmente são consequência do processo de deterioração ocorrido. Os menores valores de DBO da 1^a. troca foram observados nos lotes D1 e D2, de maior teor de frutos verdes.

A DBO da água de imersão dos frutos bóia (Tabela 30) apresentou valores intermediários. Os maiores valores encontrados para a DBO da água de imersão de bóias (Café D) estão associados à incidência de broca: o lote apresentava boa parte de frutos maduros e brocados que permaneceram na fração bóia, após a operação de lavagem.

Para avaliar o efeito da maturação dos frutos na DBO da água de imersão, ordenou-se os resultados da 1^a. troca de água (Tabela 31). É possível observar que os menores valores obtidos estão nos lotes de maior incidência de frutos verdes, seguidos pelos lotes de frutos bóia e de frutos cereja. A menor DBO nos lotes com frutos verdes mostra que a concentração de compostos hidrossolúveis que translocam dos frutos para a solução varia com o grau de maturação dos frutos. Os frutos tipo bóia, devido as perdas advindas da secagem, apresentaram valores menores que os frutos cereja, porém, superiores àqueles obtidos para os lotes cereja + verdes.

Tabela 29: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	CAFÉ D	
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2
24	6679	6879	5910	10161	23291	6632	4382	12715	7564	16972	7846	7285
48	2870	3490	1461	2494	2563	4789	2607	3311	2653	13600	4110	
72	1222	498	732	866	803	2132	1535		1839	4232	2802	
96	122	213				1025			1560			
120	2,4					201						

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG. ** lote composto.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

Tabela 30: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	5296	4907	6247	9363
48	2350	1510	2247	9105
72	1854	1006	2457	2213
96	1237		1735	

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

Tabela 31: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja e tipo bóia (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Lotes	Período de Imersão / troca				
	24 h 1a. troca	48 h 2a. troca	72 h 3a. troca	96 h 4a. troca	120 h 5a. troca
D2	3577				
D1	3677	2140	1311		
B2	4382	2607	1535		
B2 bóia	4907	1510	1006		
B1 bóia	5296	2350	1854	1237	
A3	5910	1461	732		
B bóia *	6247	2247	2458	1735	
B1	6632	4789	2132	1025	501
A1	6679	2871	1222	122	240
A2	6879	3490	498	213	
B *	7564	2653	1839	1570	
D bóia	9363	9105	2213		
A4	10161	2494	866		
B3	12715	3311			
C1	16972	13600	4232		
A5	23291	2563	803		

Cafés A: lotes de frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG. Lote A4: permaneceu ensacado por 12 horas antes da imersão; A5: permaneceu ensacado por 24 horas antes da imersão;

Cafés B: lotes de frutos cereja previamente selecionados e frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG. * lotes compostos.

Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

Cafés D: lotes de frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes) e frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

2.4.1.2. DQO – Demanda Química de Oxigênio

Os resultados observados nas Tabelas 32 e 33 mostram a variação da DQO em relação ao estágio da imersão dos frutos bem como a diferenças entre lotes. A DQO apresentou valores decrescentes, a cada estágio da imersão, em

Tabela 32: Demanda Química de Oxigênio (DQO), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	Café D	
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2
24	30822	26712	27460	27460	164384	25333	25333	55333	38000	59176	7846	7285
48	13076	19054	6538	12328	25218	25333	14667	18667	16000	47796	4110	
72	7098	4670	6538	14010	3736	14667	8000		14667	15932	2802	
96	1868	3175				10000			8000,			
120	2802					8000						

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG. ** lote composto.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

Tabela 33: Demanda Química de Oxigênio (DQO), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	20000	9333	45333	45333
48	16000	6667	22667	13333
72	8000	3333	13333	22667
96	2667		6667	6667

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

praticamente todos os lotes, exceto em alguns estágios dos lotes A4 e A5. Os valores observados são, de modo geral, maiores que os valores da DQO da água residuária da lavagem e despolpa de frutos cereja, citados na literatura (MATOS et al. 2001).

A Tabela 34 mostra os dados de DQO em ordem crescente. Observa-se o mesmo comportamento da DBO, ou seja, as amostras de maior teor de frutos verdes apresentaram os menores valores de DQO, seguidas pelas amostras de frutos bóia e frutos cereja. O valor de DQO mais elevado dos frutos bóia do café 'D' pode estar associado ao fato de que, devido à alta incidência de broca, havia uma grande parte de frutos cereja na fração bóia, além de tratar-se de lotes compostos.

Tabela 34: Demanda Química de Oxigênio (DQO), em mg/L^{-1} , da água de imersão de frutos de café tipo cereja e tipo bóia (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Lotes	Período de Imersão / troca				
	24 h 1a. troca	48 h 2a. troca	72 h 3a. troca	96 h 4a. troca	120 h 5a. troca
D2	7285				
D1	7846	4110	2802		
B2 bóia	9333	6667	3333		
B1 bóia	20000	16000	8000	2667	
D bóia	20174	13823	5417		
B2	25333	14667	8000		
B1	25333	25333	14667	10000	8000,0
A2	26712	19054	4670	3175	
A3	27460	6538	6538		
A4	27460	12329	14010		
A1	30822	13076	7098	2802	1868
B *	38000	16000	14667	8000	
B bóia *	45333	22667	13333	6667	
B3	55333	18667			
C1	59176	47796	15932		
A5	164384	25218	3736		

Cafés A: lotes de frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG. Lote A4: permaneceu ensacado por 12 horas antes da imersão; A5: permaneceu ensacado por 24 horas antes da imersão;

Cafés B: lotes de frutos cereja previamente selecionados e frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG. * lotes compostos.

Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

Cafés D: lotes de frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes) e frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

Avaliando-se os dados obtidos para a DQO e a DBO no processo de imersão, observa-se que a diminuição da DQO devido à troca d'água ocorre em menor intensidade que a DBO, ou seja, a fração orgânica apresenta maior solubilidade em água do que a fração composta por substâncias inorgânicas ou orgânicas de difícil decomposição. A DQO da água de imersão dos frutos cereja, coletada antes das 2^a. e 3^a. trocas, reduziu, em média, 45 e 70%, respectivamente, em relação à DQO da água de imersão coletada antes da 1^a. troca. A DBO, por sua vez, reduziu em média, 60 e 80% em relação à DBO da água de imersão coletada antes da 1^a. troca. Já os frutos tipo bóia, a DQO da água de imersão coletada antes das 2^a. e 3^a. trocas, reduziu, em média, 32,5 e 69%, respectivamente, em relação à DQO da água de imersão coletada antes da 1^a. troca. A DBO, por sua vez, reduziu em média, 48 e 70% em relação à DBO da água de imersão coletada antes da 1^a. troca. Estes fatos também evidenciam a variação da difusividade em água das espécies químicas presentes nos frutos em relação ao grau de maturação. A Figura 23 ilustra a variação da relação DQO/DBO em relação ao estágio de imersão. A importância destas observações reside no fato de que a relação DBO/DQO, bem como os níveis encontrados de DQO e DBO servem de critérios para a escolha do tratamento adequado à água residuária em questão. Segundo a literatura, relação DQO/DBO fica em torno de 2.0, para a água de lavagem e despoupa (MATOS et al. 2001).

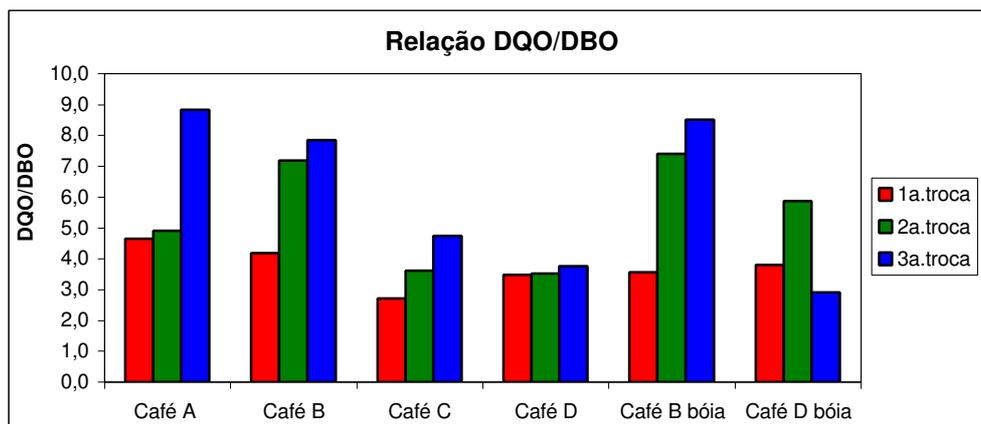


Figura 23: Representação gráfica da variação da relação DQO/DBO em função do estágio de imersão dos diferentes lotes estudados.

2.4.1.3. Sólidos Totais

Os resultados obtidos para os sólidos totais (ST) podem ser observados nas Tabelas 35 e 36. Os sólidos totais obtidos são praticamente na totalidade, sólidos dissolvidos, por tratar-se de água residuária de imersão e, além disso, os frutos foram submetidos a lavagem prévia. A fração de sólidos em suspensão corresponderia a impurezas das amostras não removidas na lavagem, e não espécies diluídas durante o processo de imersão.

2.4.1.4. Fósforo, nitrogênio, potássio e sódio

Os resultados obtidos para as concentrações de fósforo, nitrogênio, potássio e sódio podem ser observados nas Tabelas 37 a 44.

É possível observar uma correlação entre a concentração de fósforo, potássio e nitrogênio com as características de maturação e conservação dos frutos. Os lotes que apresentaram indícios de fermentação (A4 e A5), as amostras resultaram em elevados valores de P e K, e valores reduzidos para o nitrogênio. Estes fatos levam a crer que o processo de deterioração favorece a disponibilização de P e K para a água de imersão, enquanto que o nitrogênio possivelmente está sendo consumido.

Os resultados das análises também mostraram diferenças nas concentrações das espécies químicas em relação à procedência dos frutos, indicando a alta variabilidade das características físico-químicas da água residuária de frutos provenientes de diferentes lavouras. Os frutos provenientes de Teixeira, MG (Café 'A') apresentaram valores mais elevados de P, K e Na, e menores de nitrogênio do que aqueles apresentados pelos frutos provenientes de Paula Cândido, MG (Café 'B'). Estas diferenças também podem estar associadas à incidência de broca, presente no café 'A' e praticamente ausente no café 'B'.

Tabela 35: Sólidos Totais (ST), em g/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	Café D		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2	D3
24	18,3	19,8	18,3	37,0	33,67	10,6	9,1	17,9	15,6	37,4	6,9	3,21	6,7
48	10,7	13,0	2,8	9,9	6,9	8,5	2,2	6,8	2,8	27,5	3,0	4,14	
72	3,7	1,6	1,8	5,8	1,6	3,2	0,5		2,6	7,8	2,0		
96	1,2	1,1				2,3			3,7				
120	0,5					1,5							

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

Tabela 36: Sólidos Totais (ST), em g/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	9,6	4,9	19,5	18,0
48	5,3	2,2	4,0	13,3
72	1,2	0,8	7,6	5,5
96	0,5		1,8	

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

Tabela 37: Concentração de fósforo (P), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	Café D		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2	D3
24	58,0	88,7	192,6	203,5	254,0	29,3	21,7	48,9	39,6	5,0	11,4	3,7	11,9
48	101,6	169,8	65,9	58,03	64,0	26,2	10,7	20,0	10,3	10,8	7,5	6,8	
72	49,1	21,4	31,3	68,9	10,5	11,0	8,6		7,9	13,9	11,9		
96	10,5	7,6	15,5	20,4		7,6			13,1				
120	1,6												

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

Tabela 38: Concentração de fósforo (P), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	37,2	17,6	69,6	41,61
48	16,9	8,6	17,2	32,2
72	7,6	4,1	27,6	14,0
96	11,0		9,6	

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.]** lote composto.

Tabela 39: Concentração de nitrogênio (N), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	Café D		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2	D3
24	331,5	415,9	144,7	54,2	54,2	190,4	170,4	353,2	291,7	275,4	83,2	76,0	149,5
48	340,5	391,8	39,2	19,7	66,3	202,5	65,9	127,8	86,0	345,5	68,7	117,0	
72	177,8	183,8	30,1	19,6	36,2	86,0	32,9		73,9	118,9	63,9		
96	123,6	56,4			15,1	37,0			57,1				
120	171,8												

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG. ** lote composto.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

Tabela 40: Concentração de nitrogênio (N), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	219,4	118,1	519,5	448,4
48	119,7	54,6	134,2	379,7
72	51,4	21,7	194,5	124,2
96	16,7			

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

Tabela 41: Concentração de potássio (K), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	Café D		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2	D3
24	2572,5	1685,3	3536,9	4182,8	7584,5	319,9	225,9	302,3	333,6	1181	86,8	66,4	105,6
48	2072,9	2331,2	1254,7	1685,3	1943,7	329,3	56,9	158,6	74,1	393,8	57,0	100,9	
72	836,0	340,8	521,6	844,6	366,6	86,6	33,4		63,1	238,1	71,11		
96	237,4	211,6	302,0			69,4			72,5				
120	121,2					49,0							

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG. ** lote composto.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

Tabela 42: Concentração de potássio (K), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	302,3	210,3	427,6	522,9
48	241,6	91,3	241,6	522,9
72	49,0	33,4	271,3	124,4
96	27,1		69,4	

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

Tabela 43: Concentração de sódio (Na), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo cereja (Parcelas 'A', 'B', 'C' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ A*					CAFÉ B*				CAFÉ C*	Café D		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4**	C1	D1	D2	D3
24	880,2	585,0	1321,9	1414,0	2703,5	87,0	57,2	25,2	41,8	256,2	28,2	23,4	37,9
48	861,3	953,4	585,0	631,0	677,1	73,8	12,5	47,3	17,4	119,0	21,8	34,7	
72	298,0	127,6	109,2	321,0	132,2	22,4	4,2		12,5	63,1	23,4		
96	99,9	86,1				14,1			14,1				
120	49,3					7,5							

* Café A: Frutos de café cereja, colhidos de forma seletiva, praticamente com ausência de frutos verdes, provenientes de Teixeiras, MG.

* Café B: frutos cereja previamente selecionados, provenientes de Paula Cândido, MG. ** lote composto.

* Café C: frutos cereja + verdes (5-10% frutos verdes), provenientes de Araponga, MG, safra 2003.

* Café D: frutos cereja + verdes (~30% frutos verdes), provenientes de Viçosa, MG.

Tabela 44: Concentração de sódio (Na), em mg/L⁻¹, da água de imersão de frutos de café tipo bóia (Parcelas 'B' e 'D').

Imersão (horas)	CAFÉ B*			Café D*
	B1	B2	B**	D1
24	25,2	63,8	74,9	18,6
48	68,8	22,4	70,4	18,6
72	10,8	4,2	82,0	46,0
96	2,5		14,1	

* Café B: frutos bóia, provenientes de Paula Cândido, MG.

* Café D: frutos bóia, provenientes de Viçosa, MG.

** lote composto.

CAPÍTULO 03

EFEITO DO CONTATO DOS FRUTOS DO CAFEIRO COM O SOLO DA LAVOURA NA SUA QUALIDADE FINAL

3.1. INTRODUÇÃO

A produção de café de boa qualidade depende em grande parte dos cuidados na pós-colheita, principalmente na fase de secagem, influenciando diretamente na qualidade da bebida e no aspecto final do produto (DONZELES, 2002). Trata-se de uma operação de risco, com chances de obtenção de produto de baixa qualidade.

A secagem em terreiro, além do tempo relativamente longo para realização do processo, apresenta desvantagens como a necessidade de grandes áreas para a construção dos terreiros, uso intensivo da mão-de-obra e, muitas vezes, o produto fica exposto a condições climáticas adversas que depreciam sua qualidade (CAMPOS, 1998).

A secagem ao sol, em terreiros, é o método de secagem de café mais comum no Brasil. Esse método, apesar de exigir pouco conhecimento técnico, é considerado de risco, pois o produto pode ter sua qualidade reduzida por condições climáticas adversas, além de exigir longo período de secagem e, por conseguinte, atraso na colheita. Nestas circunstâncias, a utilização de secagem artificial em secadores torna-se um fator imprescindível (PINTO FILHO, 1994). Para MACHADO et al. (2003 a), a adoção de terreiros como única alternativa para a secagem pode acarretar prejuízos para o cafeicultor, que variam em função do volume de produto a ser processado, do tipo de pré-processamento adotado e de variáveis como demanda de mão-de-obra e período de colheita, além das condições climáticas do local.

Segundo SILVA e BERBERT (1999), a dificuldade de escoamento que o café apresenta no início da secagem inviabiliza a utilização de secadores dotados de dispositivos normais de transporte de grãos. O processo mais utilizado atualmente consiste em pré-secagem em terreiros, para posterior utilização de secadores mecânicos. Dentre os secadores mecânicos, o secador rotativo é um dos sistemas mais difundidos no país, principalmente em níveis de média e alta produção.

Um fator que potencializa a deterioração do produto durante a secagem é a presença de impurezas, bem como a secagem conjunta das diversas frações do café colhido; a adoção de técnicas de limpeza e separação das frações (cafés cereja e verdes, passas e bóias) é considerada como medida preventiva para a manutenção da qualidade, que irá refletir no preço obtido pelo produto final (SAMPAIO et al., 2001).

Um aspecto importante relacionado à qualidade do café é a contaminação microbiológica. Especial atenção vem sendo dada à ocorrência de fungos toxigênicos e toxinas em grãos de café. Alguns autores salientam a importância das boas práticas agrícolas e de higienização no processamento dos frutos do cafeeiro (SOUZA, 1996; SILVA e BERBERT, 1999; SILVA et al., 2001; MACHADO et al., 2003a).

Com o objetivo de avaliar a qualidade de grãos de café submetidos à secagem em terreiros após período de contato com o solo, este trabalho buscou associar o efeito do tempo de contato dos frutos com o solo com a qualidade da bebida e a contaminação microbiológica nos grãos, submetidos às mesmas condições de secagem.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Produto

Foram selecionados 150 kg de frutos de café tipo cereja, variedade Catuaí vermelho-amarelo, provenientes de Teixeiras, MG (Café 'A'). O café foi colhido no

dia 21/06/04, e recebido ao final da tarde, por volta das 17:00 horas. A colheita seletiva proporcionou frutos maduros, com praticamente ausência de frutos verdes. Os frutos não foram submetidos à separação hidráulica. Os frutos foram divididos em 5 lotes de 30 kg cada, correspondendo os tratamentos:

- Tratamento 1 (testemunha): lote submetido à secagem sem contato com o solo da lavoura;

- Tratamento 2: lote disposto no solo abaixo das plantas, submetido à secagem após contato com o solo da lavoura por uma noite;

- Tratamento 3: lote disposto no solo abaixo das plantas, submetido à secagem após contato com o solo da lavoura por 7 dias;

- Tratamento 4: lote de 30 kg de café cereja, disposto no solo abaixo das plantas, submetido à secagem após contato com o solo da lavoura por 21 dias;

- Tratamento 5: lote disposto no solo nas entrelinhas da lavoura, submetido à secagem após contato com o solo da lavoura por 21 dias;

3.2.2. Montagem do experimento

O procedimento adotado para a implantação do experimento foi limpeza de 12 metros de linha de café, removendo-se todos os frutos caídos; Preparou-se uma área de 4 m x 1 m na entrelinha, junto ao local preparado anteriormente (Figura 24);

Os frutos referentes aos tratamentos 1, 2 e 3 foram dispostos no solo abaixo das árvores, em camada fina; Teve-se o cuidado de evitar contato dos frutos de diferentes tratamentos.

Os frutos cereja, referentes ao tratamento 1, foi e mantida sob cobertura até às 9:00 horas da manhã seguinte.



Figura 24: Área experimental (a); Disposição dos frutos cereja abaixo das plantas (b) e na entrelinha da lavoura (c).

A determinação do teor de água e de matéria seca, pelo Método Padrão de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por 48 horas, com três repetições, com amostras de aproximadamente 30 g (BRASIL, 1992). A precisão da balança modelo digital utilizada nas pesagens é centésimo de grama (0,00 g).

3.2.2. Secagem

A secagem foi conduzida em estrados de madeira, com área de 1 m^2 por tratamento. Os estrados apresentavam fundo telado, que permanecia 2 cm elevado em relação ao piso. A camada inicial dos frutos apresentava altura de cerca de 6 cm.

A secagem ao sol tinha início às 9:00 horas da manhã, com revolvimento dos frutos em intervalos de 2 horas, recolhendo-se os estrados às 15:00 horas para uma área coberta.

Foram retiradas amostras aleatórias para a determinação do teor de umidade inicial de todo o lote. Para o acompanhamento da secagem, coletou-se amostras após o período de contato com o solo, e a cada 5 dias, a partir do início da secagem ao sol, nos estrados.

3.2.3. Análises Microbiológicas

Foram recolhidas amostras de frutos no início e no final da secagem. Para as amostras iniciais, foram levantados dados da comunidade externa dos frutos

('x'), do mesocarpo ('m') e a comunidade interna, nos grãos ('i'). Para as amostras secas, foram analisadas as comunidades ('x + m') e os grãos ('i').

As análises foram realizadas no Laboratório de Doenças de Plantas do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, segundo metodologia proposta pela FAO (FAO, 2003).

3.2.4. Análise Qualitativa (sensorial)

Foram enviadas amostras do produto final, contendo aproximadamente 300g de café beneficiado, referente a cada parcela experimental, para a Incofex Armazéns Gerais Ltda, em Viçosa – MG, para os testes de degustação do café (prova de xícara), além da classificação por e peneira e número de defeitos.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Secagem

Os teores de água dos frutos, referentes aos tratamentos 1 a 5, podem ser observados na tabela 45.

Tabela 45: Teor de água, em % b.u., das parcelas experimentais durante a secagem em terreiro suspenso.

	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5
Inicial	67,44	67,44	67,44	67,44	67,44
5o. Dia	58,2	59,84	*	*	*
7o. Dia			64,47	*	*
10 ^o . Dia	45,23	36,92	55,83	*	*
15 ^o . Dia	28,61	21,57	36,46	*	*
21 ^o . Dia	20,75	18,56	26,66	63,84	56,66
27 ^o . Dia	17,84	17,55	17,5	31,57	30,51
31 ^o . Dia	15,37	15,36	14,96	23,27	23,33
36 ^o . Dia	12,21	12,5	11,08	11,37	11,42

* Período de permanência dos frutos em contato com o solo;

Os resultados mostram que independentemente do tratamento submetido à parcela experimental, o tempo gasto na secagem foi praticamente o mesmo, em todos os tratamentos. Na Figura 25 estão ilustrados os lotes, no início da fase de secagem (após período de contato com o solo).



Figura 25: Parcelas, referentes aos tratamentos: sem contato com o solo (1), uma noite de contato (2), 7 dias de contato (3), 21 dias de contato com o solo abaixo das plantas (4), e 21 dias de contato com o solo na entrelinha (5).

Os dados sugerem que há um efeito higroscópico dos fragmentos de solo aderido aos frutos, acelerando o processo de secagem: as maiores variações (redução) no teor de umidade foram observadas nas parcelas que mantiveram contato com o solo. Os frutos que permaneceram por 21 dias em contato com o solo, ao serem encaminhados à secagem, reduziram em quase a metade o teor de água em um período de 6 dias, em contraste com os outros tratamentos, nos quais a redução de umidade variou de 1 a 10 pontos percentuais.

As curvas de secagem referentes aos tratamentos foram descritas a partir do 21º dia após a colheita (Figura 26). Nesta data, os frutos dos tratamentos 1, 2 e 3 já haviam alcançado o estágio de meia-seca, apresentando teores de água de 20,75%, 18,56% e 26,67%, respectivamente. Os frutos referentes aos tratamentos 4 e 5, entretanto, ao 21º dia após a colheita, por terem permanecido em contato

com o solo da lavoura, apresentavam elevados teores de água, 56,66% e 63,84%, respectivamente. A partir desta data, todos os tratamentos foram submetidos simultaneamente à secagem ao sol, segundo procedimentos descritos no item 3.2 deste capítulo.

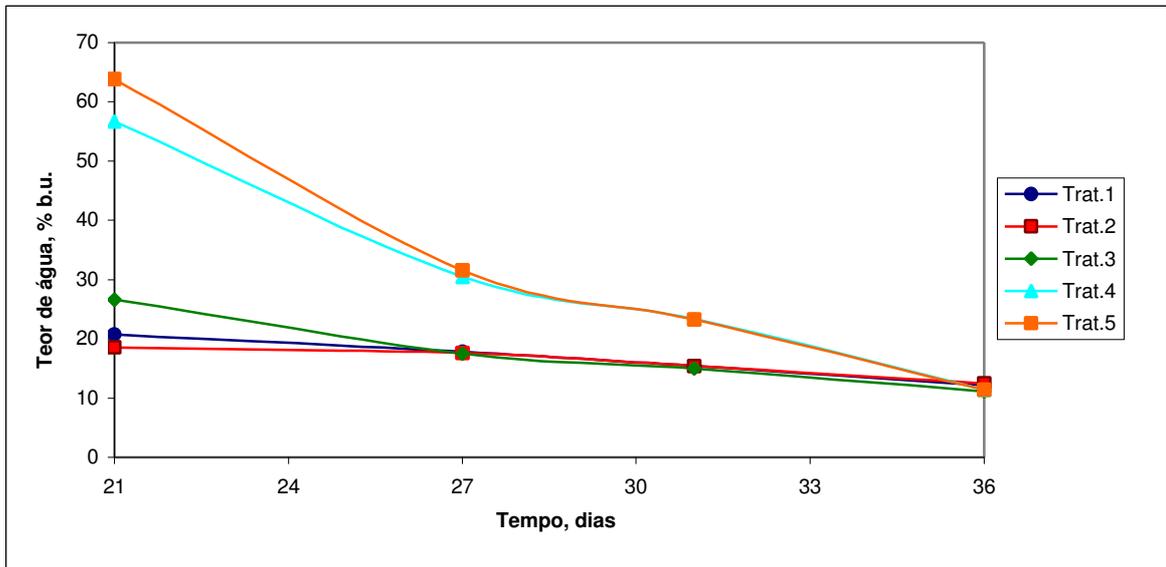


Figura 26: Curvas de secagem dos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5, a partir do 21º dia após a colheita.

Se desconsiderarmos a perda de água dos frutos referentes aos tratamentos 4 e 5 na fase de contato com o solo (redução de 67,44% - umidade inicial – para 56,66% e 63,84%, nos tratamentos 4 e 5, respectivamente) a secagem destes lotes efetivou-se em menos da metade do tempo gasto nos outros tratamentos.

Nas Figuras 27 e 28 a seguir, estão ilustradas as curvas de secagem individuais, e suas respectivas linhas de tendência. Para todos tratamentos os melhores coeficientes de correlação obtidos foram a partir de equações exponenciais, desconsiderando-se os períodos de contato com solo antes da secagem ao sol.

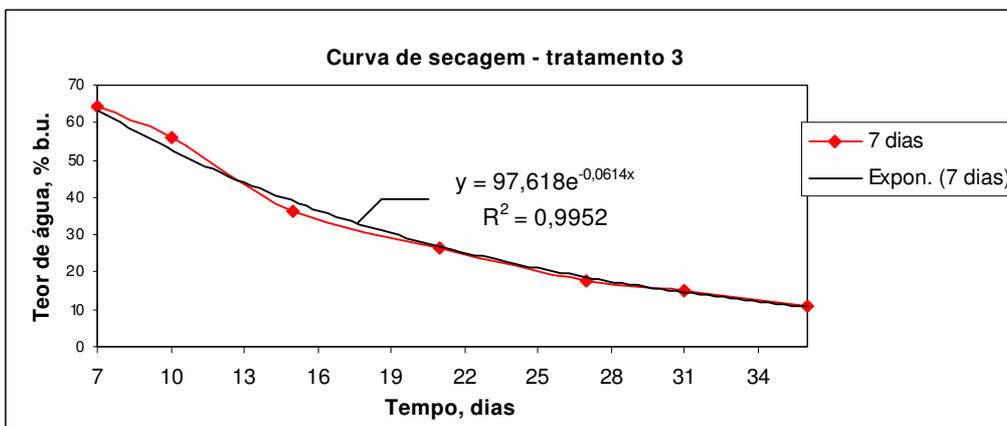
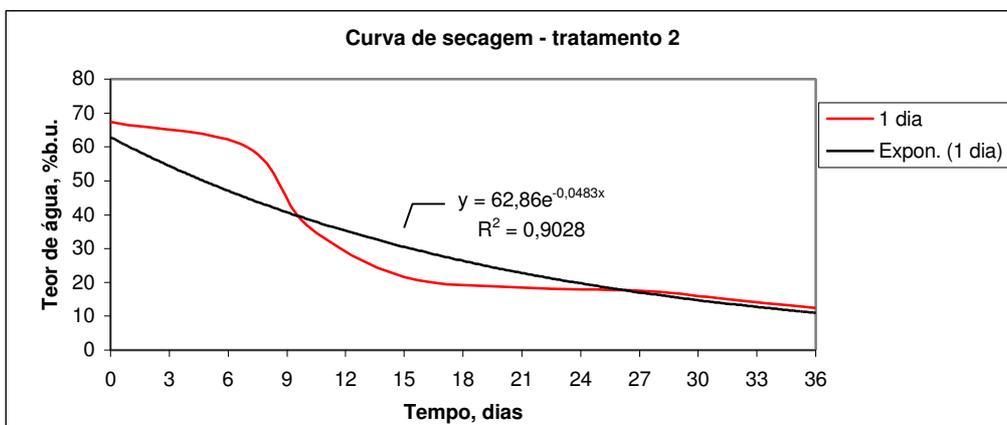
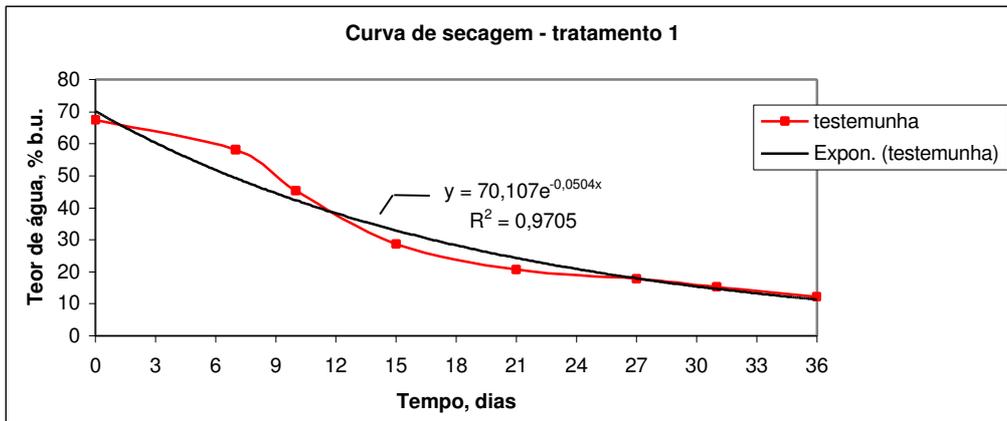


Figura 28: Curvas de secagem e respectivas linhas de tendência, para os tratamentos 1, 2 e 3.

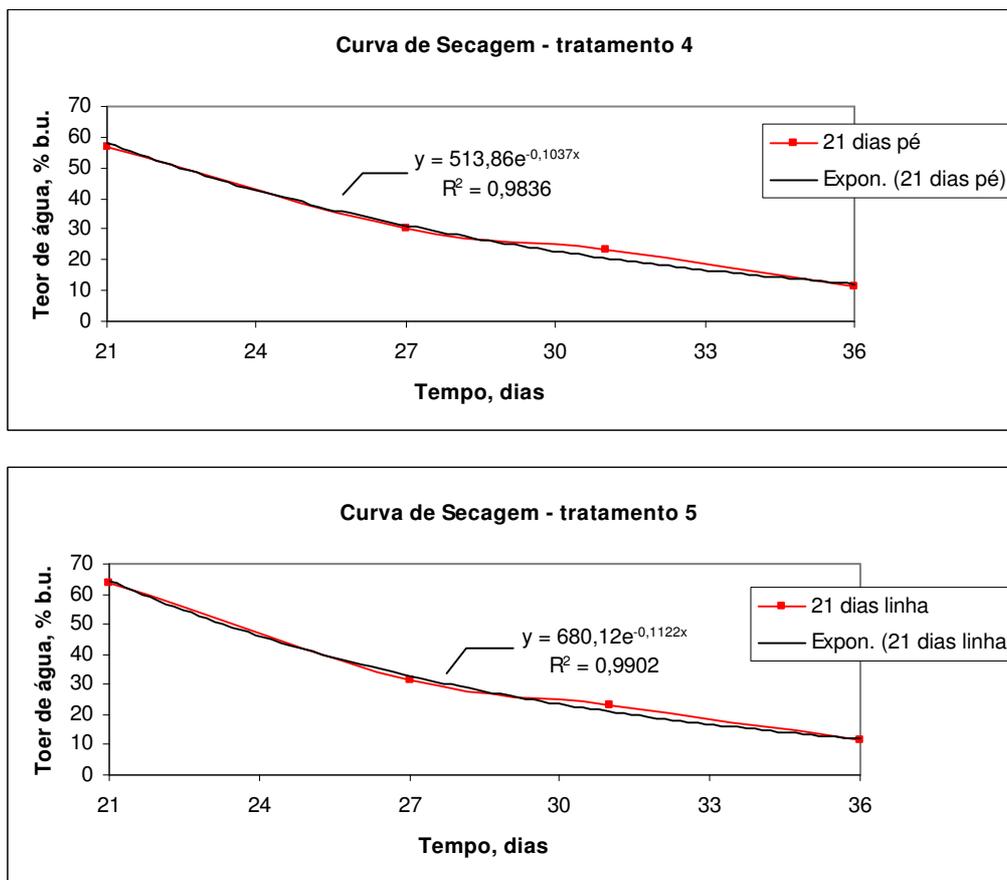


Figura 29: Curvas de secagem e respectivas linhas de tendência, para os tratamentos 4 e 5.

3.3.2. Análises Microbiológicas

Foram coletadas amostras para análise imediatamente antes da secagem. Os resultados indicaram contaminação por leveduras e pelos fungos *Fusarium* spp, *Penicillium* spp e *Cladosporium* spp, em todas as amostras iniciais. Estes microrganismos ocorreram nas casca, na polpa e nos grãos das amostras analisadas. Não foram observados fungos produtores de OTA.

Ao final da secagem, foram encaminhadas para análise amostras dos frutos secos. Os resultados indicaram a ocorrência de leveduras e os fungos *Fusarium* spp, *Penicillium* spp e *Cladosporium* spp nas cascas. Apenas no tratamento 1, no qual os frutos não estiveram em contato com o solo, foram observados os fungos *Aspergillus ochraceus* e *A. flavi* nas cascas.

Nos grãos, observou-se praticamente a ausência de leveduras, *Penicillium* spp e *Cladosporium* spp, ocorrendo *Fusarium* spp em todas as amostras. Foi detectado o fungo *Aspergillus ochraceus* em todas as amostras, em níveis inferiores a 5% de grãos contaminados, exceto o lote que permaneceu em contato com o solo por 7 dias, no qual não ocorreu o fungo. Para o fungo *A. flavi*, observou-se a ocorrência em todas as parcelas, exceto na parcela testemunha, em níveis de contaminação inferiores a 10% de grãos contaminados.

Não foi verificada nenhuma correlação direta entre o período de contato com o solo com a ocorrência de fungos produtores de OTA, apesar das sugestões, na literatura, de que a ocorrência dos fungos produtores de OTA e da micotoxina estarem relacionados com a presença de impurezas, como no café dito de varrição.

3.3.3. Análise Qualitativa

Os resultados obtidos na prova de xícara e na classificação das amostras referentes aos tratamentos podem ser observados na Tabela 46. A análise indicou baixa qualidade das amostras referentes aos períodos de 7 ou mais dias de contato com o solo antes da secagem, evidenciada pela classificação de bebida rio ou riada. Apesar destas parcelas apresentarem elevadas taxas de secagem, a qualidade da bebida ficou comprometida devido ao período de contato com o solo da lavoura.

Tabela 46: Qualidade das amostras de café seco, referentes aos Tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5, da armazenagem no campo.

	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5
Peneira 17/18	78%	78%	76%	80%	80%
Peneira 16	13%	12%	10%	11%	11%
Peneira 13/15	8%	9%	13%	8%	9%
Peneira < 13	1%	1%	1%	1%	1%
sorting	5%	7%	5%	7%	8%
QUEBRA	6%	8%	6%	8%	9%
Defeitos	51	63	21	48	12
Teor de umidade	12,1%	12,9%	12,0%	-	12,3%
Bebida	Duro	Dura	Rio	Riada/Rio	Rio

CONCLUSÕES GERAIS

Foram conduzidos testes com a finalidade de avaliar a viabilidade da armazenagem temporária de frutos de café, antes da secagem. As técnicas utilizadas foram imersão em água e em solução osmótica, levantando-se dados a respeito do comportamento dos frutos na imersão, da secagem de amostras imersas por diferentes períodos e seus efeitos na qualidade final do café (prova de xícara) e na contaminação microbiológica das amostras secas. As características da água de imersão foram analisadas sob a ótica de resíduo do processo, no intuito de avaliar suas potencialidades para uso na fertirrigação ou necessidade de tratamento. Avaliou-se a qualidade final de frutos de café que permaneceram em contato com o solo da lavoura, por diferentes períodos. Com base nos resultados obtidos e nas condições estabelecidas para os experimentos, pode-se concluir que:

- A imersão em água de frutos de café leva à absorção de água pelos frutos e perda de compostos solúveis para solução, variáveis com o tempo de imersão;
- A absorção de água, bem como as características da água de imersão, variam com o estágio de maturação dos frutos;

- A imersão de frutos de café em solução osmótica não resultou em desidratação significativa do teor de umidade;
- A imersão em água de frutos bóia permite o descascamento desta fração, o que concorre para a melhoria da qualidade final obtida;
- A secagem dos frutos imersos em água por diferentes períodos não apresentou diferenças significativas em relação ao tempo gasto para completar o processo, apresentando, entretanto, diferenças nas fases inicial e intermediária da secagem, quando comparada à secagem imediata das amostras;
- Os frutos submetidos a 4 dias de imersão em água apresentaram maiores taxas de secagem nas fases inicial e intermediária;
- A água residuária da imersão apresentou elevados teores de nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio, possuindo, portanto, potencial para o seu aproveitamento na fertirrigação;
- As características físico-químicas da água de imersão correlacionaram com o estágio de maturação e conservação dos frutos;
- A técnica de imersão, tanto em água como em solução osmótica, não favoreceu a contaminação microbiológica dos grãos secos, apresentando resultados similares àqueles não submetidos ao tratamento;
- A qualidade final do produto não foi afetada pela utilização da técnica de imersão em água, por períodos de até 5 dias de imersão;
- A imersão em solução osmótica favoreceu positivamente a qualidade da bebida;
- Há viabilidade na utilização da imersão como técnica para armazenagem prévia de frutos cereja e bóia, sem prejuízo para a qualidade final do café.
- A permanência dos frutos em contato com o solo por períodos de até 21 dias não afetou o tempo gasto na secagem ao sol, mas alterou as taxas de secagem;
- O contato dos frutos com o solo da lavoura não favoreceu a contaminação por fungos produtores de Ocratoxina A, mas afetou negativamente a qualidade da bebida;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, C. A.; AGUERRE, R.; GÓMEZ, R.; VIDALES, S.; ALZAMORA, S. M.; GERSCHENSON, L. N. Air dehydration of strawberries: Effects of blanching and osmotic pretreatment on the kinetics of moisture transport. **Journal of Food Engineering**, London, N. 25, p. 167-178, 1995.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. New York: APHA, AWWA, WEF, 19^a ed. 1995.
- BARAT, J.M.; FITO, P.; CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruits tissues. In: **Journal of Food Engineering**, London, N. 49, p. 77-85, 2001.
- BARTHOLO, G.F.; MAGALHÃES FILHO, A.A.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 14, n.162, p.33-44, 1989.
- BATISTA, L.R.; CHALFOUN, S.M.; PRADO, G.; SCHWAN, R.F.; WHEALS, A.E. Toxigenic fungi associated with processed (green) coffee beans. In: **International Journal of Food Microbiology**, N. 85, p. 293-300. 2003.
- BAYRAM, M.; ÖNER, M.D.; KAYA, A. Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulger production. In: **Journal of Food Engineering**, London, N. 61, p. 331-339, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes** (RAS). Brasília, 1992. 365p.
- CAMPOS, A.T. **Desenvolvimento e análise de um protótipo de secador de camada fixa para café (*Coffea arabica* L.), com sistema de revolvimento**

- mecânico**. 1998. 61p. Tese (Mestrado em Processamento e Armazenamento de Grãos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.
- CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S. J. R. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 18, n.187, p.05-20. 1997.
- CASTRO, L.E. **Efeito do despulpamento, em secador de leite fixo sob alta temperatura, no consumo de energia e na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 1991. 61p. Tese (Mestrado em Processamento e Armazenamento de Grãos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento conjuntural de produtos agropecuários em Minas Gerais**. Julho 2004. Disponível em www.conab.gov.br/download/sureg/MG/conjunturacafé.pdf. Acesso em 05/04/2005.
- CUSSLER, E.L. **Diffusion – Mass transfer in fluids systems**. New York, USA: Press Syndicate of University of Cambridge. 525 p. 1995.
- DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. **Basic Plant Pathology Method** 2nd ed. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA. 1995.
- DIAZ-PEREZ, J.C.; MEJÍA, A; BAUTISTA, S.; ZAVALA, R.; VILLANUEVA, R.; GÓMEZ, R.L. Response of sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) fruit to hot water treatments. **Postharvest Biology and Technology**. n. 22, p. 159-167. 2001.
- DONZELES, S.M.L. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema híbrido, solar e biomassa, para secagem de café (*Coffea arabica* L.)** 2002. 122 p. Tese (Doutorado em Processamento e Armazenamento de Grãos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.
- FIA, R.; MATOS, A.T. Avaliação da eficiência e impactos ambientais causados pelo tratamento de águas residuárias da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM).
- FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. Tradicional post-harvest technology of perishable tropical staples – Chapter 5 – Cassava. Disponível em <http://www.fao.org/inpho/vlibrary/x0045e/X0045E06.htm>. Acesso em 27/05/03.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Handbook of Mycological methods – Enhancement of coffee quality project**. 2003. 31 p.

- FREITAS, R. F.; PFENNING, L. H.; CHAULFOUN, S. M.; BATISTA, L. R.; MAIA, T. J. A. F.; SANTOS, A. F. C. Ocorrência e severidade da contaminação de grãos de café (*Coffea arabica* L.) por fungos do gênero *Aspergillus* em diversas propriedades do sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p), p.245-248.
- GONÇALVES, R. A. B.; MATOS, A. T.; FIA, R; FUKUNAGA, D. C. Eficiência de remoção de poluentes em diversas etapas do tratamento das águas residuárias da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p), p.1020-1023.
- JACINTHO, M.I.M.; SALVA, T.J.G.; GUERREIRO FILHO, O.; BRAGAGNOLO, N.; ZULLO, M.A.T. Atividade da polifenoloxidase como índice de qualidade de bebida de café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, (3.: 2003, Porto Seguro). **Anais....** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. (447 p.).
- JOOSTEN, H.M.L.J.; GOETZ, J.; PITTET, A.; SCHELLENBERG, M.; BUCHELI, P. Production of ochratoxin A by *Aspergillus carbonarius* on coffee cherries. **International Journal of Food Microbiology**. 65 p. 39-44. 2001.
- KADER, Z. M. A. Study of some factors affecting water absorption by faba beans during soaking. **Food Chemistry**. n. 53, p. 235-238. 1995.
- KARABULUT, O.A.; LURIE, S.; DROBY, S. Evaluation of the use of sodium bicarbonate, potassium sorbate and yeast antagonists for decreasing postharvest decay of sweet cherries. **Postharvest Biology and Technology**. n. 23, p. 233-236. 2001.
- LACERDA FILHO, A. F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea arabica* L)**. 1986. 136p. Tese (Mestrado em Processamento e Armazenamento de Grãos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 1986.
- LAZARIDES, H.N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. In: **Journal of Food Engineering**, London, N. 25, p. 151-166. 1995.
- LAZARIDES, H.N.; GEKAS, V.; MAVROUDIS, N. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. In: **Journal of Food Engineering**, London,N. 31, p. 315-324. 1997.

- LITCHER, A.; DVIR, O.; FALLIK, E.; COHEN, S.; GOLAN, R.; SHEMER, Z.; SAGI, M. Cracking of cherry tomatoes in solution. **Postharvest Biology and Technology**. N. 26, p. 305-312. 2002.
- LEWICKI, P. P.; LUKASZUK A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. In: **Journal of Food Engineering**, London, N. 45, p. 119-126. 2000.
- LEWICKI, P. P. Water as the determinant of food engineering properties. A review. **Journal of Food Engineering**, London, N. 61, p. 483-495. 2004.
- LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; CACHALDORA, D. N.; EMMERICH, I. N. Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM).
- LURIE, S. Postharvest treatments (Review). **Postharvest Biology and Technology**. N. 14, p. 257-269. 1998.
- MACHADO, M. C.; SAMPAIO, C. P.; SILVA, J.S. Avaliação técnico-econômica do processamento de café: secagem completa em terreiros. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, (3.: 2003, Porto Seguro). **Anais....** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003a. (447 p.)
- MACHADO, M. C.; SAMPAIO, C. P.; SILVA, J.S. Estudo comparativo de sistemas de secagem de café: aspectos técnico-econômicos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, (3.: 2003, Porto Seguro). **Anais....** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003b. (447 p.)
- MATIELLI, A., RUGGIERO, S.S. Agronegócio Café: Histórico e Tendências. **Revista Cafeicultura**. Disponível em :www.revistacafeicultura.com.br. Acesso em : 22/11/2003.
- MATOS, A. T.; EMMERICH, I. N.; RUSSO, J. R. Tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro em rampas cultivadas com azevém. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001a. (CD-ROM).
- MATOS, A. T.; FIA, R.; PINTO, A. B.; GOMES FILHO, R. R.; REZENDE, A. A. P. Qualidade das águas superficial e subterrânea em área alagada usada para tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos de cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p),, p. 949-952.

- MATOS, A. T.; FUKUNAGA, D. C.; PINTO, A. B.; RUSSO, J. R. Remoção de DBO e DQO em sistemas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro com rampas cultivadas com aveia preta. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001b. (CD-ROM).
- MATOS, A.T.; LO MONACO, P. A.; SILVA, J.S. Cap. 6 – Tratamento de águas residuárias. In: SILVA, J.S. **Secagem e Armazenagem de Café – Tecnologia e Custos**. Ed. Jard.Viçosa, MG, p.01-60, 2001c.
- MAURO, M.A.; TAVARES, D.Q.; MENEGALLI, F.C. Behavior of plant tissue in osmotic solutions. In: **Journal of Food Engineering**. London, n. 56, p. 01-15. 2003.
- MAVROUDIS, N. E.; GEKAS, V; SJÖHOLM, I. Osmotic dehydration of apple. Shrinkage phenomena and the significance of initial structure on mass transfer rates. In: **Journal of Food Engineering**. London,n. 38, p. 101-123. 1998.
- MORAES, M.H.P.; LUCHESE, R.H. Ochratoxin A on green coffee: Influence of harvest and drying processing procedures. In: **J. Agric. Food Chem.** n. 51, p. 5824-5828. 2003.
- OLIVEIRA, G.A.;VILELA, E.R.; PEREIRA, R.G.F.A.; BOREM, F.M. Qualidade do café submetido a diferentes tempos de secagem antes de iniciar a secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, (3.: 2003, Porto Seguro). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003a. (447 p.)
- OLIVEIRA, G.A.;VILELA, E.R.; PEREIRA, R.G.F.A.; BOREM, F.M. Qualidade dos cafés cereja, bóia e mistura submetidos a diferentes tipos de secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, (3.: 2003, Porto Seguro). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003b. (447 p.)
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjour with and without osmotic dehydration. In: **Journal of Food Engineering**. London ,n. 56, p. 97-103. 2002.
- PERRY, R.H.; GREEN, D.W.; MALONEY, J.O. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**. 17th Edition. McGraw-Hill Inc, 1997.
- PIMENTA, C. J; VILELA, E.R. Atividade das polifenoxidasas, enzimas pectinolíticas e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) mantido ensacado por diferentes tempos à espera da secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa: Especial Café, MG, n.6, p. 54-59, 2003.

- PIMENTA, C.J.; VILELA, E.R.; CARVALHO Jr., C. Composição microbiana e Ocratoxina A no café (*Coffea arabica* L.) mantido ensacado por diferentes tempos à espera da secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM). p. 809-817.
- PIMENTA, C. J.; VILELA, E.R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L), lavado e submetido a diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa , Especial ,v.2, p.3-10, 2000.
- PINTO, A. B.; MATOS, A. T.; FUKUNAGA, D. C.; FIA, R.; FONSECA, T. G. Avaliação do RPB de forrageiras utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM).
- PINTO FILHO, G. L. **Desenvolvimento de um secador de fluxos cruzados com reversão do fluxo de ar de resfriamento, para a secagem de café (*Coffea arabica* L.)**. 1994. 80p. Dissertação (Mestrado em Processamento e Armazenamento de Grãos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV,1994.
- RASTORGI, N. K. & RAGHAVARAO, K. S. M. S. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. In: **Journal of Food Engineering**. London, n. 34, p. 429-440. 1997.
- REIS, R. P.; FONTES, R. E.; TAKAKI, H. R. C.; REIS, A.J.; CASTRO JR, L. G. Custos de produção da cafeicultura no Sul de Minas Gerais: Estudo de Casos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p),p. 331-339.
- RESIO, A. N. C; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Analysis of simultaneous water absorption and water-starch reaction during soaking of amaranth grain. In: **Journal of Food Engineering**. London, n. 68, p. 265-270. 2005.
- REZENDE, A.M.; ROSADO, P.L. A informação no Mercado de Café. In: ZAMBOLIM, L. **Produção Integrada de Café**. Viçosa: DFP, UFV. p. 1-45. 2003.
- ROA, M. G.; OLIVEROS, C. E. T.; ALVAREZ, J. A.; RAMIREZ, J. R. H.; DÁVILA, M. T. A.; ZAMBRANO, D. A. F.; PUERTA, G. I. Q.; RODRIGUEZ, N. V. **Beneficio Ecológico del Café**. Chinchiná, Colômbia: CENICAFÉ. 1999. 300p.

- SAES, M. S. M.; SOUZA, M. C. M.; OTANI, M.N. Relações contratuais no segmento de cafés especiais no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p), p. 331-339.
- SAMPAIO, C.P.; MACHADO, M.C.; SILVA, J.S.; SAMPAIO FILHO, D.S. Avaliação de uma abanadora mecânica com acionamento manual para café cereja. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM).
- SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in a single and combined aqueous solutions of sugar and salt. In: **Journal of Food Engineering**. London, n. 47, p. 43-49. 2001.
- SHERWOOD, T.K.; PIGFORD, R.L.; WILKE, C. R. **Mass transfer**. McGraw-Hill Chemical Engineering Series. McGraw-Hill Inc. 1975. 677 p.
- SILVA, C.F.; SCHWAN, F.; DIAS, E. S.; WHEALS, A.E. Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**. 60 p. 251-260. 2000.
- SILVA, J.S. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: ZAMBOLIM, L. **Encontro sobre produção de café com qualidade, 1**. Viçosa: UFV. p.39-79. 1999;
- SILVA, J.S.; BERBERT, P.A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Viçosa. Editora Aprenda Fácil, 146 p. 1999;
- SILVA, J.S.; SAMPAIO, C. P.; MACHADO, M. C.; LO MONACO, P. A. Preparo, secagem e armazenagem do café. In: SILVA, J.S. **Secagem e Armazenagem de Café – Tecnologia e Custos**. Viçosa: Ed. Jard. Viçosa, MG. p.01-60. 2001.
- SOUZA, M.C.M.; OTANI, M.N.; e SAES, M.S.M. Novas tendências de inserção de pequenos agricultores no comércio de Cafés Especiais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p), p. 340-342.
- SOUZA, S.M.C. de. **O café (*Coffea arabica* L.) na região sul de Minas Gerais: relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, MG Lavras: UFLA, 1996. 171 p.

- SPIAZZI, E.& MASCHERONI, R. Mass transfer model of osmotic dehydration of fruits and vegetable – I. Development of the simulation model. In: **Journal of Food Engineering**. London, n. 34, p. 387-410. 1997.
- TEDJO, W.; TAIWO, K. A.; ESHTIAGHI, M. N.; KNORR, D. Comparison of pretreatment methods on water and solid diffusion kinetics of osmotically dehydrated mangos. **Journal of Food Engineering**. London, n. 53, p. 133-142. 2002.
- TEIXEIRA, S.M.; MILHOMEM, A.V.; LUNA, P.L.; MILHOMEM, S.V. Cafeicultura em Rondônia – Um exercício de previsão de safra. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (2.: 2001: Vitória, ES). **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM) p. 2130-2135.
- TREYBAL, R.E. **Extraccion em fase liquida**. Union Tipográfica Editorial Hispano Americana, México. 1968. 729 p.
- VEGRO, C. L. R.; MARTIN, N. B.; MORICOCHI, L. Sistemas de produção e competitividade da cafeicultura paulista. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, (1.: 2000: Poços de Caldas, MG.) **Resumos Expandidos**. Brasília, DF – Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p), p. 301-312.
- VERMA, R.C.; PRASAD, S. Kinetics of absorption water by maize grains. **Journal of Food Engineering**. London, n. 39, p. 395-400. 1999.