

**SECAGEM E QUALIDADE DO CAFÉ
CEREJA DESMUCILADO SUBMETIDO A
DIFERENTES PERÍODOS DE REPOUSO**

EDER PEDROZA ISQUIERDO

2008

EDER PEDROZA ISQUIERDO

**SECAGEM E QUALIDADE DO CAFÉ CEREJA DESMUCILADO
SUBMETIDO A DIFERENTES PERÍODOS DE REPOUSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Strictu-Sensu em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Flávio Meira Borém

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2008

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

Isquierdo, Eder Pedroza.

Secagem e qualidade do café cereja desmucilado submetido a diferentes períodos de repouso / Eder Pedroza Isquierdo. – Lavras : UFLA, 2008.
98 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.
Orientador: Flávio Meira Borém.
Bibliografia.

1. Café. 2. Qualidade. 3. Secagem. 4. Teor de água. 5. Repouso. 6.
Parcelamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.736

EDER PEDROZA ISQUIERDO

**SECAGEM E QUALIDADE DO CAFÉ CEREJA DESMUCILADO
SUBMETIDO A DIFERENTES PERÍODOS DE REPOUSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Strictu-Sensu em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 07 de março de 2008

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade – TER/UFF

Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues Reinato – EAFM

**Prof. Dr. Flávio Meira Borém
UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2008**

Aos meus pais, Antônio e Maria Helena

Ao meu irmão, Eric

À minha avó, Neli

DEDICO

À minha esposa, Carla

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À minha esposa Carla pelo amor, incentivo e companheirismo.

Aos meus pais Antônio e Maria Helena e irmão Eric, pelo amor e apoio.

Ao professor Flávio Borém, pela valiosa orientação, amizade, incentivo e dedicação no decorrer do curso, contribuindo para meu amadurecimento e formação profissional.

Ao professor Frederico Faúla, pela atenção, disponibilidade e sugestões para a elaboração do trabalho.

Ao bolsista de iniciação científica Pedro, pela presença constante e ajuda fundamental durante a realização do trabalho.

Ao colega José Henrique e aos estudantes de graduação Filipe, André e Lorena, pela valorosa contribuição durante o trabalho.

Aos professores Ednilton e Carlos Henrique, pela disponibilidade em participar da banca e sugestões para enriquecer o trabalho.

Ao professor Marcelo Cirilo, pelas contribuições nas análises estatísticas.

Ao laboratorista Samuel e ao estagiário Alex, pela dedicação na realização das análises químicas do café.

Aos professores João Almir e Édila, por cederem os secadores para a realização do experimento.

Ao setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, por ceder a matéria-prima para a realização do trabalho.

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

Aos amigos Juliano, Ilisandra e Teko, pela amizade e convivência.

Aos funcionários do Pólo de Tecnologia em Pós-colheita do Café, pelo preparo da matéria-prima e auxílio na montagem do experimento.

À Daniela, secretária da pós-graduação do DEG, pela educação e boa vontade no atendimento aos estudantes.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Aspectos comerciais e econômicos.....	3
2.2 Colheita e processamento do café.....	3
2.3 Qualidade do café	8
2.3.1 Avaliação da qualidade do café	10
2.4 Secagem do café	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Caracterização e implantação do experimento	25
3.2 Descrição dos secadores e do processo de secagem	27
3.3 Tratamentos e delineamento experimental	29
3.4 Determinação do teor de água, obtenção das curvas e taxas de secagem	31
3.5 Caracterização da qualidade do café.....	33
3.5.1 Condutividade elétrica	33
3.5.2 Lixiviação de potássio	34
3.5.3 Açúcares totais, redutores e não-redutores	34
3.5.4 Acidez titulável total.....	34
3.5.5 Polifenóis	35
3.5.6 Sólidos solúveis totais.....	35
3.5.7 Avaliação da cor	35
3.5.8 Análise sensorial	35
3.6 Análise estatística	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38

4.1 Caracterização das condições de secagem.....	38
4.2 Taxa de redução do teor de água e tempo de secagem do café cereja desmucilado	42
4.3 Avaliação da qualidade do café	54
4.3.1 Condutividade elétrica	56
4.3.2 Lixiviação de potássio	59
4.3.3 Açúcares totais, redutores e não-redutores	61
4.3.4 Acidez titulável total.....	65
4.3.5 Sólidos solúveis totais.....	68
4.3.6 Polifenóis	70
4.3.7 Análise da cor	72
4.3.8 Análise sensorial	76
5 CONCLUSÕES	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS	92

RESUMO

ISQUIERDO, Eder Pedroza. **Secagem e Qualidade do café cereja desmucilado submetido a diferentes períodos de repouso.** 2008, 98 p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG¹

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar os efeitos de diferentes períodos de repouso durante a secagem e de diferentes teores de água em que a secagem do café cereja desmucilado foi interrompida no tempo de secagem, na taxa de redução de água, na composição química e qualidade da bebida. O café foi submetido a 2 dias de pré-secagem em terreiro. Após a pré-secagem, o produto foi submetido à secagem em dois secadores experimentais de camada fixa, utilizando-se o fluxo de ar de $20 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ m}^{-2}$ e temperatura da massa de café de 40°C . Iniciou-se o repouso quando o café atingiu os teores de água de $16\% \pm 2\%$, $20\% \pm 2\%$ e $24\% \pm 2\%$ (bu). Foram usados dois, seis e doze dias de repouso e após o repouso a secagem prosseguiu até que o café atingisse o teor de água de $11\% \pm 1\%$ (bu), constituindo-se, assim, um fatorial 3×3 disposto em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A testemunha constituiu-se na secagem contínua até $11\% \pm 1\%$ (bu). Para a caracterização da qualidade do café foram realizadas as seguintes análises: condutividade elétrica, lixiviação de potássio, açúcares totais, redutores e não-redutores, acidez titulável total, polifenóis, sólidos solúveis totais e análise sensorial. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio foram significativamente menores quando a secagem foi interrompida com o teor de água de $24\% \pm 2\%$ independente do tempo de repouso, indicando que, para esse tratamento, os danos ao sistema de membranas foi menor em relação aos demais. Verificou-se também que, para as análises de acidez titulável, o tratamento em que a secagem foi interrompida com o teor de água de $20\% \pm 2\%$, apresentou valores significativamente maiores em relação à testemunha. As demais análises químicas e análise da cor, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Os resultados obtidos apresentam-se como indicadores, ainda que de eventos iniciais, que a integridade do sistema de membranas é melhor preservada quando a secagem é interrompida com teor de água de $24\% \pm 2\%$. Porém, esse efeito não foi observado na análise sensorial.

* Comitê orientador: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG – UFLA (Orientador)
Prof. Dr. Frederico Faúla de Souza – DEG – UFLA (Co-orientador)

ABSTRACT

ISQUIERDO, Eder Pedroza. **Drying and quality of desmucilled cherry coffee submitted to different tempering periods.** 2008, 98 p.(Dissertation Master in Engeneering Agriculture) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG*

The present work aimed to evaluate the effect of different tempering periods during the drying and different contents of water in which the drying of the desmucilled cherry coffee was interrupted in the drying time, rate of water reduction, chemical composition and quality of beverage. The coffee was submitted to two days of pre-drying on the yard. After the pre-drying, the product was submitted to drying in two experimental fixed layer dryers, using an air flow of $20 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ and temperature of the coffee mass at 40°C . The tempering period was initiated when the coffee reached water contents at $16\% \pm 2\%$, $20\% \pm 2\%$ e $24\% \pm 2\%$ (wb). Three periods (two, six and twelve days) of tempering were employed and after tempering, the coffee to complementary drying until the final water content of 11% (wb) was carried. This experiment proceeded in a completely randomized design, factorial scheme 3×3 , with three repetitions. The continuous drying until the water content of $11\% \pm 1\%$ (wb) was used as control. For the characterization of the coffee quality the following analyses were done: electrical conductivity, potassium leaching, total sugars, reducers and non reducers, titrable acidity, polyphenol, total soluble solids and sensorial analysis. From the observed results it was verified that the electrical conductivity and potassium leaching values were significantly smaller when the drying was interrupted at a water content of $24\% \pm 2\%$ (wb), independently of the tempering time, indicating that the damages of the cell membranes were smaller in this treatment, when compared to the others. It was also verified that for the analyses of titrable acidity the treatment in which the drying was interrupted at a water content of $20\% \pm 2\%$, presented significantly higher values in relation to the control. The other chemical analyses and analysis of the color did not presented significant differences among the treatments. Even at the beginning the results presented, of that the integrity of cellular membranes is better preserved when the drying process is interrupted with $24\% \pm 2\%$ (wb). However this effect is not observed in the sensorial analysis.

* Guidance Committee: Prof. Dr. Flávio Meira Borém – DEG – UFLA (Adviser)
Prof. Dr. Frederico Faúla de Souza – DEG – UFLA (Co-adviser)

1 INTRODUÇÃO

A busca por qualidade é uma das maiores preocupações da cafeicultura atual, uma vez que, o valor pago ao café é altamente influenciado pela sua qualidade e os consumidores têm se tornado cada vez mais exigentes, valorizando tipos especiais de café.

A qualidade do café é determinada pelo sabor e aroma de sua bebida, e esses estão relacionados diretamente com a composição química dos grãos. A composição química, por sua vez, é influenciada por diversos fatores desde o plantio até o preparo da bebida. Entre esses fatores o processamento e a secagem são fundamentais na obtenção de um produto final de qualidade superior.

O tipo de processamento pode variar dependendo das condições climáticas locais, do nível tecnológico e econômico do produtor e das características desejadas no produto final. No Brasil, tradicionalmente, o método utilizado para o processamento do café é o processamento por via seca dando origem ao café natural ou em coco. No entanto, nos últimos anos é crescente o número de produtores brasileiros que estão adotando a via úmida como método de processamento, originando os cafés descascados, despolpados e desmucilados.

Além de reduzir os riscos de desenvolvimento de microorganismos, na via úmida diminui-se também o volume do café e o tempo de secagem resultando em menor tempo e consumo de energia. Além disso, pesquisas recentes relatam qualidades superiores dos cafés processados por via úmida, em relação aos cafés processados por via seca.

A secagem é uma das etapas mais importantes na produção de café, tanto no que se refere à qualidade final da bebida, quanto ao consumo de energia.

O fruto do cafeeiro é colhido com elevado teor de água, cerca de 60% (bu), tornando-se obrigatória a redução do teor de água para níveis seguros de armazenamento por longos períodos.

Por outro lado, a adequação e controle dos parâmetros de secagem como temperatura do ar, temperatura da massa de grãos e fluxo de ar devem ser observados para se garantir a preservação da integridade dos grãos e sua qualidade.

Muitos estudos relacionados à temperatura do ar de secagem, temperatura da massa de grãos e fluxo de ar já foram realizados. No entanto, práticas de parcelamento da secagem, ou seja, interrupção do processo de secagem com teor de água elevado por horas ou até mesmo dias, reiniciando-se a secagem após esse período de repouso, têm sido realizadas, porém, com escassos resultados de pesquisas que dêem suporte a esse procedimento. Estudos com as culturas de milho e arroz mostram que a secagem com temperaturas moderadas, intercaladas com períodos de repouso apresenta-se eficiente, tanto no que diz respeito à qualidade final do produto, como no consumo específico de energia.

Dessa forma, objetivou-se, nesse trabalho, avaliar o efeito de diferentes teores de água em que a secagem é interrompida associada a diferentes períodos de repouso, no tempo total de secagem, na taxa de remoção de água, nas características físicas, químicas e sensoriais do café cereja desmucilado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos Comerciais e Econômicos

O café é um dos produtos agrícolas de maior importância para o Estado de Minas Gerais, para o Brasil e para o comércio internacional. Mundialmente, o volume comercializado de café cru perde somente para o petróleo. De acordo com a “European Coffee Federation” (ECF), em 2005 o consumo de café beneficiado foi da ordem de 120 milhões de sacas e a previsão para o consumo em 2014 é da ordem de 140 milhões de sacas. O Brasil é o segundo mercado consumidor de cafés segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café (Abic, 2007), tendo consumido, entre Abril de 2006 e Maio de 2007, 16,9 milhões de sacas de 60 quilos, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que consumiu cerca de 20 milhões de sacas/ano.

O Brasil é o maior produtor mundial de café. A safra de café 2007/08 deve alcançar 32,6 milhões de sacas de 60 quilos, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2007). Desse volume, 22,5 milhões de sacas, cerca de 69%, são da espécie *Coffea arabica* L. e 10,1 milhões de sacas, correspondendo a 31%, da espécie *Coffea canephora*.

De acordo com o levantamento da Conab (2007), o estado de Minas Gerais segue como maior produtor de café do Brasil. A safra do estado deve ser de 14,8 milhões de sacas, o equivalente a 45,3% do total do país. Minas Gerais também é responsável pela maior parte da produção de café arábica.

2.2 Colheita e Processamento do Café

A colheita de café é realizada basicamente de duas formas: a colheita por derriça completa, em que os frutos são derriçados do cafeeiro sobre pano

colocado no chão ou diretamente sobre o chão, e a colheita seletiva, onde apenas os frutos maduros são colhidos. A colheita do café pode ser mecanizada, semi-mecanizada ou manual.

No Brasil, predomina a colheita por derriça completa, preferencialmente sobre o pano, evitando o contato dos frutos com o solo e a mistura dos frutos recém colhidos com os frutos de varrição, na sua maioria já em fase de deterioração, além de respeitar os aspectos higiênico-sanitários da produção do café (Borém 2008).

A colheita por derriça completa gera um produto com elevado teor de água e bastante heterogêneo constituído de frutos verdes, maduros ou “cereja”, supermaduros ou “passa”, frutos secos, folhas, ramos, terra, paus e pedras, que logo após a colheita deverá ser submetido ao processo de separação de impurezas, seja por peneiramento manual ou por máquinas de pré-limpeza. Em seguida, o café deverá ser lavado e separado por diferença de densidade. Os frutos cereja e verdes, mais densos, são separados da porção bóia formada pelos frutos secos, brocados e mal granados.

Conforme Brando (2004), o café recém colhido deve seguir imediatamente para o processamento não devendo ser armazenado por períodos superiores a 8 horas, sob pena de ocorrerem fermentações indesejáveis e a formação do defeito ardido por causa a elevação da temperatura a níveis superiores a 40°C.

O processamento deverá promover a separação dos frutos conforme seu estágio de maturação, evitando-se possíveis comprometimentos na qualidade da bebida e facilitar as operações posteriores, como por exemplo, a secagem.

Basicamente, o café pode ser processado por dois métodos: via seca e via úmida. O processamento por via seca consiste em secar os frutos na sua forma integral, ou seja, com exocarpo (casca), mesocarpo (polpa e mucilagem) e endocarpo (pergaminho), originando o chamado café em coco ou natural.

O processamento por via úmida pode ser realizado de diferentes formas: removendo-se a casca e parte da mucilagem mecanicamente, dando origem ao café descascado; removendo-se a casca mecanicamente e a mucilagem por fermentação biológica, originando o café despulpado; removendo-se a casca e a mucilagem mecanicamente, dando origem ao café desmucilado.

O tipo de processamento do café é variável entre os produtores, dependendo principalmente dos aspectos climáticos, tecnológicos, econômicos e exigências do mercado consumidor (Pereira et al., 2003).

O café arábica na Colômbia e em outros países da América Central e do Centro da África, como Kênia, é processado por via úmida. Já a maior parte do café arábica, no Brasil, e o café robusta de todo o mundo, com exceção de parte do café robusta do Zaire, que é processado por via úmida, é processado por via seca (Puerta Quintero, 1999). No entanto, atualmente, é crescente o número de produtores brasileiros que estão empregando o processamento por via úmida, não apenas em regiões onde a condição climática é um fator limitante ao processamento por via seca, mas também em razão do menor tempo de secagem e consumo de energia, além de favorecer a obtenção de cafés de bebida fina, mesmo nas regiões consideradas adequadas para a produção de cafés naturais (Borém, 2008; Villela, 2002).

A adoção da via úmida propicia a separação dos frutos verdes do lote de frutos maduros quando a colheita é realizada por derriça completa, provocando a melhora da qualidade do lote e sua homogeneização, contribuindo para o processo de secagem.

Segundo Illy e Viani (1995), cafés processados por via úmida ou por via seca apresentam características diferentes na qualidade. Geralmente, os cafés naturais originam bebidas mais encorpadas e doces, em relação aos cafés despulpados, que possuem acidez mais desejável. No entanto, encontram-se freqüentemente na literatura trabalhos que associam os cafés processados por via

úmida à bebidas superiores, em comparação aos cafés processados por via seca (Pereira et al., 2002; Villela, 2002; Vincent, 1987; Wilbaux, 1963).

Uma explicação para a menor qualidade do café processado, por via seca, está no fato de que no processamento por via úmida são removidos casca e mucilagem, que são substratos propícios ao desenvolvimento de microrganismos que podem provocar a ocorrência de fermentações prejudiciais à qualidade final do produto (Pereira et al., 2002).

Bitancourt (1957), citado por Afonso Jr (2001) verificou que os açúcares presentes na mucilagem dos grãos de café, quando na presença de microrganismos ou sob condições anaeróbicas, são fermentados produzindo álcool, que é desdobrado em ácido acético, láctico, propiônico e butírico, sendo que, a partir destes dois últimos, já se observam prejuízos acentuados na qualidade do produto.

No caso do processamento por via seca, existem maiores riscos de se obter cafés com o defeito ardido, pois o café fica muito tempo em contato com a polpa e a mucilagem, que representam uma barreira para a perda de água do fruto, que varia entre 60 e 75% no início do processo (Bressani, 1978; Coste, 1989). Além disso, a secagem pode levar várias semanas, favorecendo o desenvolvimento de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (Puerta Quintero, 1996).

Pereira et al. (2003), trabalhando com cafés submetidos aos processamentos por via seca e via úmida (descascado, despulpado e desmucilado), obtiveram os seguintes resultados: os cafés processados por via úmida foram classificados como bebida mole; já o café natural foi classificado como bebida dura e obteve maior número de defeitos em relação aos demais. Os autores concluíram que o processamento por via úmida é capaz de prevenir a ocorrência de eventos bioquímicos causadores da depreciação da qualidade do café.

Resultados obtidos por Leite (1991), ao estudar o efeito do despulpamento do café cereja, mostraram que a retirada da mucilagem foi responsável pela redução da acidez dos grãos, uma vez que impossibilitou a acidificação do produto por ácidos, provenientes da fermentação da polpa e da mucilagem.

Villela (2002) observou que o processamento por via úmida favoreceu a eliminação de frutos com potencial de originarem defeitos considerados prejudiciais à qualidade da bebida, tendo encontrado esses defeitos em maior quantidade no café natural. O mesmo autor encontrou valores de lixiviação de potássio e condutividade elétrica maiores no café processado por via seca. No mesmo trabalho, a avaliação da bebida confirmou os resultados anteriores, observando-se superioridade na classificação dos cafés obtidos pelo processamento por via úmida, em relação ao natural, cuja bebida foi classificada como dura.

Outras vantagens do processamento por via úmida é a diminuição do volume de café a ser secado, o menor tempo de secagem, e a maior facilidade no seu manuseio diminuindo, assim, a área de terreiro, o volume de secadores necessários e o consumo de energia. Segundo Bartholo et al. (1989), quando se opta pela secagem mecânica o volume ocupado por esses cafés nos secadores pode ser reduzido em até 60%.

Villela (2002) observou que os teores iniciais de água dos cafés despulpado, descascado e desmucilado foram menores e também o tempo de secagem, quando comparados com o café natural. O autor atribuiu esse fato à presença da casca, da polpa e da mucilagem, partes do fruto que contêm maior quantidade de água, além de atuarem como uma barreira física para a saída da água dos grãos.

Castro (1991), estudando o efeito do despulpamento, no consumo específico de energia e na qualidade da bebida, verificou que o despulpamento

proporcionou ao café uma melhor qualidade e que o consumo específico de energia, na secagem do café cereja em coco foi 1,3 vezes maior do que na secagem do café despulpado.

Villela (2002) encontrou resultados semelhantes de cinética de secagem para cafés despulpados e desmucilados. Em razão do café desmucilado caracterizar-se pela ausência da mucilagem, ao contrário do que ocorre com o cereja descascado, está menos sujeito à ocorrência de fermentações e formação de aglomerados entre os grãos, quando colocado no terreiro, facilitando o trabalho de movimentação, revolvimento e secagem.

2.3 Qualidade do café

A qualidade de um produto é um fator fundamental na conquista de novos mercados. No mercado consumidor de café, existe uma crescente exigência quanto à qualidade de bebida, origem e formas de preparo (Malta et al. 2003).

A fim de se obter café de qualidade superior, os cuidados com a colheita e o manejo pós-colheita tornaram-se fundamentais para a comercialização e aumento do lucro do cafeicultor (Favarin et al., 2004).

A determinação da qualidade do café é baseada na avaliação das suas características físicas e sensoriais, por meio da classificação por peneira, tipo, análise da bebida e pelo aspecto visual (Brasil, 2003).

As qualidades organolépticas ou sensoriais do café compreendem o aroma, a acidez, o amargor, o corpo, o sabor e a impressão global da bebida. Pela sua intensidade e balanço, avalia-se a qualidade do café (Puerta Quintero, 1999). Segundo Cantergiani et al. (1999), citado por Farah (2006), o sabor é o critério mais importante para a avaliação da qualidade do café, e também um dos principais fatores que influenciam a preferência do consumidor.

Tradicionalmente, o café é classificado pela prova de xícara seguindo as recomendações da Instrução Normativa nº08 do MAPA (Brasil, 2003), mas essa é uma análise subjetiva, que pode variar de provador para provador. Atualmente, têm sido adotados com maior frequência métodos de análises sensoriais descritivas pela quais os provadores atribuem notas a cada atributo sensorial da bebida. Entre esses métodos destacam-se o método da Specialty Coffee Association of América (SCCA) e da Brazil Specialty Coffee Association (BSCA).

O método SCCA baseia-se em uma análise sensorial descritiva quantitativa da bebida, realizada por uma equipe de julgadores selecionada e treinada, fazendo uso da escala não estruturada de 0 a 10 cm para a avaliação da fragrância do pó, aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo da bebida (Howell, 1998), com avaliação final da qualidade global e qualidade do café conforme terminologia apresentada por Lingle (1986).

O método da BSCA utiliza a metodologia do “Cup of Excellence” (CoE), indicada por George Howel (1998), na qual cada provador atribuiu notas de 0 a 8 aos atributos sensoriais corpo, aroma, acidez, doçura, balanço, bebida limpa e sabor característico, de acordo com suas intensidades na amostra.

Pesquisas têm sido feitas com o intuito de caracterizar quimicamente o grão de café e relacionar a composição química com a qualidade da bebida.

A qualidade final do café beneficiado é determinada pela composição química do grão, e essa é função da interação de vários fatores como: condições climáticas, adubação, tratos fitossanitários, estágio de maturação de frutos, cuidados na colheita e pós-colheita (Alpizar & Bertrand, 2004; Malta et al., 2003; Pereira, 1997; Carvalho & Chalfoun, 1985). Segundo Puera Quintero (1999), a falta de cuidados durante os processos pós-colheita são os maiores

causadores de depreciação na qualidade física, sanitária e organoléptica do café, ocasionando consideráveis perdas econômicas.

2.3.1 Avaliação da qualidade do café

A qualidade do café está diretamente relacionada aos diversos constituintes físicos e físico-químicos, que são responsáveis pela aparência do grão torrado, pelo sabor e aroma característicos das bebidas, destacando-se entre esses constituintes os compostos voláteis, fenólicos, como o ácido clorogênico, ácidos graxos, proteínas, açúcares, ácidos orgânicos, degradação de parede celular dos grãos, com conseqüentes alterações em seus constituintes, e algumas enzimas, cuja presença, teores e atividade conferem ao café sabor e aroma peculiares (Pimenta, 2003).

Os testes de lixiviação de potássio e condutividade elétrica têm sido utilizados em pesquisas, por vários autores, como indicadores consistentes da integridade de membranas celulares (Prete, 1992; Amorim, 1978).

Os grãos ou sementes ao serem imersos em água liberam substâncias como compostos orgânicos e inorgânicos, destacando-se os íons de potássio, como aqueles lixiviados em maior quantidade. Os solutos lixiviados possuem propriedades eletrolíticas com cargas elétricas que podem ser mensuradas com condutivímetro (Prete, 1992).

Os grãos com membranas mal estruturadas, desorganizadas e danificadas por insetos, microrganismos, mecanicamente, pela secagem ou por períodos prolongados de armazenamento, lixiviam maior quantidade de solutos na água de imersão, com isso apresentam maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio (Krzyzanowsky et al., 1991).

Várias pesquisas demonstram que, cafés de pior qualidade, apresentam maiores valores de lixiviação de potássio e condutividade elétrica.

Prete (1992), estudando o efeito dos grãos defeituosos sobre a qualidade do café, observou que a condutividade elétrica e lixiviação de potássio foram significativamente menores nos grãos normais em relação aos grãos defeituosos, e entre os grãos com defeitos, os preto-verdes apresentaram os maiores valores. O mesmo autor encontrou a seguinte ordem crescente de lixiviação de potássio e condutividade elétrica: grãos normais, brocados e verdes com valores semelhantes, ardidos pretos e preto-verdes.

Pimenta (1995) observou maior lixiviação de íons de potássio nos grãos de cafés colhidos verdes, seguido de verdes-cana e seco/passa, e valores bem inferiores nos grãos de frutos colhidos no estágio cereja.

Pinto et al. (2000), avaliando a relação entre a lixiviação de potássio e condutividade elétrica com a qualidade da bebida de grãos crus, previamente classificados pela prova de xícara como bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio, observaram maior lixiviação de potássio nas bebidas dura, rio e riada, indicando uma menor integridade das membranas.

A secagem é um fator de extrema importância para a manutenção da integridade de membranas. Quando mal conduzida, ela pode ter efeito significativo na degradação de membranas. Marques (2006), trabalhando com diferentes temperaturas de secagem, encontrou valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio significativamente maiores, quando utilizou temperatura de 60°C em relação à temperatura de 40°C. Resultados semelhantes foram encontrados por Borém et al. (2006), Oliveira (2002) e Reinato (2006), confirmando que o aumento da temperatura de secagem causa danos ao sistema de membranas das células da semente do cafeeiro.

A acidez em grãos de café tem sido apontada como um bom indicativo da qualidade do produto, podendo variar de acordo com os níveis de fermentação ocorridos nos grãos e também com o estado de maturação dos mesmos, podendo aumentar gradativamente com a maturação (Pimenta 2003). Carvalho et al.

(1994) constataram aumento significativo de acidez titulável à medida que o grão apresentou pior qualidade, assim como Franca et al., (2005), que encontraram acidez elevada, associada à pior qualidade da bebida por causa do aumento do número de defeitos.

Valores de acidez titulável total do café processado por via seca são descritos, significativamente maiores, quando comparados aos valores obtidos para os cafés descascado, desmucilado e despulpado (Leite, 1991; Villela, 2002)

Segundo Afonso Jr (2001), a presença da mucilagem, total no café cereja e parcial no café descascado, pode ser responsável pelo aumento da acidez dos grãos, o que vem ressaltar a contribuição da ocorrência de fermentações indesejáveis da mucilagem durante a secagem, no aumento da acidez, em frutos processados na forma cereja. O mesmo autor verificou que, a acidez dos grãos descascados e despulpados sofre uma influência pouco acentuada da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, enquanto os frutos cereja mostraram redução dos valores da acidez com o aumento da temperatura do ar de secagem, provavelmente em razão do menor tempo de secagem, diminuindo assim o risco de ocorrerem fermentações indesejáveis.

No entanto, Coradi et al. (2007) observaram aumento gradativo da acidez titulável total com a elevação da temperatura, independentemente do tipo de processamento; segundo os autores isso ocorreu, provavelmente por causa das concentrações de ácidos resultantes das degradações provocadas pela elevada temperatura de secagem.

Santos (2005) encontrou diferenças significativas, para acidez titulável total, entre a secagem completa em terreiro e a pré-secagem em terreiro até o teor de água de 30% e conclusão da secagem em secador. O café seco em terreiros apresentou valores superiores de acidez total titulável.

Os açúcares têm relação direta com a qualidade da bebida, pois contribui com a doçura, que segundo a OIC (1991), é uma das características de sabor mais desejável no café Gourmet (Villela, 2002).

Os açúcares participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração do café, e estão relacionados com a qualidade final do produto, como a formação de compostos resultantes da reação de Maillard que originam compostos responsáveis pela formação da cor, do sabor e do aroma peculiar da bebida (Santos, 2005; Pimenta, 2003; Pereira, 1997; Carvalho et al., 1989; Sivetz, 1963).

Vários autores observaram uma associação positiva entre os níveis de açúcares redutores e não-redutores e a qualidade da bebida (Borém et al., 2006; Pereira, 1997; Chagas 1994).

O teor de açúcar aumenta gradativamente com a evolução da maturação dos frutos. Condições climáticas e regiões de cultivo também são fatores determinantes nos teores dos açúcares nos grãos (Pimenta, 2003).

Vários estudos indicam que as operações pós-colheita, também exercem influência no teor de açúcares.

Marques (2006) observou redução nos teores de açúcar não-redutores, com o aumento da temperatura de 40°C para 60°C. Resultados semelhantes foram obtidos por Ribeiro (2003) que verificou maiores valores de açúcares não-redutores nas amostras que tiveram menores taxas de redução de água.

A presença de defeitos também altera o teor de açúcares. Pereira (1997) observou diminuição dos açúcares totais relacionados com o maior número de grãos defeituosos.

Pereira et al. (2002) encontraram diferenças significativas no teor de açúcares redutores em relação ao tipo de processamento, com o café natural apresentando maiores valores e o café descascado e desmucilado, menores

valores. Já os açúcares totais e não-redutores não diferiram entre os tipos de processamento.

Coradi (2006), trabalhando com café natural e despolpado, encontrou resultados semelhantes, tendo o café natural apresentado maiores teores de açúcares redutores.

Os sólidos solúveis totais são substâncias que estão diretamente relacionadas com o corpo da bebida e são constituintes desejáveis em quantidades elevadas, nos cafês. Segundo Sivetz (1963), os sólidos solúveis são representados por açúcares, carboidratos, ácidos voláteis e compostos nitrogenados que se encontram solubilizados na água do grão.

Pimenta et al. (2000) observaram, nos cafês colhidos no estágio de maturação verde-cana, teores de sólidos solúveis significativamente superiores em relação aos demais estágios de maturação, que não apresentaram diferenças significativas entre eles.

Em relação ao tipo de processamento, Villela (2002) não encontrou diferenças significativas nos valores de sólidos solúveis totais entre os cafês processados por via seca e via úmida, no final da secagem.

Pereira et al. (2003) avaliaram cafês obtidos por diferentes tipos de processamento (natural, descascado, despolpado e desmucilado) e observaram que o café natural apresentou maiores teores de sólidos solúveis. O que segundo os autores ocorreu em virtude da presença da polpa e da mucilagem, durante a secagem dos frutos.

Os compostos fenólicos no café são compostos de grande relevância, tanto por sua contribuição para o sabor e aroma da bebida quanto por seus potenciais benefícios à saúde humana. Os principais compostos fenólicos encontrados no café estão na forma de ácidos clorogênicos (CGA) (Farah, 2004; Farah et al, 2005).

A presença de compostos fenólicos em quantidades elevadas no café é responsável pela adstringência e interferem no seu sabor, contribuindo para a desvalorização do produto (Clifford, 1999). Frutos de café, no estágio de maturação verde, apresentam teores elevados de fenólicos que diminuem com o amadurecimento do fruto (Menezes, 1990). A contaminação microbiana e o número de defeitos também podem aumentar os teores desses compostos (Santos, 2005).

Amorim (1978) afirma que o mecanismo de oxidação de compostos fenólicos por enzimas, como a polifenoloxidase, é um dos principais eventos bioquímicos que induzem a depreciação da qualidade do café.

Segundo Amorim et al. (1976), a coloração do grão de café, assim como a da película prateada, geralmente está relacionada com a qualidade da bebida, e é um fator importante na valorização do produto. Normalmente, essa característica é indicativa do estágio de maturação, condições de secagem, armazenamento inadequado, alterações bioquímicas ou realização apropriada, ou não, de um tratamento tecnológico (Corrêa et al. 2002).

Carvalho et al. (1994), observaram haver diferenças significativas entre as diferentes bebidas. Cafés de melhor qualidade mantêm a coloração característica, enquanto cafés de pior qualidade sofrem reações oxidativas, com conseqüente branqueamento. Lopes et al.(1998) citam a tonalidade azul-esverdeada como indicativa de grãos de melhor qualidade, mediante a prova de xícara.

Corrêa et al. (2002) observaram que a forma de processamento por via úmida contribuiu para a redução dos valores das coordenadas cromáticas “a” e “b”, diminuindo a aproximação da coloração indesejável vermelho-amarelo e aproximando da coloração desejável verde-azulado; porém contribuiu para um pequeno aumento na coordenada “L”, associada à luminância do grão, indicando um maior branqueamento dos grãos. O mesmo autor verificou que a coloração

do produto foi afetada pelo aumento da temperatura do ar de secagem, principalmente reduzindo a intensidade da cor verde, independentemente do tipo de processamento empregado.

Menchú (1967), citado por Correa et al.(2002), afirma que a secagem em secadores mecânicos altera a cor dos grãos de café, originando uma massa de grãos de coloração desuniforme e que temperaturas superiores a 80°C podem originar grãos de cor acinzentada que, ao absorverem água sofrem branqueamento irregular.

2.4 Secagem do Café

Os frutos do cafeeiro, no momento da colheita, possuem elevado teor de água, variando entre 30 e 60% (bu). Dessa maneira, apresentam atividade metabólica elevada, favorecendo os processos de deterioração.

A secagem é a técnica mais utilizada para a preservação das qualidades do café. Tanto os microorganismos quanto as enzimas e todo mecanismo metabólico necessitam de água para suas atividades. A conservação pela secagem baseia-se no fato de que, com a redução da quantidade de água disponível, serão reduzidas a atividade de água e a velocidade das reações químicas no produto, bem como o desenvolvimento de microrganismos, propiciando uma condição favorável ao armazenamento seguro por longos períodos (Christensen e Kaufmann, 1974).

A secagem ocorre por causa de um processo simultâneo de transferência de energia (calor) e massa (vapor d'água) entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção do excesso de água contida no grão por meio do fluxo de vapor de água, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido (Foust et al., 1982).

A retirada da água ocorre por uma diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície do produto a ser seco e o ar que o envolve. Para que ocorra secagem é necessário que a pressão de vapor sobre a superfície do grão seja maior que a pressão de vapor d'água do ar de secagem (Athié, 1998; Pabis et al., 1998).

O fenômeno de migração da água, no interior dos grãos, ainda não é bem conhecido. Alguns pesquisadores afirmam que, possivelmente, o transporte de água ocorre por difusão de líquido ou difusão de vapor, ou pela combinação de ambos, predominando um ou outro, durante a secagem. Entretanto, teorias mais modernas afirmam que, em determinada fase da secagem, o movimento da água acontece, basicamente pela difusão de líquido.

O processo de secagem pode ser dividido em dois períodos, um denominado período de razão constante e outro período de razão decrescente, que, por sua vez, pode ser subdividido em mais períodos (Silva, 2000).

O período de razão constante ocorre nas primeiras horas de secagem do café cereja e verde recém saídos do lavador; nessa fase ocorre a retirada da água livre. Nesse período toda energia transferida ao grão é usada na evaporação da água e a temperatura da massa de grãos se iguala a temperatura de bulbo molhado do ar (temperatura do ar de exaustão saturado) (Silva, 2000). No período de velocidade decrescente de secagem, a taxa interna de transporte de água é menor do que a evaporação, dessa forma a transferência de calor do ar para o produto não é compensada e, conseqüentemente, a temperatura do grão aumenta, tendendo a atingir a temperatura do ar de secagem (Brooker et al., 1992). Nessa fase ocorrem os maiores riscos de perda de qualidade, por causa do referido aquecimento (Borém, 2004; Carvalho, 1994).

No Brasil, a secagem do café é realizada em terreiros, em secadores mecânicos ou pela combinação desses.

A secagem em terreiros, é o método mais utilizado, principalmente pelos pequenos produtores, pelo seu menor custo em relação à secagem mecânica, simplicidade de construção e operação. A secagem em terreiros revestidos, se em condições climáticas favoráveis e manejo correto, propicia cafés de boa qualidade. Porém, condições climáticas desfavoráveis e manejo inadequado, podem causar secagem desuniforme, com reflexos na cor dos grãos e desenvolvimento de microrganismos, fermentações indesejáveis e, conseqüentemente, o surgimento de grãos ardidos (Borém, 2008; Reinato et al., 2002; Sousa, 2000). Outras desvantagens são: o longo tempo necessário para a secagem completa, podendo chegar a 30 dias para o café natural em condições climáticas desfavoráveis; a grande área de terreiros necessárias e; a grande demanda por mão-de-obra, quando se realiza a secagem completa em terreiro (Borém, 2008).

Bons resultados têm sido obtidos utilizando-se a combinação da secagem em terreiro com a secagem mecânica com ar aquecido.

A secagem de café em secadores mecânicos com altas temperaturas, geralmente é realizada no Brasil em secadores horizontais rotativos ou secadores verticais de fluxo cruzado. Esse método utiliza elevado fluxo de ar, aquecido pelo menos 10°C em relação à temperatura ambiente. Além de sofrer menor influência das condições climáticas, é realizada em menor tempo. Porém, alguns cuidados especiais devem ser observados em relação ao fluxo e à temperatura do ar e temperatura dos grãos ou frutos a fim de evitar depreciações na qualidade do produto final (Borém, 2008).

A taxa de secagem indica a velocidade de secagem e é expressa em perda do teor de água em pontos porcentuais por hora e tem efeito significativo na qualidade dos grãos. Uma taxa elevada pode causar descoloração e manchas nos grãos, além de ser o fator de maior relevância no desenvolvimento de trincas e

rupturas no grão (Gunasekaran et al., 1985, citado por Corrêa et al., 2001; Borém, 1992).

No entanto, uma taxa de secagem demasiadamente baixa poderá ser prejudicial à qualidade do café, uma vez que o teor de água inicial é muito alto, podendo haver o desenvolvimento de microrganismos e fermentações indesejadas.

Vários fatores como temperatura e fluxo de ar de secagem, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, teor de água inicial e final do produto, influenciam a taxa de secagem. Entre esses fatores, a temperatura e o fluxo de ar de secagem são os mais simples de serem ajustados, na operação de secagem (Ribeiro, 2003).

Temperaturas mais altas tornam a operação de secagem mais rápida e, portanto, mais econômica (Giranda, 1998). Porém, diversas pesquisas têm demonstrado que temperaturas, na massa de café, acima de 40°C causam prejuízos à qualidade do café (Marques, 2006; Borém et al., 2006; Coradi, 2006).

Vários autores relatam danos causados pela secagem em grãos de café por causa do uso de elevadas temperaturas. Esses danos comprometem a obtenção de uma bebida de boa qualidade.

Acredita-se que essa perda de qualidade ocorra em razão da desorganização e da desestruturação das membranas celulares do endosperma da semente do cafeeiro, permitindo que os componentes químicos, antes compartimentalizados, entrem em contato com enzimas hidrolíticas e oxidativas, afetando as características de cor, sabor e aroma da bebida (Marques, 2006).

Marques (2006), utilizando temperaturas de secagem de 40, 50 e 60°C, na secagem de café cereja descascado, encontrou maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para a temperatura de 60°C e os menores valores na temperatura de 40°C, evidenciando o efeito da temperatura na degradação de membranas. No mesmo trabalho, a autora encontrou os

maiores valores de açúcares redutores (desejável) e bebida de melhor qualidade, quando utilizou temperatura de secagem de 40°C.

Resultados semelhantes foram encontrados por Borém et al. (2006). Esse autor, estudando a secagem de café cereja descascado submetido à temperaturas de 40, 45 e 50°C, observou maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para os grãos secos à temperatura de 50°C.

Saath (2007), estudando a ultra-estrutura do endosperma do café despulpado e natural, através de microscopia eletrônica de varredura durante a secagem, verificou que o café submetido à temperatura de 40°C manteve a integridade das membranas e espaços intercelulares vazios, já quando submetido à temperatura de 60°C ocorreu comprometimento das membranas celulares do endosperma da semente do cafeeiro, entre os teores de água entre 30% e 20% (bu).

Assim como a temperatura, o fluxo de ar influencia a taxa de secagem e deve ser levado em consideração para uma maior eficiência da operação. Conforme Villela & Peske (2003) na secagem com ar aquecido, fluxos inferiores a $6\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{t}^{-1}$ podem prolongar excessivamente o tempo de secagem ao passo que acima de $20\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{t}^{-1}$, podem tornar o processo antieconômico. Na secagem de café, fluxos de ar elevados, podem aumentar demasiadamente a taxa de secagem causando prejuízos à qualidade da bebida.

Guida (1996), estudando o efeito do fluxo de ar na secagem estacionária de café despulpado, utilizando temperatura de 70°C, verificou que o fluxo de ar influenciou o tempo total de secagem, sendo que o tempo de secagem para o fluxo de ar de $16\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ foi mais que o dobro do tempo total de secagem, para o fluxo de $63\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$. O autor observou um melhor aspecto do café quando utilizou-se o fluxo de ar de $16\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$, evidenciando que o aumento do fluxo de ar acima de um determinado limite, embora diminua os custos com energia, influencia negativamente na aparência do grão.

Ribeiro et al. (2003), trabalhando com temperaturas de secagem de 40, 45 e 50°C e fluxos de ar de $20\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$ e $30\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{m}^{-2}$, concluiu que o fluxo de ar afetou a taxa de redução de água apenas no início da secagem. A autora observou também que não foi detectado efeito do fluxo de ar na classificação da bebida.

Outro fator que afeta a taxa de redução de água, na secagem mecânica com ar aquecido, é o teor de água inicial do café e esse, por sua vez, é influenciado pelo tempo de pré-secagem em terreiro. A pré-secagem em terreiro tem sido recomendada com a finalidade de reduzir o gasto com energia na secagem mecânica. Alguns estudos demonstram que o período de pré-secagem tem influência também na qualidade final do produto.

Marques (2006), estudando a secagem de café cereja descascado, concluiu que o café submetido ao período de três dias de pré-secagem apresentou menores valores de lixiviação de potássio, maior teor de açúcares redutores em relação ao café submetido a um dia de pré-secagem; o maior período de pré-secagem também contribuiu para a obtenção de uma bebida de melhor qualidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Borém et al. (2006). Os autores observaram que os resultados da prova de xícara para o período de três dias de pré-secagem e redução do fluxo de ar corresponderam às menores taxas de redução de água, aos menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio e aos maiores valores de açúcares totais e não-redutores, quando comparados com o período de um dia de pré-secagem.

Segundo Marques (2006), sendo a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio, indicadores da integridade das membranas celulares do endosperma da semente do cafeeiro, e os açúcares não-redutores envolvidos no mecanismo de manutenção da seletividade e permeabilidade das membranas, pode-se considerar que o maior período de pré-secagem do café, em terreiro, pode

contribuir para a manutenção da integridade dessas membranas celulares e na preservação da qualidade do café.

Rosa (1966) verificou que, quando as sementes são secas em uma série de períodos curtos, intercalados com períodos longos de repouso, a quantidade de água retirada por unidade de tempo é consideravelmente maior do que na secagem contínua. Isso por que o limite de velocidade de secagem, depois que a água da camada externa das sementes já foi retirada, é a velocidade com que a água se difunde do interior da semente para a superfície.

Na secagem contínua, os grãos ou frutos são expostos ao ar aquecido do início ao fim da operação. Nesse caso, conforme o teor de água dos grãos é reduzido, ocorre um aumento no gradiente de umidade entre o interior e a superfície dos grãos, como consequência a taxa de redução de água diminui e a temperatura dos grãos tende a se igualar à temperatura do ar de secagem, nessa fase cresce a possibilidade da ocorrência de danos térmicos (Villela & Peske, 2003).

Além disso, o gradiente de umidade produz forças de tração na superfície e forças de compressão no interior dos grãos, causando rupturas e trincas. Por esse motivo a secagem intermitente tem sido bastante utilizada especialmente na secagem de grãos ou sementes sensíveis a danos térmicos, como o arroz, pois, o tempo de repouso possibilita a redução do gradiente de umidade no grão por causa da translocação de água do interior para a superfície, evitando essas trincas (Kunze, 1979; Sarker et al., 1996).

Estudos mostram que a secagem com temperaturas moderadas intercaladas com períodos de repouso apresenta-se eficiente, tanto no que diz respeito à qualidade final do produto como no consumo específico de energia.

Rigitano et al. (1964) estudaram a influência do parcelamento na secagem do café e concluíram que o parcelamento reduziu o tempo total de secagem; quanto menor a temperatura do ar de secagem, maior foi a influência

do parcelamento na redução do tempo total de secagem; quanto maior o período de descanso, menor o tempo total de secagem; o parcelamento da secagem aumentou o rendimento do secador e sua capacidade de secagem.

Begazo (1979), estudando a secagem do café despulpado com temperatura de 45°C intercalada com períodos de repouso obteve um produto de bebida suave, teor de água uniforme e coloração azulada, características desejáveis no café.

Cordeiro et al. (1983) estudaram o efeito das temperaturas de secagem 50, 60, 70°C, durante 9, 7 e 4 horas, respectivamente, na secagem de café em camada fixa e períodos de repouso de 0, 6 e 12 horas, com conclusão da secagem com aeração. O autor verificou que o tempo de repouso possibilita a remoção extra de água e a redução do gradiente de umidade. A temperatura de 50°C e o tempo de repouso de 12 horas foi o tratamento que apresentou melhores resultados.

Vieira & Vilela (1995) estudaram o efeito do fluxo de ar, 16, 33 e 63m³.m⁻¹.m⁻² e tempo de repouso (60 e 120 minutos) no tempo de secagem do café natural e observaram que o tempo de repouso interferiu no tempo de permanência do café no secador apenas quando utilizou-se o fluxo de 16m³.m⁻¹.m⁻²; para esse fluxo houve redução do tempo de permanência do café no secador quando o café permaneceu 120 minutos em repouso, para os demais fluxos de ar não houve diferenças significativas, no tempo de secagem.

A técnica de secagem intermitente tem sido relatada nos estudos de outros produtos agrícolas como milho e principalmente arroz, com resultados positivos tanto no que se refere à qualidade final do produto, quanto na redução do tempo de secagem (Iguaz et al., 2006; Li et al., 1999; Villela & Silva, 1992).

Villela & Silva (1992) verificaram aumento considerável na taxa de redução do teor de água e conseqüentemente redução no tempo de secagem, quando sementes de milho foram secadas intercalando-se períodos curtos de

exposição ao ar aquecido, com longos períodos de repouso.

Li et al. (1999) observaram que maiores relações repouso/secagem proporcionaram menores porcentagens de grãos de arroz fissurados.

Iguaz et al. (2006) observaram um decréscimo de 20% no número de fissuras dos grãos de arroz submetidos à secagem intermitente quando comparada à secagem contínua.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização e implantação do experimento

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia, no Pólo de Tecnologia em Pós-colheita do Café e no Setor de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras.

O produto utilizado foi o café (*Coffea arabica* L.) cereja desmucilado, cultivar Acaiaí do Cerrado. Foram realizadas três colheitas na mesma safra e mesma lavoura, cada colheita representando uma repetição, pelo sistema de derriça manual no pano. Posteriormente, procederam-se a lavagem e a separação hidráulica do café por diferença de densidade, separando-se a porção cereja + verde, de maior densidade, da porção bóia de menor densidade. Em seguida, a porção cereja + verde foi descascada mecanicamente no descascador ou separador de verde; nessa etapa os frutos verdes foram separados do café cereja descascado. Os frutos verdes não foram aproveitados para esse experimento. Cerca de 130 litros de café cereja descascado foram então submetidos à operação de desmucilamento, que consiste na retirada mecânica da mucilagem que ainda permanece aderida aos grãos, por meio do atrito entre os grãos e entre os grãos e um cilindro metálico.

Para as três repetições o café foi processado no início da noite e permaneceu no terreiro durante três noites e dois dias. Optou-se pela utilização de dois dias de pré-secagem em terreiro, pois, é o período de pré-secagem mais utilizado na prática pelos produtores.

Imediatamente após o desmucilamento, o café foi esparramado em terreiro de concreto em camadas equivalentes a 7 litros.m⁻² e mantido aberto e descoberto durante a primeira noite, e nas duas noites seguintes o café foi coberto com lona. No primeiro dia de secagem, manteve-se a espessura da

camada equivalente a 7 litros.m⁻² e o café foi revolvido de 30 em 30 minutos. A partir das 16:00 horas o café foi coberto com lona. No segundo dia às 09:00 horas a lona foi retirada, dobrou-se a espessura da camada de café e esse foi revolvido de 30 em 30 minutos, até às 16:00 horas quando foi novamente coberto. No terceiro dia às 8:00 horas o café foi retirado do terreiro e levado aos secadores para dar início à secagem mecânica.

Ilustra-se na Figura 1 o fluxograma usado na preparação da matéria-prima.

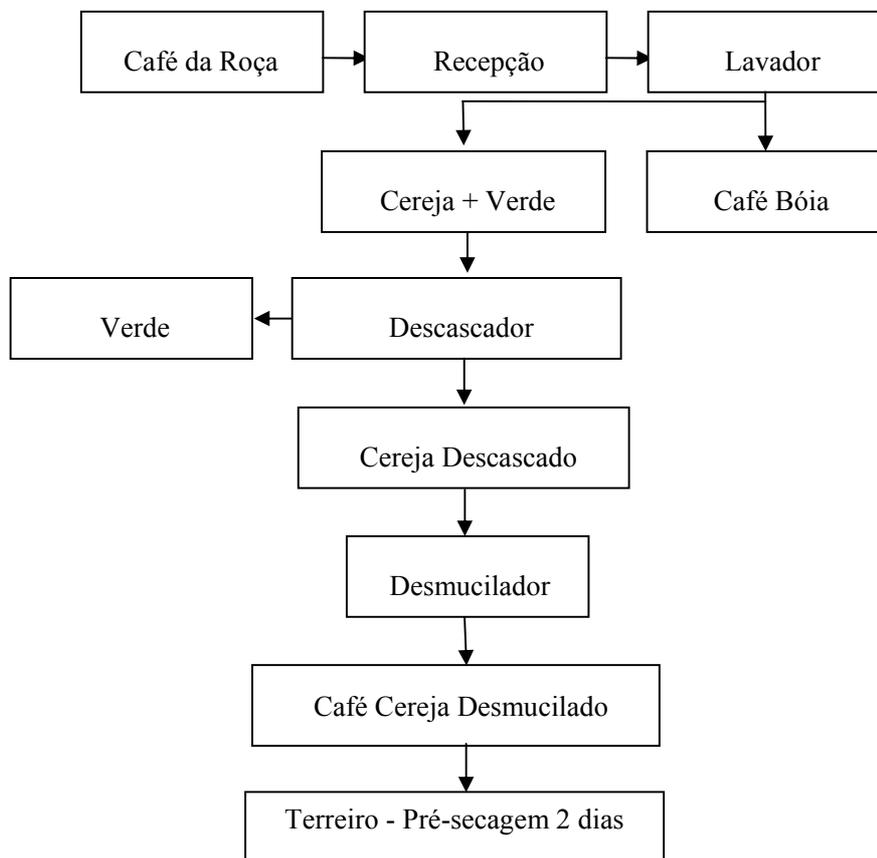


FIGURA 1 Fluxograma usado na obtenção da matéria-prima.

3.2 Descrição dos secadores e do processo de secagem

A secagem mecânica foi realizada em dois secadores experimentais de camada fixa que possuíam uma câmara de 0,61 x 0,61 x 0,61 m, um elemento de expansão e um ventilador centrífugo acionado por um motor de 0,5 cv. O aquecimento do ar era realizado por um conjunto de resistências elétricas de 3400 kW, localizadas no plenum.

Utilizou-se a velocidade do ar de secagem de $0,33\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, regulada na abertura graduada do diafragma na entrada de ar e medida com anemômetro de pás no centro e nas laterais acima da chapa perfurada do plenum. Optou-se por essa velocidade, pois ela equivale ao fluxo de ar de $20\text{ m}^3\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, que é o fluxo de ar mais utilizado em secadores comerciais de café. A velocidade e o fluxo de ar foram calculados usando-se as seguintes equações:

$$\Phi = Q/A \quad \text{equação 1}$$

$$Q = A * V \quad \text{equação 2}$$

em que:

Φ : fluxo de ar ($\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$);

Q: vazão do ar ($\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$);

A: área da chapa perfurada do plenum, $0,25\text{ m}^2$;

V: velocidade $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

A câmara de secagem era composta de duas bandejas sobrepostas (Figura 2), com espessura fixa da camada de café de 0,13 m e lados iguais a 0,25 m, o que dava uma capacidade em torno de 8 litros de café.

Foram utilizados dois secadores com duas bandejas. Dessa maneira, o café cereja desmucilado foi disposto em quatro bandejas contendo, cada uma, quatro subdivisões removíveis com capacidade de oito litros de café.

As bandejas foram numeradas de um a quatro: bandeja 1 – as subdivisões eram retiradas do secador quando se atingia o teor de água de $11\% \pm 1\%$ bu;

bandeja 2 - as subdivisões eram retiradas do secador quando se atingia o teor de água de $16\% \pm 2\%$ bu; bandeja 3 - as subdivisões eram retiradas do secador quando se atingia o teor de água de $20\% \pm 2\%$ bu; bandeja 4 - as subdivisões eram retiradas do secador quando se atingia o teor de água de $24\% \pm 2\%$ bu (Figura 3).

Para minimizar possíveis diferenças na temperatura entre as bandejas e subdivisões, fez-se um rodízio de 180°C (Figura 2) na posição das bandejas a cada 15 minutos e a cada 30 minutos invertiam-se as posições passando a que estava em baixo para cima e vice-versa.

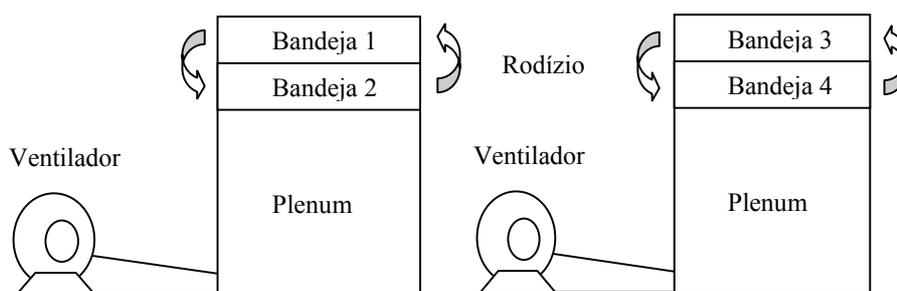


FIGURA 2 Esquema do secador de bandeja com camadas fixas usadas para a secagem do café.

Durante a secagem, a temperatura da massa de café foi mantida em $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e monitorada constantemente com termômetro de mercúrio inserido no centro de cada divisão da câmara de secagem. A temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram monitoradas de hora em hora, utilizando-se um termohigrômetro digital e anotadas em planilha própria.

3.3. Tratamentos e delineamento experimental

Foram estudados nesse trabalho a interferência do período repouso e sua interação com o teor de água no momento da interrupção do processo de secagem na qualidade do café e tempo de secagem. Iniciou-se o repouso quando o café atingiu os teores de água iguais a $16\% \pm 2\%$, $20\% \pm 2\%$ e $24\% \pm 2\%$, em base úmida. Foram usados dois, seis e doze dias de repouso constituindo-se, assim, um fatorial 3×3 disposto em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, cada repetição foi representada por uma colheita na mesma safra e mesma lavoura. A testemunha constituiu-se na secagem contínua até $11\% \pm 1\%$ (bu). Ilustra-se, na Figura 3, o fluxograma dos tratamentos usados nesse trabalho.

A letra X na Figura 3 representa uma amostra qualquer de café seco utilizado apenas para preencher o espaço vazio na câmara de secagem, uma vez que apenas três amostras foram secas por vez.

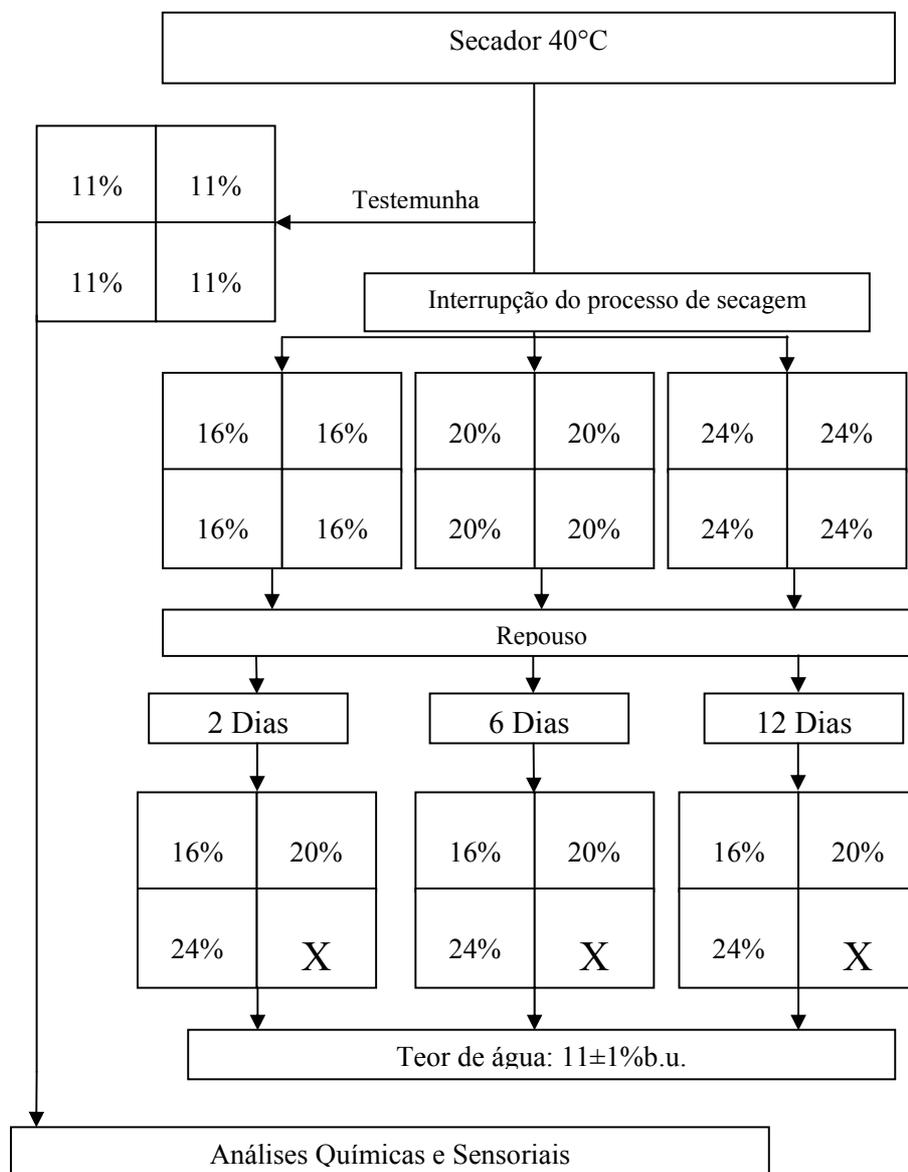


FIGURA 3 Fluxograma da secagem do café com temperatura de 40°C, interrupção da secagem com teores de água de 24%, 20% e 16% (bu), seguido de repouso e complementação da secagem até 11% (bu).

3.4 Determinação do teor de água, obtenção das curvas e taxas de secagem

O controle do teor de água, durante a secagem, foi possível conhecendo-se o teor inicial de água do café proveniente do terreiro e monitorando-se a variação da massa da amostra.

O teor de água do café foi determinado pelo método padrão ISO 6673, primeira edição de novembro de 1983.

O teor de água, no início da secagem mecânica, foi determinado da seguinte maneira: amostras foram retiradas do terreiro no último dia de pré-secagem no terreiro no momento que o café foi coberto e levado à estufa. A amostra foi coletada no dia anterior à secagem mecânica, pois o método padrão ISO 6673 necessita que o café permaneça na estufa por 16 horas e era necessário se conhecer o teor de água do café no início da secagem mecânica. No entanto, até a manhã seguinte quando a secagem mecânica tinha início, o processo de secagem não era interrompido no restante do material que permaneceu no terreiro. Para compensar essa diferença, um quilograma de café foi isolado do restante do café no terreiro mantendo-se os mesmos procedimentos. Na manhã seguinte, determinou-se o teor de água do café coletado no terreiro no dia anterior pelo método padrão ISO 6673 e pela diferença de massa daquele quilograma de café isolado no terreiro no dia anterior, no momento da coleta da amostra, determinou-se o teor de água do café no início da secagem mecânica. Entretanto, como esse valor não era exato, no momento em que o secador foi carregado uma nova amostra foi retirada para determinar o teor de água pelo método de estufa.

Para se determinar o momento da interrupção do processo de secagem, cada subdivisão das bandejas do secador foi pesada, de hora em hora, e o teor de água foi determinado pela diferença de massa aplicando-se as equações 3 e 4.

$$M_f = M_i - (M_i * PQ/100) \quad \text{equação 3}$$

$$PQ = [(U_i - U_f)/(100-U_f)] * 100 \quad \text{equação 4}$$

em que:

M_f: massa final (kg);

M_i: massa inicial (kg);

PQ: Porcentagem de quebra (%);

U_i: teor de água inicial (% bu);

U_f: teor de água final (% bu).

Quando cada subdivisão atingiu a massa relativa ao teor de água pré-determinado, a amostra foi retirada do secador e levada a uma caixa de madeira fechada com tampa de madeira, onde permaneceu em repouso por dois, seis ou doze dias em condições ambientes. Após o repouso, a secagem foi concluída até atingir o teor de água de 11%± 1% bu.

Além da curva de secagem, obtida pelo registro da variação da massa da amostra no tempo, foram obtidas as curvas da taxa de redução de água, por meio da equação 5.

$$TRA = (TA_0 - TA_{at})/(t_{at} - t_0) \quad \text{equação 5}$$

em que:

TRA: taxa de redução de água (kg H₂O/kg café/hora);

TA₀: teor de água anterior (kg H₂O/kg café);

TA_{at}: teor de água atual (kg H₂O/kg café);

t_{at}: tempo total de secagem atual (horas);

t₀: tempo total de secagem anterior (horas).

Após a secagem e resfriamento o café em pergaminho permaneceu armazenado em sacos de polietileno em ambiente com temperatura de 10°C,

sendo beneficiadas apenas no momento da realização das análises químicas e sensoriais para avaliação da qualidade do café.

3.5 Caracterização da qualidade do café

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade do Café da (EPAMIG), em Lavras, MG e no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras.

Foram utilizadas três repetições de laboratório para cada repetição de cada tratamento para as análises químicas. Essas foram realizadas nas amostras com todos os defeitos e sem os defeitos provenientes do campo, ou seja, aqueles que não foram causados pela secagem (verde, preto e brocado).

As análises sensoriais foram realizadas na Fazenda Monte Alegre no Município de Monte Belo/MG por três provadores treinados que avaliaram amostras de 300g de café, após a retirada de todos os defeitos visíveis.

3.5.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia recomendada por Kryzanowski et al. (1991). Foram utilizados 50 grãos de cada amostra, os quais foram pesados com precisão de 0,001g e imersos em 75 ml de água deionizada no interior de copos plásticos de 180 ml de capacidade. Em seguida, estes recipientes foram levados a estufa com ventilação forçada regulada para 25°C, por cinco horas, procedendo-se a leitura da condutividade elétrica da água de embebição em aparelho Digimed CD-20. Com os dados obtidos, foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra.

3.5.2 Lixiviação de Potássio

A lixiviação de íons de potássio foi realizada nos grãos crus, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções foram submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviada. A leitura foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK-2002. Com os dados obtidos, foi calculado o potássio lixiviado, expressando-se o resultado em ppm.

3.5.3 Açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinado pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). Os açúcares não-redutores foram determinados pela diferença entre os açúcares totais e os redutores.

3.5.4 Acidez titulável total

A acidez titulável foi determinada por titulação com Na OH 0,1 N, adaptando-se a metodologia citada por AOAC (1990). Foram pesadas duas gramas da amostra de café moído e adicionado 50 ml de água destilada, agitando-se por uma hora. Em seguida, realizou-se a filtração em papel de filtro e retiraram-se 5 ml da solução filtrada, colocando-a em um erlenmeyer, com cerca de 50 ml de água destilada. Acrescentaram-se três gotas de fenolftaleína e, em seguida, titulou-se até a viragem com NaOH 0,1N. O resultado foi expresso em ml de NaOH 0,1N por 100g de amostra.

3.5.5 Polifenóis

Os polifenóis foram extraídos pelo método de Goldstein & Swain (1963), utilizando como extrator o metanol 80% (U/V) e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem na matéria seca.

3.5.6 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais foram determinados em refratômetro de bancada Abbe modelo 2 WAJ, conforme normas da AOAC (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem na matéria seca.

3.5.7 Avaliação da cor

O índice de coloração foi determinado em colorímetro Minolta modelo CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a, b, descritas por Nobre (2006). As amostras foram colocadas em placas de Petri e para cada repetição, foram realizadas 5 leituras nos quatro pontos cardeais e uma no ponto central da placa.

3.5.8 Análise sensorial

A análise sensorial do café foi realizada na Fazenda Monte Alegre S/A, localizada no município de Monte Belo, MG. Para a realização da análise sensorial foram retirados todos os defeitos visíveis de uma amostra de 300g de café. As amostras codificadas foram analisadas por três provadores especializados da Brazil Specialty Coffee Association (BSCA).

A metodologia utilizada foi a do “Cup of Excellence” (CoE), de 1998, indicada por George Howel, na qual cada provador atribuiu notas de 0 a 8 aos atributos sensoriais corpo, aroma, acidez, doçura, balanço, bebida limpa e sabor característico, de acordo com suas intensidades na amostra. A pontuação total foi obtida pelo somatório das notas obtidas nos oito atributos, o que daria uma nota máxima igual a 64. Dessa forma, ao somatório das notas dos atributos foi somado o valor 36, podendo assim cada amostra atingir a nota máxima igual a 100. Além das notas foram feitas observações pessoais sobre as nuances, sabores e aromas encontrados no café.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos de tempo de secagem e das análises químicas do café foram analisados pelo programa computacional Sisvar 4.0, segundo Ferreira (2000) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, aos níveis de significância de 1 e 5%.

As análises químicas foram realizadas com defeitos e sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado e a variabilidade dos dados foi comparada através de gráficos “Box plot”, obtidos pelo programa computacional MINITAB 14.

Os dados da análise sensorial foram analisados utilizando-se técnicas multivariadas em que os atributos da análise sensorial foram considerados em grupos. De acordo com um modelo hierarquizado multivariado, cada tratamento foi analisado por uma aproximação da estatística “F”, segundo os critérios apresentados por Johnson & Wichern (1998).

Após a verificação de quais tratamentos tiveram efeitos significativos, os mesmos foram agrupados pelos níveis de qualidade do café. Para isso, realizou-se a análise de clusters pelo método de ligação simples ou vizinho mais próximo,

onde os grupos iniciais são determinados pelos mais altos coeficientes de associação mútua. Para a admissão de novos membros aos grupos foi suficiente encontrar quais os que representavam maiores coeficientes de associação com um dos elementos de determinado grupo. A ligação foi estabelecida a esse nível de associação com todo o grupo, conforme Johnson & Wichern (1998).

Os dados da análise sensorial foram analisados pelo programa computacional “Statistical Analyses System” (SAS, 1993).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das condições de secagem

Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar ambiente, durante o período de pré-secagem do café em terreiro e durante a secagem mecânica antes e após o repouso, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a pré-secagem do café em terreiro, nas três repetições.

Rep.	Temperatura Média (°C)	UR Média (%)
I	18,0	61,5
II	15,6	68,0
III	15,8	58,5

Verifica-se na Tabela 1 que a umidade relativa média durante a pré-secagem do café em terreiro da segunda repetição alcançou valores mais elevados em relação às demais repetições. Durante o primeiro dia de pré-secagem dessa repetição ocorreu precipitação nas primeiras horas da manhã e o tempo permaneceu encoberto durante todo o dia, com umidade relativa média de 80% e temperatura média de 16,1°C. Dessa forma, o café da segunda repetição apresentou teor de água maior em relação às demais repetições no início da secagem mecânica, o que pode ser verificado na Tabela 3.

TABELA 2 Temperatura e Umidade Relativa médias do ar ambiente durante a secagem mecânica.

Rep.	Tratamento	Condições do Ar Antes do Repouso		Condições do Ar Após Repouso	
		Temp. (°C)	UR (%)	Temp. (°C)	UR (%)
I	11% S/R	23,9	52,1		
	16% 2D	24,5	49,7	20,5	49,2
	20% 2D	24,4	51,7	21,1	44,6
	24% 2D	24,2	53,6	21,6	42,8
	16% 6D	24,5	49,7	25,1	48,2
	20% 6D	24,4	51,7	25,3	47,3
	24% 6D	24,4	51,7	25,5	46,7
	16% 12D	24,5	49,7	18,9	82,4
	20% 12D	24,4	51,7	20,4	69,6
	24% 12D	24,2	53,6	20,9	65,4
II	11% S/R	22,0	48,7		
	16% 2D	22,2	49,1	25,1	48,2
	20% 2D	22,4	50,1	25,3	47,3
	24% 2D	22,2	51,2	25,6	47,1
	16% 6D	22,2	49,1	17,6	84,1
	20% 6D	22,4	50,1	18,3	81,9
	24% 6D	22,2	51,2	18,9	79,4
	16% 12D	22,1	48,9	20,7	57,3
	20% 12D	22,4	50,1	21,6	53,1
	24% 12D	22,2	51,2	22,0	51,7
III	11% S/R	23,0	46,9		
	16% 2D	23,1	48,3	22,6	76,1
	20% 2D	22,9	50,0	22,6	76,1
	24% 2D	22,1	55,3	23,7	70,5
	16% 6D	23,1	48,3	18,1	89,6
	20% 6D	22,9	50,0	18,4	86,9
	24% 6D	22,1	55,3	18,9	83,1
	16% 12D	23,1	48,3	21,0	55,3
	20% 12D	22,9	50,0	21,8	51,4
	24% 12D	22,6	52,1	22,1	50,1

11% S/R: Secagem contínua até teor de água de 11% bu; 16, 20 e 24%: Teor de água do café quando a secagem foi interrompida; 2, 6 e 12 D: Período que o café permaneceu em repouso.

Verifica-se que as condições do ar ambiente, durante a secagem, variaram, especialmente, após o período de repouso. Observam-se valores de umidade relativa acima de 80%, durante a secagem dos tratamentos 16% 12D da primeira repetição, 16% 6D, 20% 6D da segunda repetição e 16% 6D, 20% 6D e 24% 6D, na terceira repetição. A variação nas condições de secagem resultaram, conseqüentemente, em diferenças no tempo total de secagem, bem como na taxa de remoção de água.

Na Tabela 3, são apresentados os valores de teor de água no início da secagem mecânica; no momento em que a secagem foi interrompida, iniciando-se em seguida o período repouso do café; na retomada da secagem e o teor de água no final da secagem mecânica.

TABELA 3 Teor de água inicial e final do café antes e após o repouso.

Rep.	Tratamento	Teor de água (% bu) Antes do Repouso		Teor de água (% bu) Após Repouso	
		Inicial	Final	Inicial	Final
I	11% S/R	37,00	11,46		
	16% 2D	37,00	16,01	15,02	11,80
	20% 2D	37,00	21,59	19,08	11,30
	24% 2D	37,00	25,30	22,79	11,80
	16% 6D	37,00	16,67	15,50	11,63
	20% 6D	37,00	20,08	18,30	11,86
	24% 6D	37,00	22,98	19,62	11,98
	16% 12D	37,00	17,95	16,13	11,46
	20% 12D	37,00	21,84	19,57	12,01
	24% 12D	37,00	25,00	22,83	11,58
II	11% S/R	45,50	11,68		
	16% 2D	45,50	16,90	15,84	11,40
	20% 2D	45,50	21,64	18,52	11,78
	24% 2D	45,50	25,37	24,28	11,90
	16% 6D	45,50	17,95	15,59	11,72
	20% 6D	45,50	21,67	17,50	11,58
	24% 6D	45,50	25,09	20,83	11,88
	16% 12D	45,50	17,10	15,17	11,08
	20% 12D	45,50	21,67	18,81	11,39
	24% 12D	45,50	25,62	20,13	11,12
III	11% S/R	38,80	11,29		
	16% 2D	38,80	17,66	15,88	11,24
	20% 2D	38,80	21,20	18,56	11,77
	24% 2D	38,80	25,68	22,30	11,28
	16% 6D	38,80	17,74	15,14	11,29
	20% 6D	38,80	21,66	19,30	11,73
	24% 6D	38,80	25,30	23,21	11,88
	16% 12D	38,80	16,94	15,21	11,56
	20% 12D	38,80	21,74	19,38	11,21
	24% 12D	38,80	23,76	19,84	11,45

Verifica-se na Tabela 3 que o teor de água do café, no início da secagem mecânica da repetição II, apresentava-se mais elevado em relação às demais repetições, em decorrência da maior umidade relativa do ambiente durante o período de pré-secagem no terreiro, como apresenta-se na Tabela 1.

Observa-se que, para todos os tratamentos, o teor de água reduziu durante o período de repouso. Isso se deve ao fato de que o café foi levado, ainda

quente, para as caixas onde permaneceu em repouso. Nessas condições, o processo de secagem teve continuidade utilizando a energia armazenada nos grãos na forma de calor. Outro fator que explica a redução do teor de água é a tendência dos grãos entrarem em equilíbrio com o ar ambiente. As temperaturas e umidades relativas médias do ambiente, durante os três períodos de repouso, para cada repetição são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 Condições ambientais durante os períodos de repouso para as três repetições.

Rep.	2 dias		6dias		12 dias	
	Temp (°C)	UR (%)	Temp (°C)	UR (%)	Temp (°C)	UR (%)
I	17,4	75,0	17,4	63,2	17,6	71,4
II	18,9	56,0	19,0	69,8	16,5	69,7
III	20,0	62,0	18,5	75,3	16,4	70,1

4.2 Taxa de redução do teor de água e tempo de secagem do café cereja desmucilado

Na Tabela 5, são apresentados os dos dados referentes aos tempos de secagem e taxas médias de redução do teor de água do café cereja desmucilado em função do teor de água do café em que a secagem foi interrompida e o tempo em que o café permaneceu em repouso até a conclusão da secagem.

TABELA 5 Tempo de secagem e taxa média de redução de água do café cereja desmucilado, em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e do período de repouso.

Tratamento		TS (h)	TRA (kg H ₂ O/kgcafé/h)
TA (% bu)	PR (dias)		
11	Sem Repouso	12,33	0,023
16	2	10,67	0,027
20	2	10,00	0,029
24	2	11,67	0,027
16	6	10,33	0,028
20	6	10,33	0,028
24	6	11,33	0,025
16	12	11,00	0,026
20	12	11,00	0,027
24	12	11,00	0,026

TA: Teor de água em que a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; TS: Tempo total de secagem; TRA: Taxa média de redução de água.

A análise de variância dos dados de tempo de secagem e taxa de redução de água (Anexos 1A e 2A) indicou que não houve efeito significativo do teor de água quando a secagem foi interrompida e do tempo que o café permaneceu em repouso até a retomada da secagem.

Apresentam-se, nas Figuras 4, 5 e 6, as variações ocorridas no teor de água do café, durante a secagem.

As curvas relacionadas ao café seco até 11% (bu) sem repouso são curvas contínuas, ou seja, sem interrupções. As curvas relacionadas aos tratamentos são interrompidas no momento em que o café atingiu o teor de água pré-determinado para que se iniciasse o repouso e tem continuidade com o teor de água que apresentavam após o repouso.

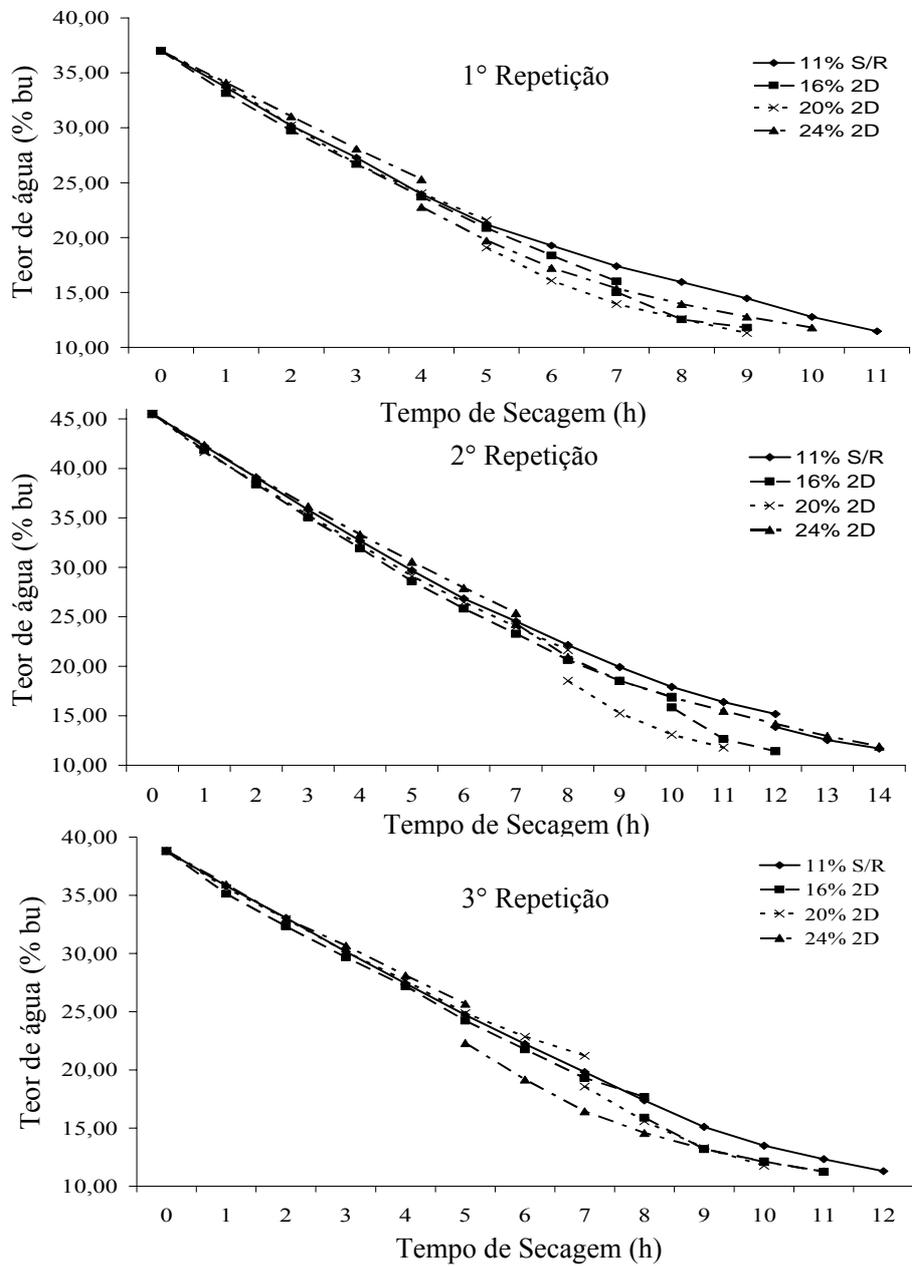


FIGURA 4 Variações do teor de água do café (%bu) submetido à secagem contínua até 11% e submetido ao período de repouso de 2 dias.

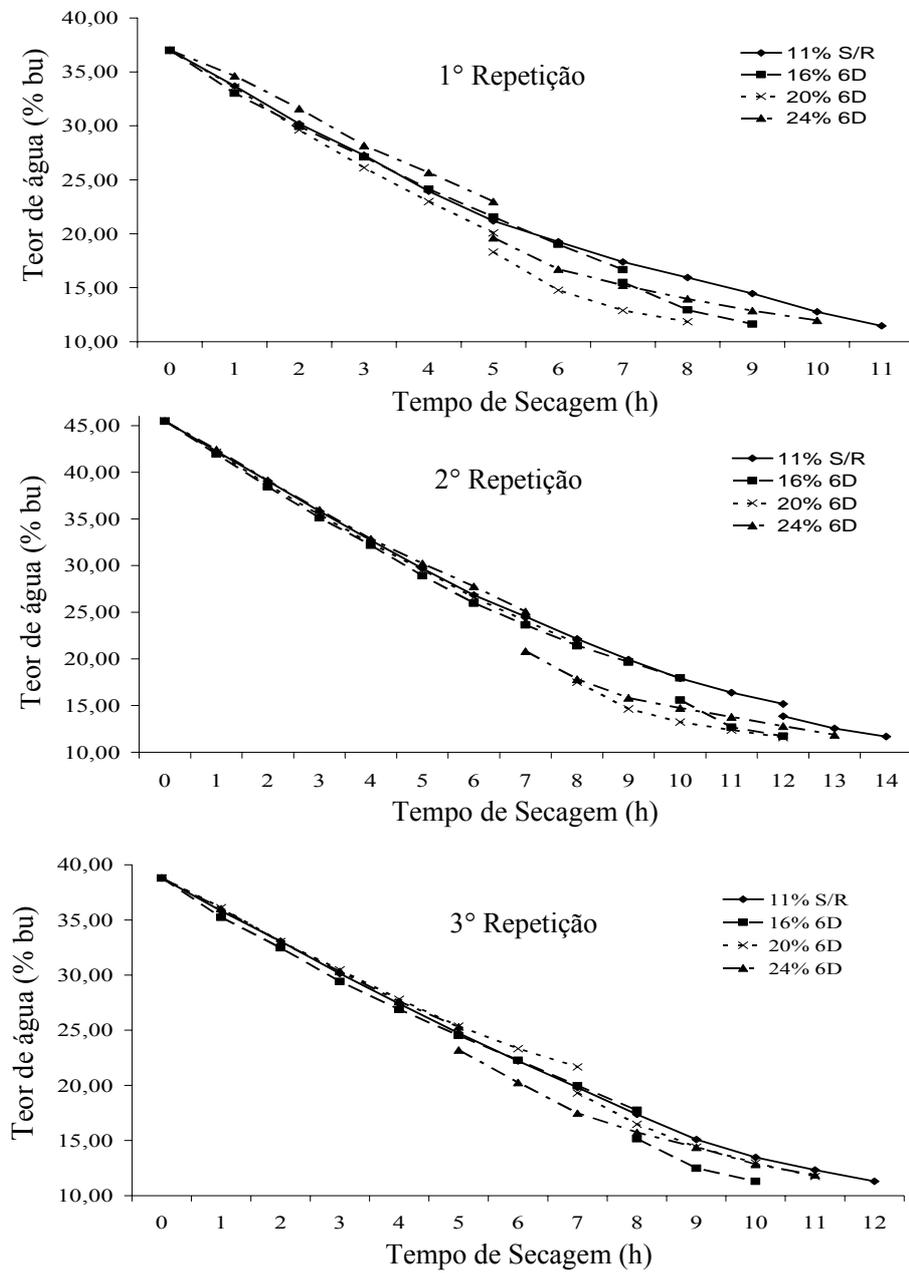


FIGURA 5 Variações do teor de água do café (%bu) submetido à secagem contínua até 11% e submetido ao período de repouso de 6 dias.

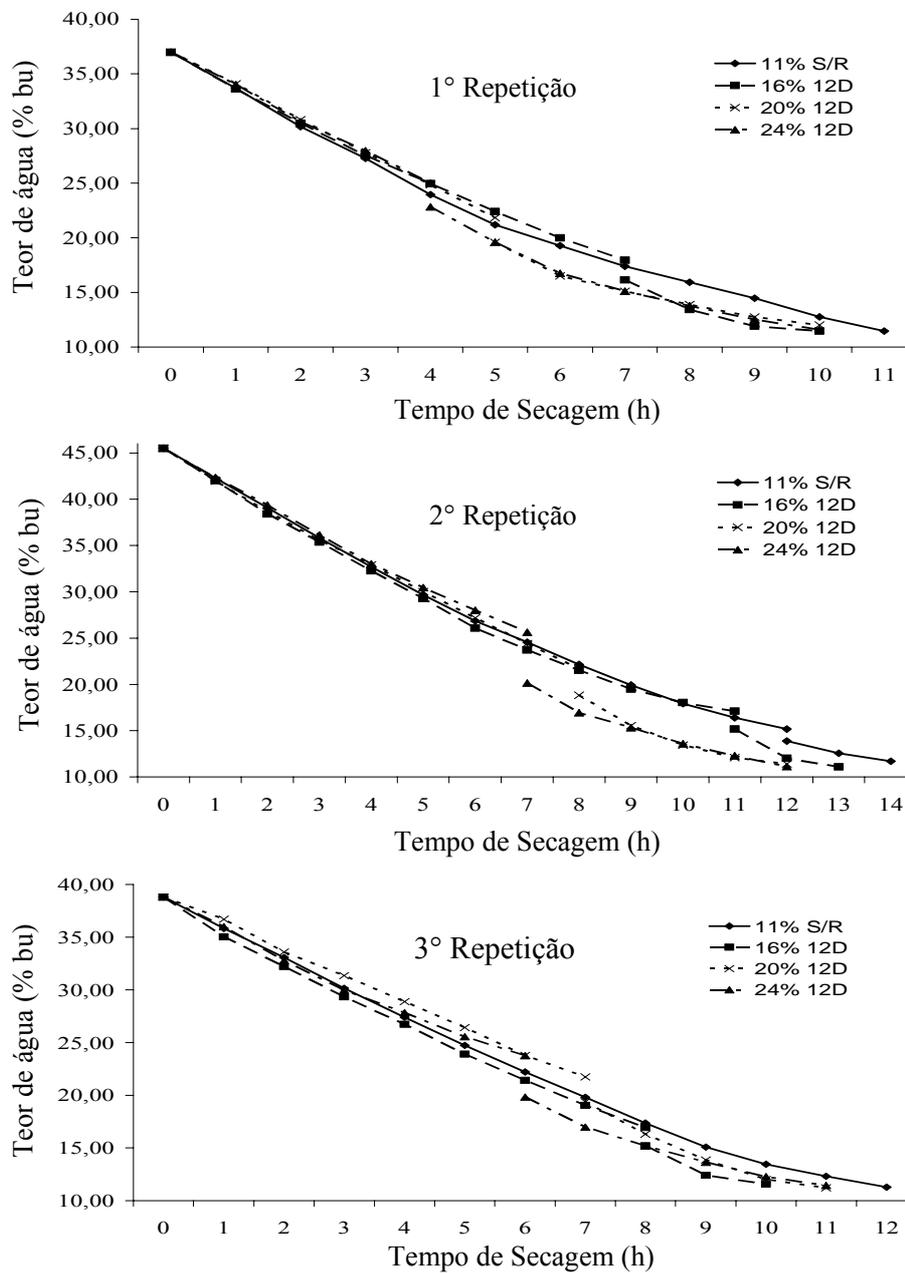


FIGURA 6 Variações do teor de água do café (%bu) submetido à secagem contínua até 11% e submetido ao período de repouso de 12 dias.

Observa-se que, para todas as repetições e em todos os tratamentos as variações no teor de água antes do período de repouso são bastante semelhantes, mostrando-se sobrepostas pela sua similaridade.

Após o período de repouso, observa-se um menor teor de água do café em relação ao teor de água que possuíam no momento da interrupção da secagem, evidenciando que o processo de secagem prossegue durante o período de repouso.

É possível observar também, nessas curvas, que na primeira hora de secagem após o repouso a declividade da curva é mais acentuada, sinalizando uma maior variação do teor de água em um determinado período de tempo; com o passar do tempo e com o prosseguimento da secagem, a declividade da curva diminui tendendo a uma reta. Essa situação será melhor visualizada e discutida com as curvas da taxa de redução de água.

As taxas de redução de água durante a secagem para os diferentes períodos de repouso e teores de água quando a secagem foi interrompida, são apresentadas nas Figuras 7, 8 e 9. Essas curvas representam a variação do teor de água em um determinado período de tempo e foi expressa em kg de água/ kg de café/ hora.

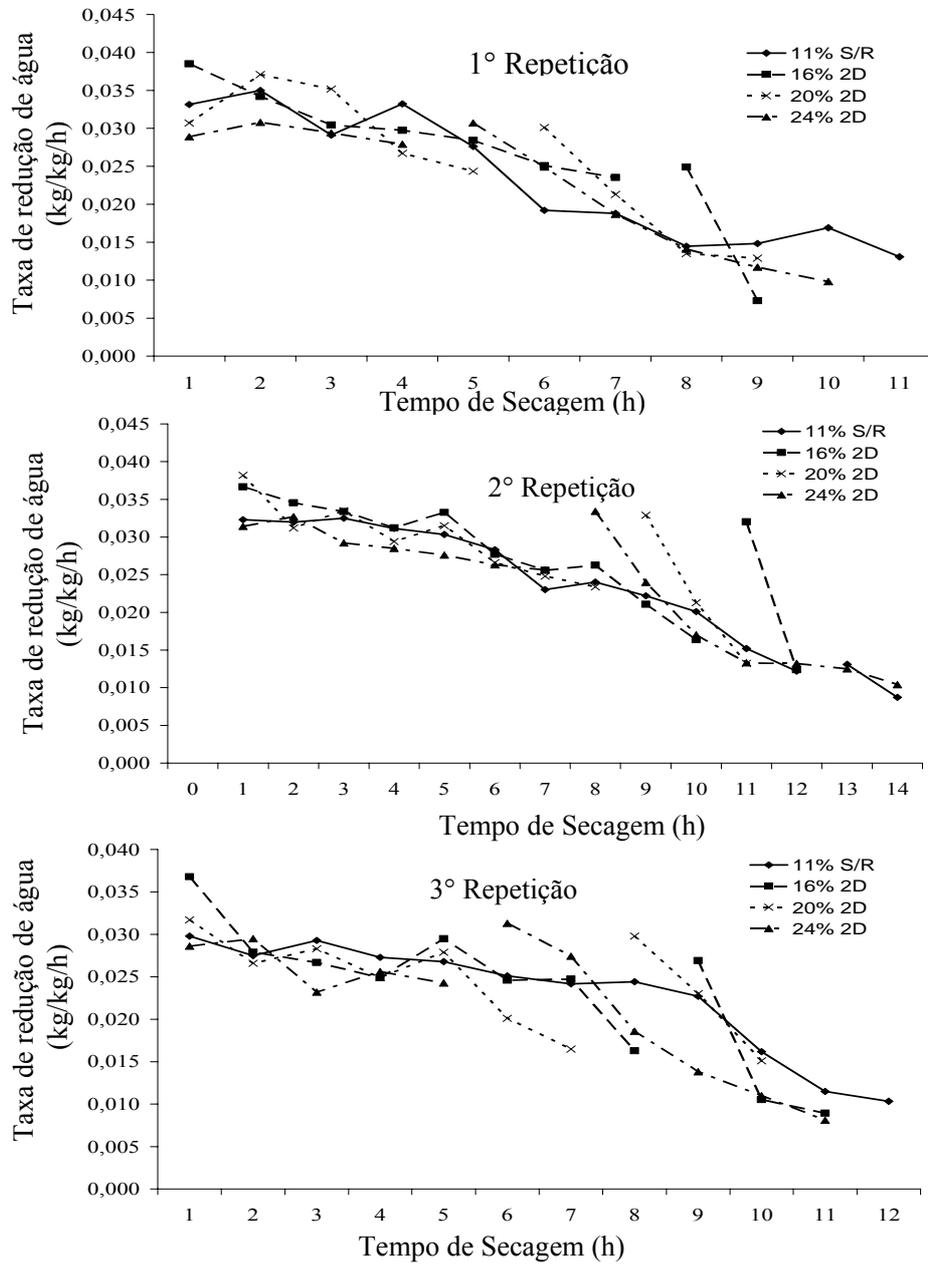


FIGURA 7 Taxa de redução de água do café (%bu) submetido à secagem contínua até 11% e submetido ao período de repouso de 2 dias.

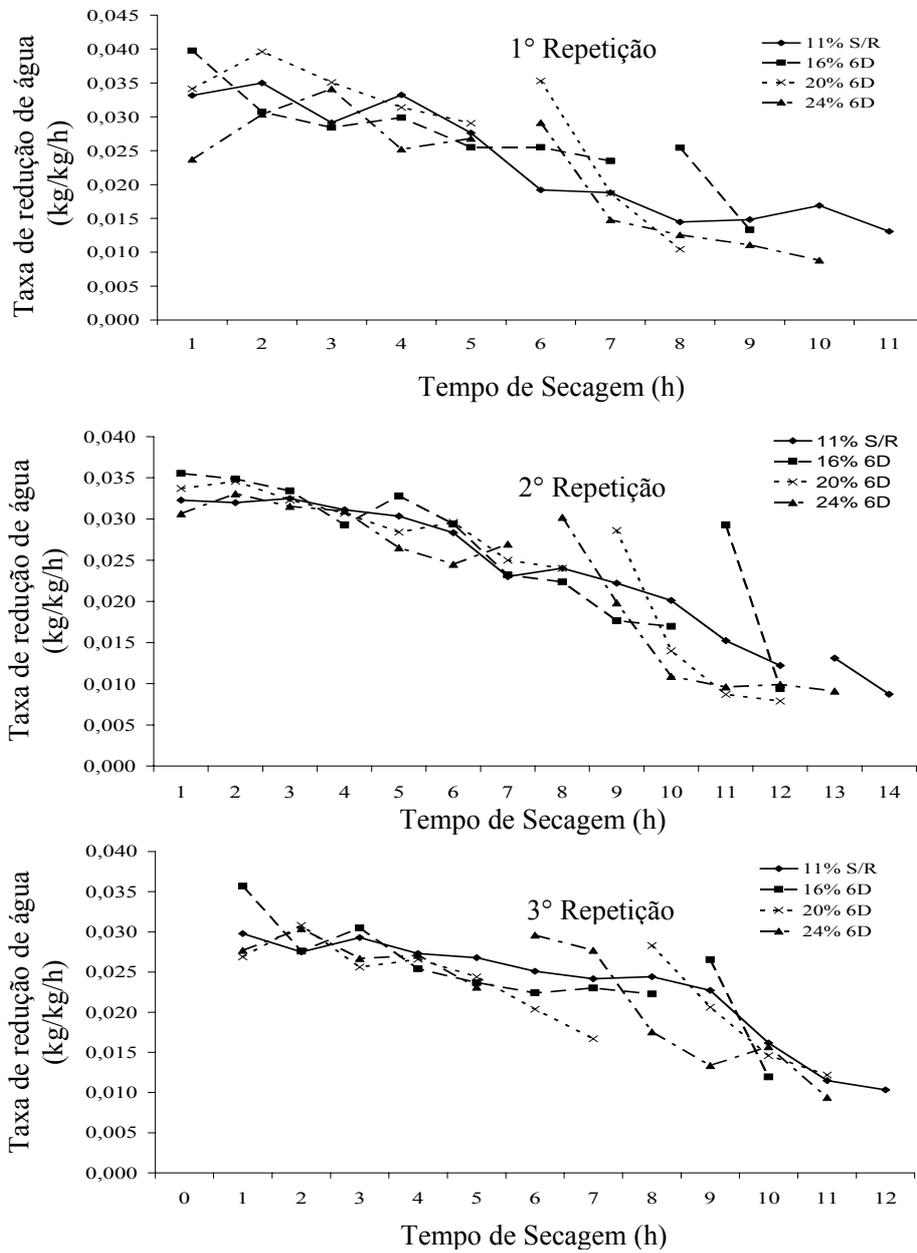


FIGURA 8 Taxa de redução de água do café (%bu) submetido à secagem contínua até 11% e submetido ao período de repouso de 6 dias.

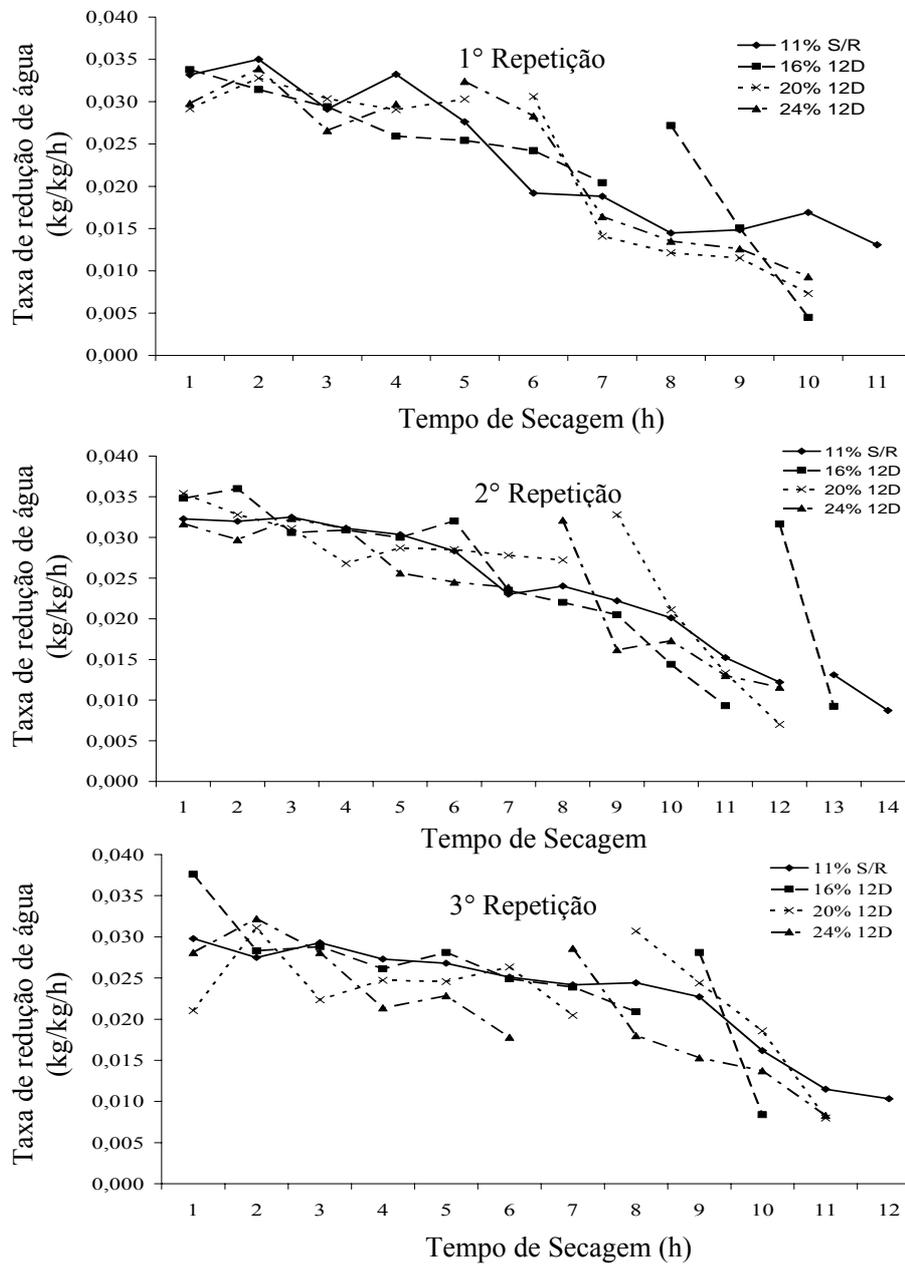


FIGURA 9 Taxa de redução de água do café (%bu) submetido à secagem contínua até 11% e submetido ao período de repouso de 12 dias.

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com aqueles encontrados por Vieira & Vilela (1995) e Guida et al. (1996), que estudando a secagem contínua e a secagem intermitente, intercalando duas horas de secagem com duas horas de descanso e quatro horas de secagem com quatro horas de descanso, verificaram que o período de descanso não reduziu o tempo total de secagem.

Porém a metodologia usada por esses autores é diferente daquela usada no presente trabalho, onde a secagem foi interrompida com teores de água de 16%, 20% ou 24% (bu), permaneceu em repouso por 2, 6 ou 12 dias e em seguida retomou-se a secagem até o café alcançar o teor de água de 11% (bu). Nos trabalhos citados anteriormente, o café foi submetido a vários períodos curtos de exposição ao ar aquecido intercalados com períodos curtos de repouso.

No entanto, Cordeiro et al. (1983) e Rigitano (1964) observaram redução do tempo de secagem quando o café foi submetido ao parcelamento da secagem, intercalando períodos de exposição ao ar de secagem com períodos de repouso.

Rigitano (1964), estudou a secagem intermitente de café cereja descascado com teor de água inicial médio de 55% bu e café natural com teor de água médio inicial de 70% bu, utilizando temperaturas de 45, 60 e 75°C. O café foi submetido a períodos de exposição ao ar de secagem de 1 hora ou 30 minutos, intercalados com períodos de repouso de 1, 2, 3 ou 4 horas. O autor observou redução no tempo total de secagem quando realizou o parcelamento da secagem e essa redução foi tanto maior quanto maiores foram os tempos de repouso indicando que esse processo foi mais vantajoso quando se empregou temperaturas menores. Esse autor relata redução de até 50% do tempo de secagem quando se empregou temperatura de 45°C, na secagem de café natural.

Cordeiro et al. (1983) estudou a secagem em camada fixa durante 9, 7 e 4 horas com períodos de repouso respectivamente de 0, 6 e 12 horas, com conclusão da secagem com aeração. O autor verificou que o período de repouso

de 12 horas foi o tratamento que apresentou melhores resultados na remoção extra de água e na redução do gradiente de umidade. Observa-se que o autor obteve os melhores resultados com o maior período de repouso, porém a conclusão da secagem foi realizada utilizando-se aeração com ar ambiente.

A técnica de secagem intermitente também tem sido relatada nos estudos de outros produtos agrícolas, com efeitos positivos na redução do tempo de secagem e qualidade final do produto (Iguaz et al., 2006; Li et al., 1999; Villela & Silva, 1992; Rosa, 1996).

Acredita-se que, a principal causa de não ter havido diferenças significativas no tempo total de secagem e taxa média de redução do teor de água, no presente trabalho, é a diferença da condição ambiental no período que precedeu o repouso e o período em que a secagem foi concluída. Para alguns tratamentos, a umidade relativa média no período em que foi realizada a conclusão da secagem permaneceu acima de 80%, enquanto no período em que o café foi secado continuamente até 11%, a maior umidade relativa média ocorreu no período de secagem da primeira repetição e foi de 52,1%, conforme dados apresentados na Tabela 2.

Outra possível causa da não-redução do tempo total de secagem foi o rápido resfriamento da massa de grãos durante o repouso. Por causa do pouco volume de café utilizado para cada repetição dos tratamentos, essa massa entrou rapidamente em equilíbrio térmico com o ambiente. Observa-se, na Tabela 4, que a temperatura média diária durante o período de repouso para todos os tratamentos variou entre 16,4 e 20°C. Portanto, a massa de café saía do secador com temperatura em torno de 40°C, mas rapidamente era resfriada a uma temperatura entre 16,4 e 20°C e, como consequência o processo de secagem era interrompido. É importante ressaltar que esse fenômeno ocorreu para as condições desse experimento. Em escala real, o resfriamento será mais lento e o processo de secagem terá continuidade por maior tempo, durante o repouso, pela

ação da energia contida no grão na forma de calor.

Outro fator que exerceu influência no tempo total de secagem foi o fato de que, na retomada da secagem após o repouso, o secador e o café estavam frios, portanto uma grande parte da energia fornecida pelo ar de secagem no momento da retomada da secagem era utilizada para aquecer tanto o secador quanto os grãos, e só após esse aquecimento toda energia fornecida pelo ar aquecido era utilizada para a evaporação da água contida no grão.

Observa-se nas Figuras 7, 8 e 9 que as maiores taxas de redução de água ocorreram no início da secagem e na retomada da secagem, independente do período de repouso e do teor de água em que a secagem foi interrompida. Isso se deve ao fato de que, no início da secagem, a taxa de deslocamento interna de água para a superfície do produto era elevada em razão do alto teor de água contido no grão. Porém, nas condições operacionais de secagem, as resistências às transferências de água encontram-se essencialmente no seu interior tornando a taxa de evaporação superficial acentuadamente superior à taxa de reposição de água do interior para a superfície. Assim, conforme o grão vai perdendo água, a taxa de transporte interno torna-se menor que a evaporação superficial, reduzindo a taxa de secagem e causando como consequência o aquecimento da massa de grãos (Kreyger, 1973; Brooker et al., 1974; Lasseran, 1978; Hall, 1980; Foust et al., 1982).

O período de repouso permite que ocorra o transporte da água do interior para a periferia dos grãos durante o repouso permitindo, com isso, que a taxa de remoção de água dos grãos aumente evitando o aquecimento da massa e surgimento de trincas nos grãos. Embora não tenha havido diferenças significativas no tempo total de secagem e na taxa média de redução do teor de água nesse experimento, é possível observar nas Figuras 7, 8 e 9 um aumento da taxa de redução de água na retomada da secagem, após o período de repouso, pela migração de água do centro para a periferia e uniformização do teor de água

do grão. Portanto, acredita-se que, se a retomada da secagem tivesse ocorrido em condições ambientais idênticas as da secagem contínua, teriam sido observadas diferenças significativas tanto na taxa média de redução de água, quanto no tempo total de secagem.

4.3 Avaliação da qualidade do café

A avaliação da qualidade do café foi realizada em amostras contendo todos os defeitos e em amostras sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado, com exceção da análise sensorial onde foram analisadas apenas amostras sem defeitos. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de avaliar a interferência dos defeitos nos resultados, considerando que os mesmos não são potencialmente formados durante os processos de secagem. Ao contrário, os defeitos ardidos foram mantidos, uma vez que possíveis fermentações poderiam ocorrer durante a secagem e repouso do café úmido.

Os resultados das análises do café com todos os defeitos apresentaram uma grande variabilidade quando comparados com os resultados das análises do café sem os defeitos verde, preto, brocado e quebrado. No entanto, essa variabilidade não é causada em função dos tratamentos e sim pela presença de defeitos formados no campo. Com isso, os resultados das análises com defeitos serão apresentados em conjunto com os resultados das análises sem defeitos, através de diagramas de caixas ou gráficos “Box plot”, com a finalidade de mostrar essa maior variabilidade dos valores das análises do café com defeitos.

Porém, as análises de variância e comparação das médias apresentadas referem-se somente às análises realizadas sem os defeitos pretos, verdes, brocados e quebrados, estando coerente com as amostras das análises sensoriais, onde serão avaliados apenas os efeitos dos tratamentos sobre a qualidade do café, sem a interferência desses defeitos formados no campo.

Para a apresentação dos gráficos “Box plot”, os tratamentos foram numerados de 1 a 10, conforme a Tabela 7.

TABELA 7 Identificação numérica dos tratamentos apresentados nos gráficos “Box plot”.

Número	Tratamento	
	T R (Dias)	TA (% bu)
1	0	11
2	2	16
3	2	20
4	2	24
5	6	16
6	6	20
7	6	24
8	12	16
9	12	20
10	12	24

TR: Tempo de repouso; TA: Teor de água do café quando a secagem foi interrompida.

4.3.1 Condutividade elétrica

A Figura 10, representa a variação dos dados referentes à condutividade elétrica das amostras de café sem e com defeito.

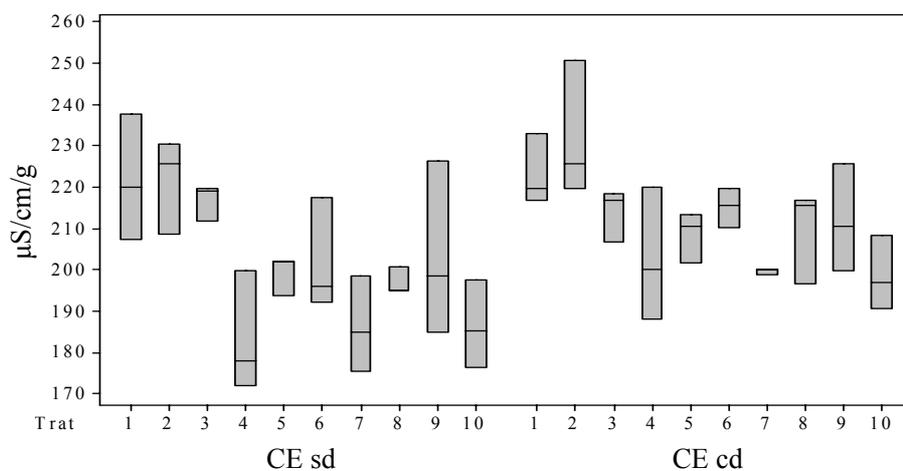


FIGURA 10 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados de condutividade elétrica do café com e sem defeito.

Observa-se na Figura 10 que os valores de condutividade elétrica das amostras com defeito foram maiores em relação aos valores das amostras sem defeito, com exceção dos tratamentos 1, 2 e 3 que apresentaram valores semelhantes. Esse fato justifica-se, pois, os grãos com defeitos já sofreram danos ao sistema de membranas, com isso liberam maiores quantidades de substâncias, tais como compostos orgânicos e inorgânicos, conforme relata Prete (1992).

Na Tabela 8, são apresentados os resultados da análise de condutividade elétrica do café em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.

TABELA 8 Condutividade elétrica do café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		CE sd	CE cd
TA (% bu)	PR (Dias)	($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)	($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)
11	0	221,71	223,30
16	2	221,68	232,12
20	2	216,96	214,08
24	2	183,36	202,75
16	6	199,38	208,69
20	6	201,93	215,22
24	6	186,34	199,74
16	12	197,07	209,82
20	12	203,37	212,07
24	12	186,50	198,70

TA: Teor de água quando a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; CE sd: Condutividade elétrica das amostras sem defeitos; CE cd: Condutividade elétrica das amostras com defeito.

Verificou-se, na análise de variância (Anexo 3A) que o teor de água em que a secagem foi interrompida teve efeito significativo na condutividade elétrica das amostras de café sem defeitos, porém o período de repouso não apresentou influência significativa.

O efeito do teor de água no momento da interrupção da secagem no resultado da análise de condutividade elétrica dos grãos de café sem defeitos é apresentado na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) do café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida.

Teor de água (% bu)	Cond. Elétrica
11	221,71a
20	207,42ab
16	206,04ab
24	185,40b

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Observa-se na Tabela 9 que somente o valor da condutividade elétrica para o tratamento em que a secagem foi interrompida no teor de água de 24%(bu) foi significativamente ($P<0,01$) menor que o valor da condutividade elétrica da amostra secada continuamente até 11% (bu).

O teste de condutividade elétrica é um indicador consistente da integridade de membranas celulares e os danos às membranas são um dos primeiros eventos que ocorrem quando acontece perda de qualidade dos grãos durante a secagem (Prete, 1992). Dessa forma, possivelmente, o café secado até 24% (bu), independentemente do período de repouso, sofreu menor degradação de suas membranas em relação à testemunha.

Uma explicação para isso, é que a partir de 24% (bu) o teor de água no interior dos grãos tende a ficar desuniforme, com o centro estando com maior teor de água e a periferia mais seca; com isso o grão é sujeito a tensões internas podendo causar trincas além da tendência de aquecimento da massa, pois o calor fornecido ao grão não é compensado pela evaporação de água. Com o repouso, a água contida no grão é redistribuída evitando os problemas citados anteriormente, conforme relatam (Villela & Peske, 2003; Sarker et al., 1996; Kunze, 1979; Rosa 1966).

4.3.2 Lixiviação de potássio

A Figura 11 representa a variação dos dados referentes à lixiviação de potássio das amostras de café sem e com defeito.

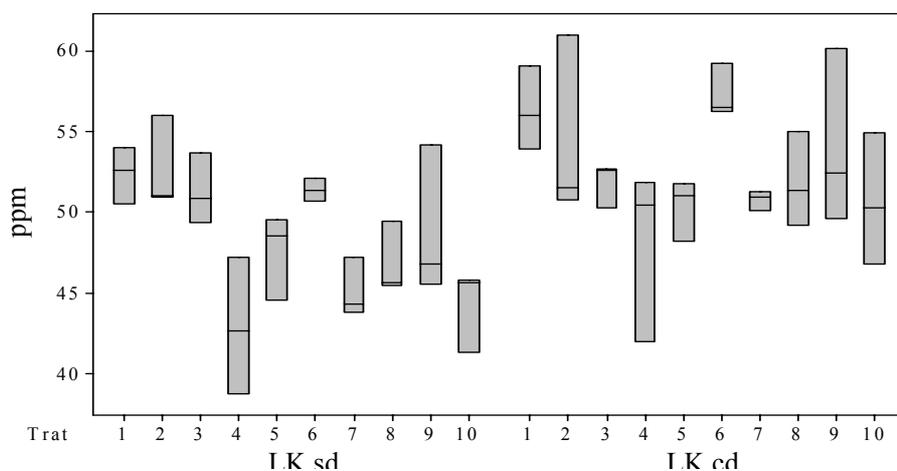


FIGURA 11 Gráfico “Box plot”, para comparação dos dados de lixiviação de potássio do café com e sem defeito.

Observa-se na Figura 11 que os valores de lixiviação de potássio das amostras com defeito foram maiores em relação aos valores das amostras sem defeito. Esse resultado confirma o resultado da análise de condutividade elétrica, ou seja, grãos com defeitos apresentam sistema de membranas mal estruturados e desorganizados, portanto lixiviam maiores quantidades de substâncias, destacando-se os íons de potássio, como aqueles lixiviados em maior quantidade (Prete, 1992).

Na Tabela 10, são apresentados os resultados da análise de lixiviação de potássio do café em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.

TABELA 10 Lixiviação de potássio do café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		LK sd	LK cd
TA (% bu)	PR (Dias)	(ppm)	(ppm)
11	0	52,40	56,36
16	2	52,68	54,45
20	2	51,29	51,87
24	2	42,90	48,11
16	6	47,55	50,34
20	6	51,38	57,30
24	6	45,15	50,80
16	12	46,87	51,87
20	12	48,86	54,08
24	12	44,28	50,71

TA: Teor de água quando a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; LK sd: Lixiviação de potássio das amostras sem defeitos; LK cd: Lixiviação de potássio das amostras com defeito.

Verificou-se na análise de variância (Anexo 4A) que somente o teor de água quando a secagem foi interrompida teve efeito significativo ($P < 0,01$) na lixiviação de potássio e o período de repouso não proporcionou diferenças significativas para essa análise.

Na Tabela 11, são apresentados os efeitos do teor de água no momento da interrupção da secagem na lixiviação de potássio dos grãos.

TABELA 11 Valores médios de lixiviação de potássio (ppm) do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida.

Teor de água (% bu)	Lixiviação de K
11	52,39a
20	50,51a
16	49,03ab
24	44,11b

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

O teste de lixiviação de potássio, assim como o de condutividade elétrica, avalia a integridade do sistema de membranas. Verifica-se na Tabela 11 que os resultados são semelhantes aos encontrados no teste de condutividade elétrica. Para esse teste, o tratamento em que a secagem foi interrompida com teor de água de 24% diferiu significativamente ($P < 0,05$) da testemunha e do tratamento em que a secagem foi interrompida com 20%. A menor lixiviação de íons de potássio e menor condutividade elétrica indicam maior integridade das membranas (Borém et al., 2006; Marques, 2006; Prete, 1992). Portanto, pode-se inferir que os tratamentos em que a secagem foi interrompida com 24% de teor de água tiveram efeito positivo na manutenção da integridade das membranas celulares do endosperma do café.

4.3.3 Açúcares totais, redutores e não-redutores

As Figuras 12, 13 e 14 representam a variação dos dados referentes ao teor de açúcares totais, redutores e não-redutores das amostras de café sem e com defeito.

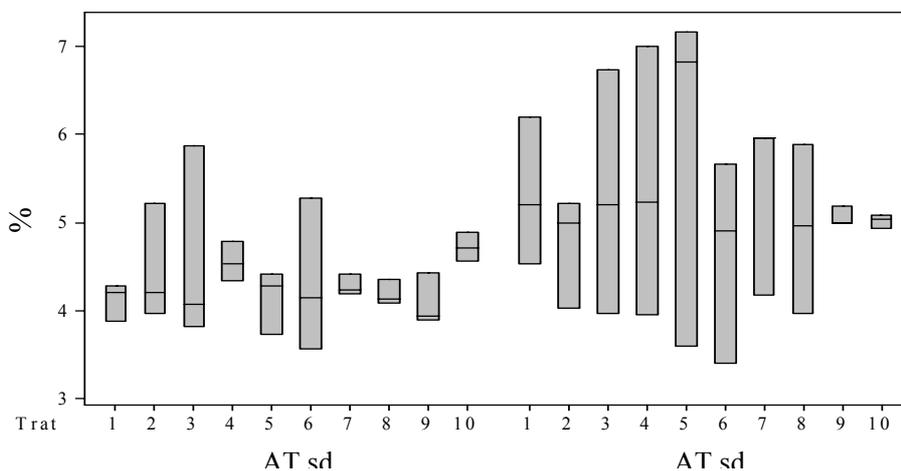


FIGURA 12 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados de açúcares totais do café com e sem defeito.

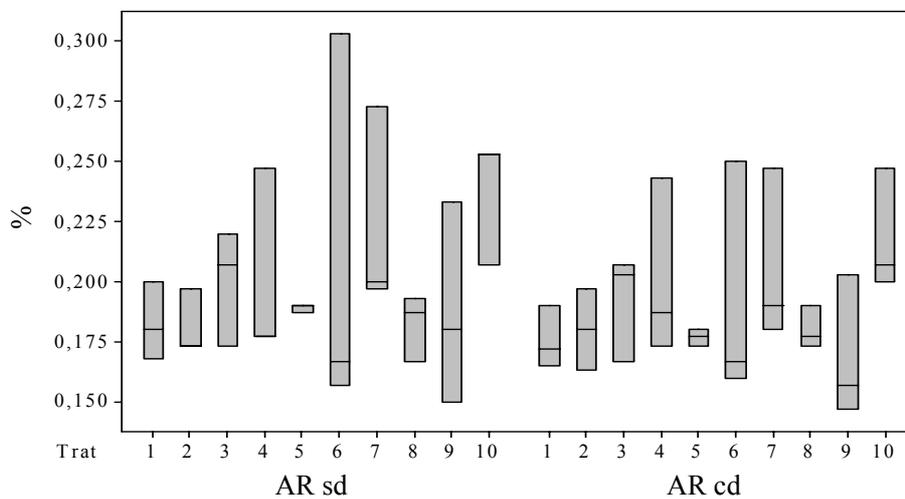


FIGURA 13 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados de açúcares redutores do café com e sem defeito.

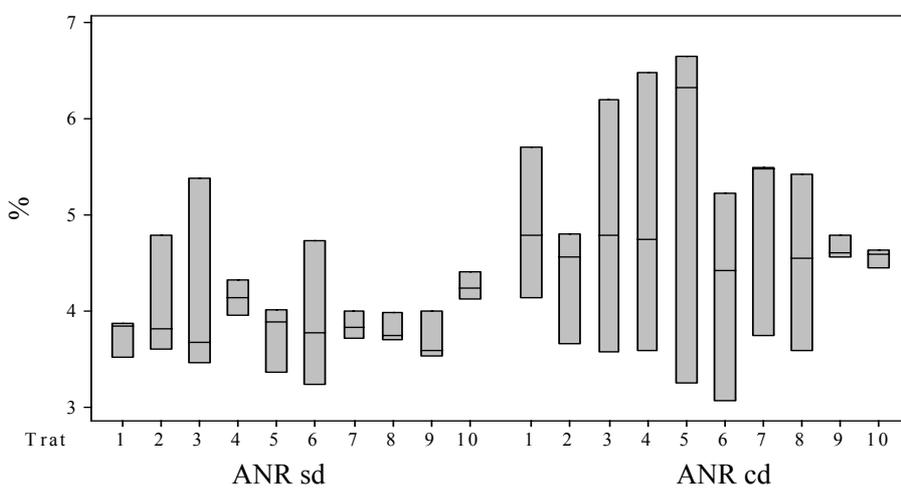


FIGURA 14 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados de açúcares não-redutores do café com e sem defeito.

Observa-se nas Figuras 12, e 14, que para açúcares totais e não-redutores houve grande variabilidade dos valores quando as análises foram realizadas sem a retirada dos defeitos. Já para os dados de açúcares redutores, apresentados na Figura 13, a variabilidade é semelhante e os valores também. Essa maior variabilidade explica-se, pois o número de defeitos influencia o teor de açúcares; dessa maneira, para avaliação dos tratamentos utilizaram-se somente os dados referentes às amostras sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados das análises de açúcares totais, redutores e não-redutores, em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período que o café permaneceu em repouso até a retomada da secagem.

TABELA 12 Açúcares totais, redutores e não redutores do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		AT sd	AT cd	AR sd	AR cd	ANR sd	ANR cd
TA (% bu)	PR (Dias)	%	%	%	%	%	%
11	0	3,885	5,312	0,182	0,176	3,745	4,879
16	2	4,466	4,750	0,181	0,180	4,071	4,342
20	2	4,592	5,300	0,200	0,192	4,172	4,852
24	2	4,555	5,394	0,200	0,201	4,137	4,934
16	6	4,146	5,867	0,189	0,177	3,759	5,406
20	6	4,326	4,656	0,209	0,192	3,911	4,240
24	6	4,278	5,371	0,223	0,206	3,852	4,907
16	12	4,194	4,939	0,182	0,180	3,811	4,521
20	12	4,088	5,064	0,188	0,169	3,706	4,651
24	12	4,722	5,018	0,238	0,218	4,260	4,560

TA: Teor de água em que a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; AT: Açúcares totais; AR: Açúcares redutores; ANR: Açúcares não redutores; sd: café sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado; cd: café com todos os defeitos.

Observou-se, na análise de variância (Anexos 5A, 6A e 7A), que tanto o teor de água do café no momento da interrupção da secagem, quanto o período que o café permaneceu em repouso até a retomada da secagem, não tiveram efeito significativo sobre os teores de açúcares totais, redutores e não-redutores.

Borém et al. (2006) e Marques (2006), observaram maiores valores de açúcares totais e açúcares não-redutores e menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, em amostras de cafés submetidas às menores taxas de redução de água. Segundo Leprince et al. (1993), menores taxas de secagem possibilitam maior acúmulo de açúcares nos grãos que podem estar relacionados com o desenvolvimento de mecanismos de proteção às membranas celulares. Nesse experimento não houve diferenças significativas na taxa de redução de água do café, portanto, é coerente o fato de não ter havido diferenças significativas também no teor de açúcares totais e não-redutores, embora tenham ocorrido diferenças significativas na lixiviação de potássio e condutividade elétrica.

Godinho et al. (1998) verificaram que frutos de café que sofreram fermentações apresentaram teores de açúcares redutores e não-redutores inferiores, por causa da utilização desses açúcares nos processos fermentativos. Com isso, infere-se que, no atual experimento, os grãos não sofreram fermentações indesejadas durante o período de repouso, nem mesmo aqueles em que a secagem foi interrompida com teor de água de 24% (bu), pois, não houve diferenças significativas nos teores de açúcares totais e não redutores.

4.3.4 Acidez titulável

A variação dos dados referentes às análises de acidez titulável total com e sem defeito são apresentadas na Figura 15.

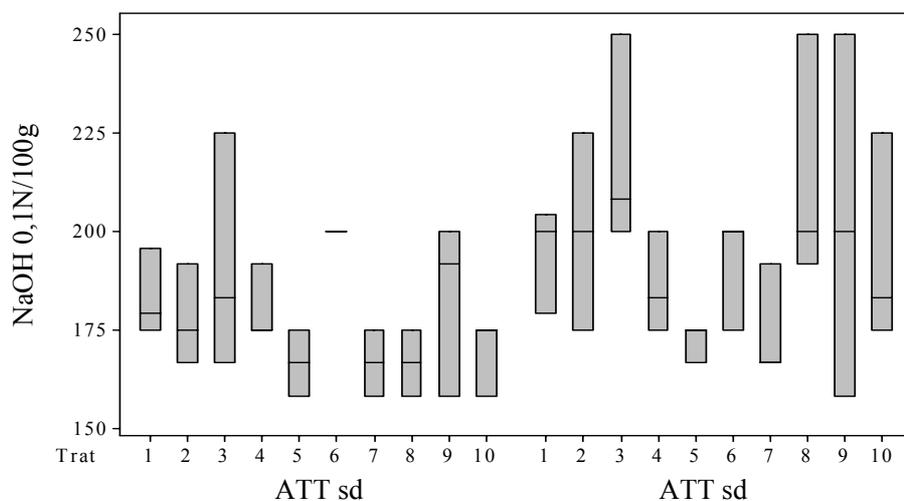


FIGURA 15 Gráfico “Box plot”, para comparação dos dados de acidez titulável do café com e sem defeito.

Verifica-se na Figura 15 que os valores de acidez titulável do café com defeito, na grande maioria apresentam maior variabilidade e são valores maiores em relação aos valores do café sem defeitos. Os maiores valores de acidez titulável das amostras contendo todos os defeitos, justifica-se pela presença de grãos que sofreram fermentações, como o defeito preto. No entanto, esse defeito é formado ainda no campo, e não reflete problemas causados na secagem. Por esse motivo, as análises químicas utilizadas para comparar os efeitos dos tratamentos foram realizadas sem a presença desses defeitos.

Na Tabela 13 são apresentados os resultados das análises de acidez titulável total, em função do teor de água que a secagem foi interrompida e o período que o café permaneceu em repouso.

TABELA 13 Resultados da análise de Acidez titulável total do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		ATTsd	ATT cd
TA (% bu)	PR (Dias)	(NaOH 0,1N/100g)	(NaOH 0,1N/100g)
11	0	183,333	194,444
16	2	177,778	200,000
20	2	191,667	219,444
24	2	180,556	186,111
16	6	166,667	172,222
20	6	200,000	191,667
24	6	166,667	175,000
16	12	166,667	213,889
20	12	183,333	202,778
24	12	169,444	194,444

TA: Teor de água em que a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; ATT: Acidez titulável total; sd: café sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado; cd: café com todos os defeitos.

Observou-se, na análise de variância (Anexo 8A), que o teor de água do café, no momento da interrupção da secagem, teve efeito significativo na acidez titulável total do café cereja desmucilado ($P < 0,01$). Já o período que o café permaneceu em repouso até a retomada da secagem não teve efeito significativo.

Os efeitos do teor de água no momento da interrupção da secagem, na acidez titulável dos grãos, estão apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 Valores médios de acidez titulável total (NaOH 0,1N/100g) do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida.

Teor de água (% bu)	ATT
20	191,67 ^a
24	172,22 ^{ab}
16	170,37 ^{ab}
11	155,56 ^b

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, para 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Observa-se, na Tabela 14, que os valores de acidez titulável total do café seco de forma contínua até o teor de água de 11% diferiram significativamente do café que teve a secagem interrompida com teor de água de 20% e concluída após o repouso, independentemente do período de repouso. A acidez tem sido um indicativo de qualidade do café, sendo um dos atributos da análise sensorial. No entanto, essa diferença não foi verificada na análise sensorial.

Verifica-se que o café levado ao repouso com teor de água de 24%(bu), não apresentou diferenças significativas em relação aos demais. Portanto, para as condições desse experimento, a qualidade do café não foi afetada por fermentações indesejadas quando esse foi armazenado com teor de água de 24% (bu) por até 12 dias.

4.3.5 Sólidos solúveis totais

No “Box plot” da Figura 16, são apresentados os valores mínimos e máximos de sólidos solúveis e suas variações.

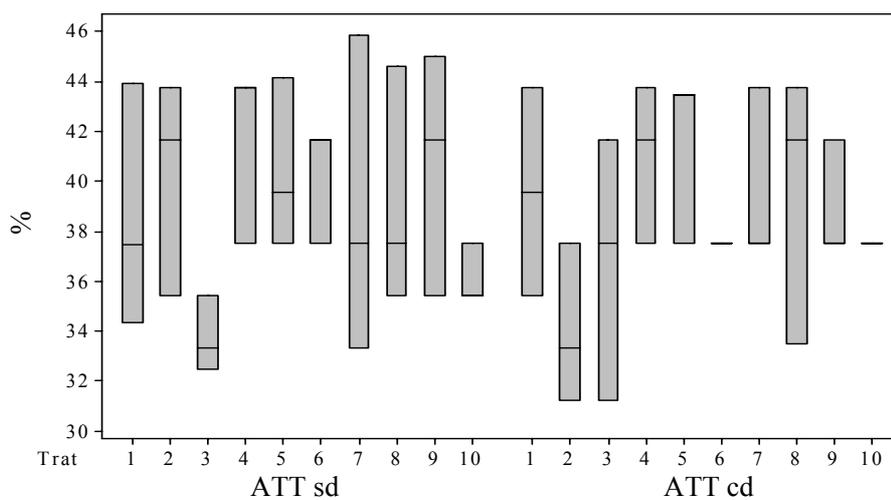


FIGURA 16 Gráfico “Box plot”, para comparação dos dados de sólidos solúveis do café com e sem defeito

Observa-se, na Figura 16, que a presença de defeitos não teve efeito nos valores e na variabilidade de sólidos solúveis.

Na Tabelas 15 são apresentados os resultados da análise de sólidos solúveis totais, em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

TABELA 15 Resultados da análise de sólidos solúveis totais do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		SS sd	SS cd
TA (% bu)	PR (Dias)	%	%
11	0	38,608	39,583
16	2	40,278	34,028
20	2	33,750	36,806
24	2	41,667	40,972
16	6	40,417	41,500
20	6	40,278	37,500
24	6	38,889	39,583
16	12	39,167	39,639
20	12	40,694	38,889
24	12	36,111	37,500

TA: Teor de água quando a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; SS: Sólidos solúveis totais; sd: café sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado; cd: café com todos os defeitos.

Observou-se, na análise de variância (Anexo 9A), que os tratamentos não apresentaram efeitos significativos sobre o teor de sólidos solúveis totais do café cereja desmucilado.

Os sólidos solúveis totais são substâncias que estão diretamente relacionadas com o corpo da bebida e são constituintes desejáveis em quantidades elevadas nos cafés.

Algumas diferenças no teor de sólidos solúveis têm sido relatadas em cafés submetidos a diferentes tipos de processamento. Pereira et al. (2003) observaram que o café natural apresentou maiores teores de sólidos solúveis quando comparado com cafés descascados, despulpados e desmucilados. No entanto, são raros os relatos sobre a influência da secagem sobre o teor de sólidos solúveis. Coradi (2006) observou menores teores de sólidos solúveis do café natural seco, com temperatura de 60°C, quando comparado com café seco com temperatura de 40°C e café seco em terreiro. Porém, o autor não encontrou

diferenças significativas quando utilizou as mesmas condições de secagem para o café despolpado.

Lopes (2000), estudando sólidos solúveis em café, observou diferenças significativas apenas no café torrado.

4.3.6 Polifenóis

No gráfico “Box plot”, da Figura 17, são apresentados os valores mínimos e máximos de polifenóis e suas variações.

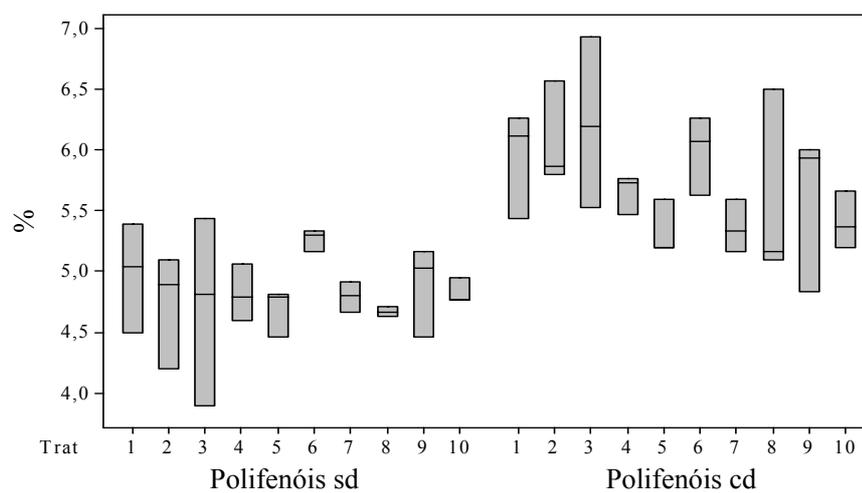


FIGURA 17 Gráfico “Box plot”, para comparação dos dados de polifenóis do café com e sem defeito.

Observa-se, na Figura 17, que os valores de polifenóis do café com todos os defeitos apresentam-se sempre maiores em relação aos valores do café sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado. Isso se explica em razão da presença do defeito verde, que contém elevados teores desses compostos. Segundo Santos (2005), a contaminação microbiana e o número de defeitos também podem aumentar os teores desses compostos.

Na Tabela 16 são apresentados os resultados da análise de polifenóis totais do café em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

TABELA 16 Resultados da análise de polifenóis totais do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		FEN sd	FEN cd
TA (% bu)	PR (Dias)	(%)	(%)
11	0	4,978	5,939
16	2	4,732	6,078
20	2	4,713	6,222
24	2	4,819	5,656
16	6	4,693	5,333
20	6	5,267	5,991
24	6	4,796	5,367
16	12	4,673	5,589
20	12	4,889	5,589
24	12	4,829	5,411

TA: Teor de água quando a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; SS: Polifenóis totais; sd: café sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado; cd: café com todos os defeitos.

Observou-se na análise de variância (Anexo 10A) que os tratamentos não apresentaram efeitos significativos sobre o teor de polifenóis do café cereja desmucilado.

Os compostos fenólicos no café são de grande relevância por sua contribuição para o sabor e aroma da bebida, sendo esses os responsáveis pela adstringência da bebida. Através dos resultados desse trabalho verifica-se que o teor desses compostos é fortemente influenciado pela presença de defeitos, especialmente o defeito verde, porém não foi afetado pelo processo de secagem.

É importante ressaltar que os resultados apresentados nesse trabalho referem-se às análises de polifenóis totais. Portanto, sugere-se que, em trabalhos futuros, sejam realizadas análises de isômeros de ácidos clorogênicos (CGA), que são os principais compostos fenólicos encontrados no café.

4.3.7 Análise da cor

As Figuras 18, 19 e 20 apresentam as variações e os valores máximos e mínimos das coordenadas (L), (a) e (b) da análise de cor dos grãos de café desmucilado.

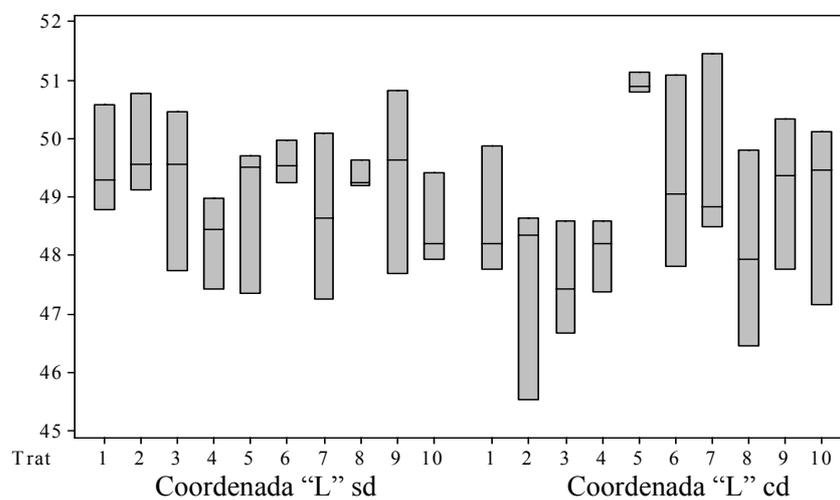


FIGURA 18 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados da coordenada “L” da análise de cor do café com e sem defeito.

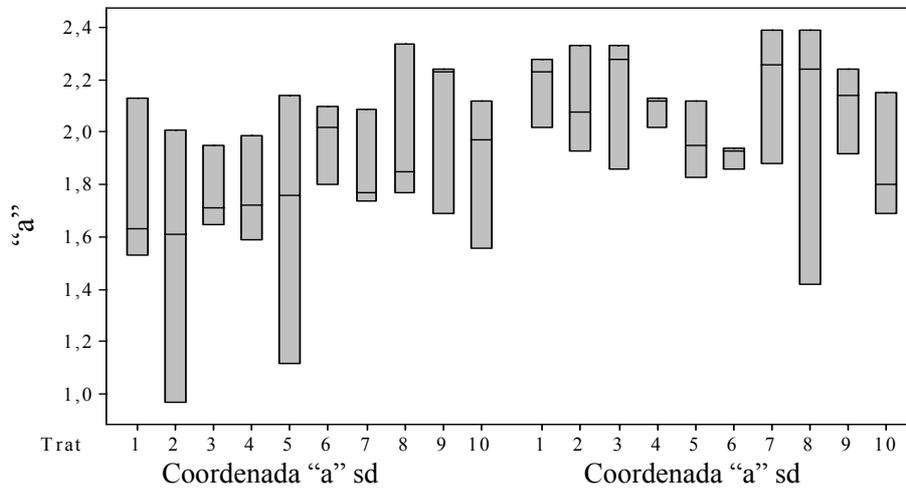


FIGURA 19 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados da coordenada “a” da análise de cor do café com e sem defeito.

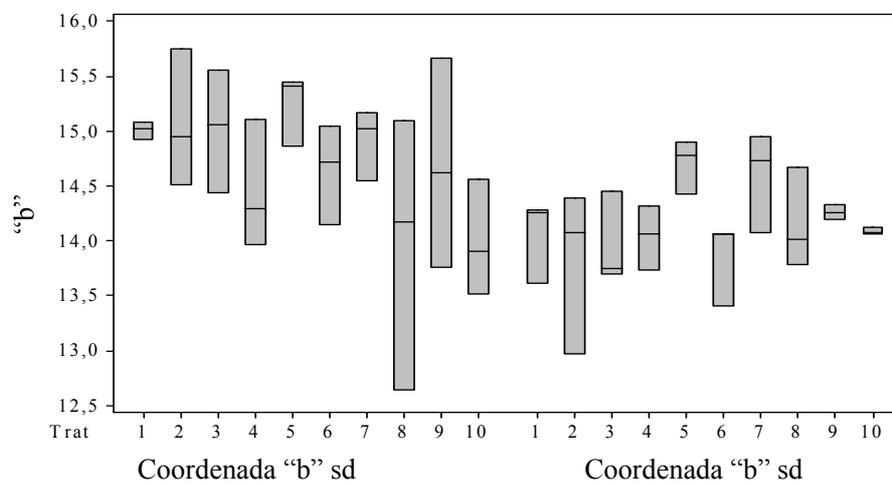


FIGURA 20 Gráfico “Box plot” para comparação dos dados da coordenada “b” da análise de cor do café com e sem defeito.

A coordenada “L”, associada à luminância do grão, indica maior ou menor branqueamento dos grãos, sua escala varia de 0 (preto) a 100 (branco). Observa-se na Figura 18, que os valores dos tratamentos 1, 2 e 3 com defeitos apresentam valores menores em relação aos demais tratamentos. Uma provável explicação para esse fato é a presença de grãos pretos nessas amostras.

Na Figura 19, observa-se a redução dos valores da coordenada cromática “a” , diminuído a aproximação da coloração indesejável vermelho e aproximando da coloração desejável verde, nas amostras de grãos sem defeitos.

Na Figura 20, observa-se a redução dos valores da coordenada cromática “b” , nas amostras com defeitos, isso indica a aproximação da coloração azul e afastamento da coloração amarela. Entretanto, na literatura encontram-se relatos que associam a coloração azulada a cafés de melhor qualidade em relação àqueles com coloração amarela (Correa et al., 2002).

Na Tabela 17 são apresentados os resultados das coordenadas “L”, “a” e “b” da análise de cor do café em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

TABELA 17 Resultados da análise de cor do café cereja desmucilado em função do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Tratamento		"L" sd	"L" cd	"a" sd	"a" cd	"b" sd	"b" cd
TA (% bu)	PR (Dias)						
11	0	49,571	48,620	1,762	2,174	15,007	14,048
16	2	49,829	47,503	1,533	2,113	15,069	13,811
20	2	49,261	47,561	1,772	2,153	15,019	13,966
24	2	48,283	48,060	1,763	2,091	14,451	14,044
16	6	48,866	50,953	1,674	1,966	15,239	14,697
20	6	49,592	49,326	1,973	1,909	14,635	13,845
24	6	48,665	49,604	1,866	2,179	14,912	14,588
16	12	49,367	48,071	1,986	2,017	13,966	14,152
20	12	49,392	49,162	2,053	2,102	14,681	14,257
24	12	48,530	48,927	1,883	1,880	13,997	14,087

TA: Teor de água quando a secagem foi interrompida; PR: Período de repouso; "L": Coordenada L; "a": Coordenada a; "b": Coordenada b sd: café sem os defeitos preto, verde, brocado e quebrado; cd: café com todos os defeitos.

Observou-se na análise de variância (Anexos 11A, 12A e 13A) que os tratamentos não apresentaram efeitos significativos sobre a cor do café cereja desmucilado.

Segundo Amorim et al. (1976), a coloração do grão de café, geralmente está relacionada com a qualidade da bebida, e é um fator importante na valorização do produto.

Alterações na cor indicam processos oxidativos e transformações bioquímicas de natureza enzimática, que irão influenciar negativamente o sabor e aroma da bebida (Borém 2008).

Vários fatores podem contribuir para que ocorram alterações na cor do café, entre esses fatores estão as condições de secagem e armazenamento.

Para as condições desse experimento, foi possível armazenar o café, com teor de água até 24% por até 12 dias, sem que houvesse alterações em sua cor.

Esses resultados mostraram-se coerentes com as análises químicas e sensoriais que não indicaram perda de qualidade do café durante o repouso.

4.3.8 Análise Sensorial

Na Tabela 18 estão apresentadas as médias de cada atributo da análise sensorial e a média da nota total de cada tratamento.

TABELA 18 Médias dos atributos e média total da análise sensorial das notas por tratamento

Trat	BL	Doc.	Acid.	Corp.	Sab.	GR.	Bal.	Ger.	Tot.
11% S/R	5,67	5,00	5,33	5,56	5,56	5,89	5,11	5,67	79,78
16% 2D	6,00	5,00	5,67	5,78	5,33	5,89	5,56	5,78	81,00
20% 2D	6,00	5,00	5,56	5,56	5,44	6,00	5,44	5,44	80,44
24% 2D	5,33	5,33	5,78	6,00	6,00	5,67	5,33	5,44	80,89
16% 6D	5,78	5,33	5,89	6,00	5,56	5,78	5,33	5,44	81,11
20%6D	5,44	5,00	5,78	5,78	5,44	6,00	4,89	5,56	79,89
24% 6D	5,78	5,00	5,00	5,56	5,33	6,00	5,44	5,67	79,78
16% 12D	6,00	5,11	5,33	5,78	5,33	5,78	5,33	5,67	80,33
20% 12D	5,89	5,11	5,78	5,56	5,33	5,89	5,56	5,56	80,67
24%12 D	5,89	5,00	5,22	5,56	5,22	6,00	5,22	5,67	79,78

BL: Bebida Limpa; Doc.: Doçura; Acid.: Acidez; Corp.: Corpo; Sab.: Sabor; GR: Gosto Remanescente; Bal.: Balanço; Ger.: Geral; Tot.: Total.

Para os dados de análise sensorial fez-se uso da análise estatística multivariada. Na Tabela 19, estão apresentados os resultados dos critérios multivariados para análise estatística do efeito do teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

TABELA 19 Critérios multivariados para análise estatística das fontes de variação teor de água quando a secagem foi interrompida e o período de repouso.

Critério Estatístico	Aproximação do Teste F	GL Num	GL Den	Pr>Fc
Wilks'	1,012	72	74	0,479 ^{n.s}
Lawley-Hotelling	1,015	72	74	0,474 ^{n.s}
Pillai's	0,983	72	144	0,523 ^{n.s}

* Significativo; ^{n.s} Não-significativo

Observa-se na Tabela 19 que, para os 3 critérios estatísticos para análise multivariada, não houve efeitos significativos dos tratamentos, na análise sensorial da bebida.

No entanto, os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Esses testes são bastante sensíveis, sendo capazes de detectar eventos iniciais relacionados à redução da qualidade do café. Entretanto, dada a sua sensibilidade, eventualmente os efeitos negativos dos tratamentos estudados poderão não ser observados em análises sensoriais realizadas logo após a secagem. Esses danos, se latentes, poderão expressar-se negativamente na qualidade, após o armazenamento.

Na Tabela 21 (Análise de clusters) e na Figura 20 (Dendograma), os tratamentos são identificados por números de 1 a 10, conforme a Tabela 20.

TABELA 20 Identificação numérica dos tratamentos

Número	Tratamento	
	T R (Dias)	TA (% bu)
1	0	11
2	2	16
3	2	20
4	2	24
5	6	16
6	6	20
7	6	24
8	12	16
9	12	20
10	12	24

TR: Tempo de repouso; TA: Teor de água do café quando a secagem foi interrompida.

A Tabela 21 apresenta a análise de clusters dos tratamentos, onde os tratamentos grupos 2 ao 10 e a testemunha grupo 1 são agrupados de acordo com o grau de similaridade.

TABELA 21 Análise de clusters por atributo da análise sensorial da bebida.

Passo	Nível de Similar.(%)	Tratamentos Agrupados	Novo Grupo	Nº Obs. por grupo
1	73,2723	3 9	3	2
2	71,9728	2 3	2	3
3	66,1885	2 8	2	4
4	59,4728	2 7	2	5
5	59,4696	1 2	1	6
6	52,9400	1 6	1	7
7	52,1900	1 5	1	8
8	50,7203	1 4	1	9
9	47,2714	1 10	1	10

A Figura 20 apresenta o dendograma relativo à similaridade dos tratamentos, segundo os atributos da análise sensorial.

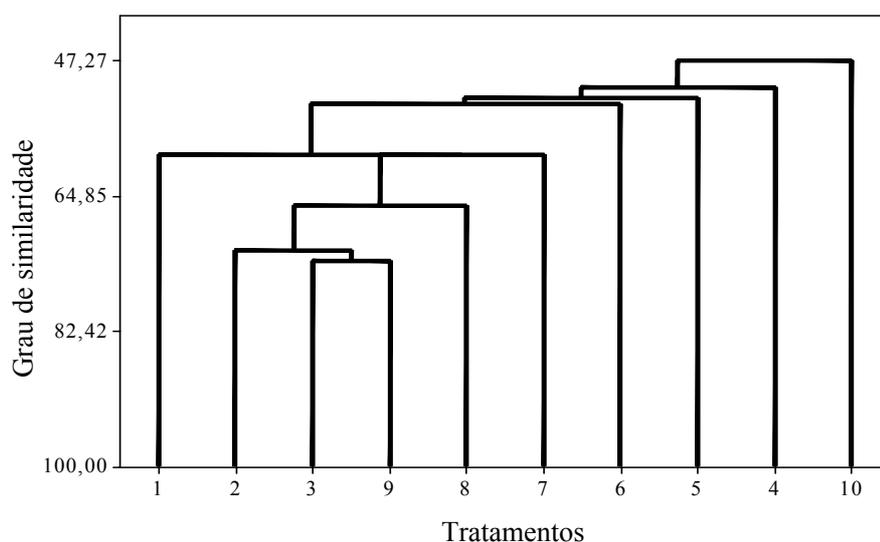


FIGURA 20 Dendograma obtido da análise de agrupamento hierárquico utilizando os 8 atributos da análise sensorial do café.

Observa-se, na Figura 20, que as maiores similaridades são encontradas entre os tratamentos 20% 2D, 20% 12D, 16% 2D, 16% 12D, esses tratamentos apresentam nível de similaridade de 66%. A partir do dendograma verifica-se também que os tratamentos 24% 2D e 24% 12 D foram os tratamentos que apresentaram menor nível de similaridade com os demais.

Por fim, observa-se que todos os tratamentos apresentaram nível de similaridade acima de 47%.

Para as condições em que esse experimento foi realizado, observou-se que não houve redução no tempo de secagem. Porém houve um indicativo de ganho na qualidade final do café, através dos testes de lixiviação de potássio, quando a secagem foi interrompida com teor de água de 24%, como citado

anteriormente. Portanto, em trabalhos futuros aconselha-se que o café seja submetido ao parcelamento da secagem e em seguida seja submetido a períodos de armazenamento, pois danos latentes identificados através das análises de lixiviação de potássio e condutividade elétrica poderão expressar-se negativamente em análises químicas e sensoriais após o armazenamento.

Sugere-se que novos trabalhos avaliando tempos de repouso e teor de água do café no início do repouso, devam ser realizados. Porém, acredita-se que o café deverá ser armazenado durante o repouso em condições mais próximas possíveis de situações reais, ou seja, em condições tais, que o resfriamento seja lento. Com isso haverá maior redução do teor de água durante o repouso, pois a energia contida no grão permite que o processo de secagem tenha continuidade durante o repouso e, como consequência serão observados resultados na redução do tempo de secagem. Além disso a temperatura e umidade relativa do ar de secagem deverão ser controladas através de condicionadores de ar, para se evitar variações bruscas dessas variáveis antes e após o período de repouso.

Por fim, ressalta-se que nenhuma análise química, física e sensorial indicou depreciação na qualidade do café quando esse permaneceu armazenado com teor de água de até 24% (bu), por até 12 dias. Entretanto, esses resultados foram obtidos nas condições específicas desse experimento, sendo necessário estudos futuros em escalas reais.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições em que esse trabalho foi realizado permitiram concluir que:

- O tempo de secagem e a taxa média de redução de água não foram afetados pelo período de repouso e teor de água quando a secagem foi interrompida;
- O tempo de repouso e o teor de água, no início do repouso, não causaram alterações na cor do café;
- A análise sensorial não foi afetada pelo período de repouso e teor de água quando a secagem foi interrompida;
- Os cafés, que tiveram a secagem interrompida com teor de água de 24% (bu) para posterior secagem até 11% (bu), apresentaram menor lixiviação de potássio e condutividade elétrica, independente do período de repouso;
- As análises de açúcares totais, redutores e não-redutores, sólidos solúveis totais e polifenóis totais não foram afetadas pelo período de repouso e teor de água quando a secagem foi interrompida.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento.** 2001. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central /America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangladore. **Resumes...** Bangladore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM

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

AMORIM, H. V.; CRUZ, A. R.; DIAS, R. M.; BASSO, L. C.; COSTA, J. D.; OLIVEIRA, A. J.; TEIXEIRA, A. A. Relação entre a coloração do grão e da película prateada do café e a presença de enzimas oxidativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1976. p. 133-135.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ Safra 2007/2008. Disponível em: <[http:// www.abic.com.br](http://www.abic.com.br)>. Acesso em: 10 out. 2007.

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

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTIN, S. R. de T. **Conservação de Grãos.** Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236 p.

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.

BGAZO, J. C. E. O. **Colheita e processamento do café.** Viçosa, MG: UFV, 1979. 19 p. (Boletim de Extensão).

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café.** Lavras: UFLA, 2008. v. 1, p. 631.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, D. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; ROSA, S. D. V. F.; MORIAS, A. R. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1. n. 1, p. 55-63, abr./jun. 2006.

BORÉM, F. M. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Pós-colheita do café, Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 103 p. (Textos Acadêmicos).

BORÉM, F. M. **Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.), híbrido AG – 303**. 1992. 50 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRANDO, C. H. J. Harvesting and green coffee processing. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). **Coffee: growing, processing, sustainable production**. Weimnheim: Wiley-VCH Verlag GmbH e Co., 2004

BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 11 de Junho de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29.

BRESSANI, R. Subproductos del fruto de café. In: BRAHAM, J. E.; BRESSANI, R. **Pulpa de café: composición, tecnología y utilización**. Bogotá: CIID, 1978. p. 9-17.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEM A, F. W.; HALL,C. W. **Drying cereal grains**. Westport: The AVI Publishing Company, 1974. 265p.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, Jul. 1985.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BORTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.3, p. 449-445, Mar. 1994.

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

CASTRO, L. H. **Efeito do despulpamento, em secador de leito fixo sob alta temperatura, no consumo específico de energia e na qualidade do café (*Coffea arabica* L.).** 1991. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grain and their products.** St. Paul: AACC, 1974. p. 158-192.

CLIFFORD, M. N. Chorogenic acids and other cinnamates nature, occurrence and dietary burden. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 3, p. 363-372, Mar. 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2007/2008: . Disponível em : <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2007.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; SAATH, R.; MARQUES, E. R. Effect of drying and storage conditions on the quality of natural and washed coffee. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 38-47, jan/jun. 2007.

CORADI, P. C. **Alterações na qualidade do café cerejeja natural e despulpado submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento.** 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CORDEIRO, J. A. B.; SILVA, J. S.; DALPASQUALE, V. A.; COELHO, T. C. Influência da temperatura e tempo de repouso na secagem de café (*coffea arabica* L.) em camada fixa. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 8, p. 18-21, 1983.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; PINTO, F. A. C.; OLIVEIRA, T. T. Efeito da temperatura de secagem na cor dos grãos de café pré-processado por “via seca” e “via úmida”. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 5, p. 22-27, 2002. Edição Especial - Café.

CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 134-142, jan./fev. 2001.

COSTE, R. **Caféiers et cafés: techniques agricoles et productions tropicales** Paris : Maisonneuve et Larose, 1989. 373 p.

FAVARIN, J. L.; VILLELA, A. L. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; DOURADO NETO, D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 187-192, fev. 2004.

FARAH, A.; MONTEIRO, M.C.; CALADO, V.; FRANCA, A.S.; TRUGO, L.C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FARAH, A.; de PAULIS, T.; TRUGO, L. C.; MARTIN, P. R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 53, n. 5, p. 1505-1513, Mar. 2005.

FARAH, A. **Distribuição nos grãos, importância na qualidade da bebida e biodisponibilidade dos ácidos clorogênicos do café**. 2004. 92 p. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA UFSCar, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. 670 p.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; MENDONÇA, J. C. F.; SILVA, X. A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, n. 1-2, p. 89-94, Mar./Apr. 2005.

GIRANDA, R. N. **Aspectos qualitativos de cafés (*coffea arabica* L.) submetidos a diferentes processos de secagem.** 1998. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GODINHO, R. P.; VILELA, E. R.; OLIVEIRA, G.A. Deterioração pós-colheita do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: MARA/PROCAFÉ, 1998. p. 128-129.

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

GUIDA, V. F. A. A.; VILELA, E. R. Influência do fluxo de ar e do período de descanso na secagem do café (*coffea arabica* L.) despulpado em secador experimental de camada fixa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n.2, p. 232-237, Jun., 1996.

GUNASEKARAN, S.; DESHPANDE, S.S.; PAULSEN, M. R.; SHOVE, G. C. Size characterization of the stress cracks in the kernel. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 28, n. 5, p. 1668-1672, Sept./Oct. 1985.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops.** Westport: The AVI Publishing Company, 1980. 382 p.

HOWELL, G. SCAA Universa Cupping Form & How to use it. 10th Annual Conference & Exhibition “Peak of Perfection”- Presentation Handouts. Denver-Colorado. April, 1998.

IGUAZ, A.; RODRIGUEZ, M.; VIRSEDA, P. Influence of handling and processing of rough rice on fissures and head rice yields. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 77, n. 4, p. 803–809, Dec. 2006.

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

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. **ISO 6673:** 1983: green coffee – determination of loss in mass at 105 °C. Geneva, 1983.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 607 p.

KREYGER, J. Practical observations on the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 3, p. 645-670, 1973.

KRZYZANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A.A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.2, p. 15-50, mar. 1991.

KUNZE, O. R. Fissuring of the rice grain after heated air drying. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1197-1202, Sept./Oct. 1979.

LASSERAN, J. C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Mg, v. 3, n. 3, p. 17-45, 1978.

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (Coffea arábica L.)**. 1991. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.3, n.4, p. 231-246, Dec. 1993.

LI, Y. B.; CAO, C. W.; YU, Q. L.; ZHONG, Q. X.. Study on rough rice fissuring during intermittent drying. **Drying Technology**, New York, v. 17, n. 9, p. 1779-1793, Sept. 1999.

LINGLE, T. R. (1986). **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 2. ed. Washington: Coffee Development Group, 1986. 57 p.

LOPES, L. M. V.; Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arábica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n.1, p. 3-8, 2000. Especial.

LOPES, R. P.; HARA, T.; SILVA, J. S. Avaliação da qualidade de grãos de café pela colorimetria. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 6, n. 3, p. 160-169, 1998.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. de R; OLIVEIRA, W. M. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial Café.

MARQUES, E. R. **Alterações químicas, sensoriais e microscópicas do café cereja descascado em função da taxa de remoção de água.** 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENCHÚ, E. F. La determinación de la calidad del café: características, color y aspecto. **Agricultura de las Ameritas**, Kansas City, v. 16, n. 5, p. 18-21, May 1967.

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

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 75-84, Apr. 1944.

NOBRE, G. W. **Alterações qualitativas do café cereja descascado durante o armazenamento.** 2005. 124 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, G. A. **Qualidade dos cafés cereja, bóia e mistura submetidos a diferentes períodos de amontoamento e tipos de secagem.** 2002. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Quantitative descriptive flavour profiling of coffees from COOPARAÍSO-MG, Brasil.** Londres, 1991.

PABIS, S.; JAYAS, D. S.; CENKOWSKI, S. **Grain drying: theory and Practice.** New York: John Wiley & Sons, 1998. 303 p.

PEREIRA, R.G. F. A.; VILELA, T. C.; BORÉM, F. M.; ABRAÃO, A. A.; LOPES, L. M. V. Constituintes químicos de cafés despulpados, descascados, desmucilados e natural. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa – Café, 2003. p. 164-165.

PEREIRA, R. G. F. A.; VILLELA, T. C.; ANDRADE, E. T. Composição química de grãos de cafés (*coffea arábica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa, 2002. p. 826-831.

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “estritamente mole”**. 1997. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café**. Lavras: Ufla, 2003. 304 p.

PIMENTA, C. J.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. de R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamentos**, Viçosa, MG, n. 1, p. 23-30, 2000. Edição Especial -Café.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação**. 1995. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D. Efeito da polifenoxidase, lixiviação de potássio e condutividade elétrica nos grãos crus em diferentes padrões de bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA-PROCAFÉ, 2000. p. 330-331.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PUERTA-QUINTERO, G. I. P. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. **Cenicafé**, Caldas, v. 50, n. 1, p. 78-88, ene./mar. 1999.

PUERTA-QUINTERO, G. I. P. Evaluación de la calidad del café colombiano procesado por via seca. **Cenicafé**, Caldas, v. 47, n. 2, p. 85-90, apr./jun. 1996.

REINATO, C. H. R **Secagem e armazenamento do café: Aspectos qualitativos e sanitários**. 2006. 111 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; VILELA, E. R.; CARVALHO, F. M.; MEIRELES, E. de P. Consumo de energia e custo de secagem de café cereja em propriedades agrícolas do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 112-116, jan./abr. 2002.

RIBEIRO, D. M. **Qualidade do café cereja descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem.** 2003. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO, D. M.; BORÉM, F. M.; ANDRADE, E. T.; ROSA, S. D. V.F.; Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento.** Viçosa, MG, v. 28, n. 7, p. 94-107, 2003. Especial.

RIGITANO, A.; TOSELLO, A.; FERREIRA, O. S.; GARRUTI, R. S.; JORGE, J. P. N. Influência do parcelamento na secagem do café. **Bragantia**, Campinas, v. 34, n. 24, p. 299-322, jul. 1964.

ROSA, O. S. Temperaturas recomendadas para a secagem de sementes de trigo e arroz utilizando o método intermitente. In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 5., 1966, Macaray. **Anais...** Macaray, 1966. 27 p.

SAATH, R. **Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem.** 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS, M. A. **Influência do preparo por via úmida e tipos de secagem sobre a composição física, físico-química e química do café (*Coffea arabica* L.).** 2005. 60 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SARKER, N. N.; KUNZE, O. R.; STROUBOULIS, T. Transient moisture gradients in rough rice mapped with finite element model and related to fissures after heated air drying. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 2, p. 625–631, Mar./Apr. 1996.

SAS Institute. Statistical Analysis System. **Programa de computador:** ambiente VM, versão 6.08. Cary, 1993.

SILVA, J. de S. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. 502 p.

SIVETZ, M. **Coffee processing technology.** Westport: AVI, 1963. v. 2, 349 p.

SOUSA, S. M. C. Secagem de café com qualidade III-Secagem. **Circular Técnico**, Lavras, n.119, 4 p., Jun. 2000.

VIEIRA, G.; VILELA, E. R.; Secagem intermitente de café (*Coffea arabica* L.) em secador experimental de camada fixa. **Ciência e Prática**. Lavras, v. 19, n. 3, p. 281-288, jul./set. 1995.

VILLELA, F. A.; da SILVA, W. R. Curvas de secagem de semente de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 145-153, jan./abr. 1992.

VILLELA, F. A.; PESKE, S. T. **Secagem de sementes**. In: PESKE, S.; ROSENTHAL, M; ROTA G. (Ed.) **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: UFPel, 2003. p. 283-321.

VILLELA, T. C. **Qualidade de café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem**. 2002. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VINCENT, J. C. Green coffee processing. In: CLARKE, R.. J.; MACRAE, R. (Eds.). **Technology**: 1 – 33. London: Elsevier, 1987.

WILBAUX. R. **Agricultural Engineering**. Rome: FAO, 1963.

ANEXOS

	Páginas
TABELA 1A Análise de variância dos dados de tempo de secagem de grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	94
TABELA 2A Análise de variância dos dados da taxa média de redução de água de grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	94
TABELA 3A Análise de variância dos dados de condutividade elétrica dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	94
TABELA 4A Análise de variância dos dados de lixiviação de potássio dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	95
TABELA 5A Análise de variância dos dados de açúcares totais dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	95
TABELA 6A Análise de variância dos dados de açúcares redutores dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	95
TABELA 7A Análise de variância dos dados de açúcares não redutores dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	96

TABELA 8A	Análise de variância dos dados de acidez titulável dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	96
TABELA 9A	Análise de variância dos dados de sólidos solúveis dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	96
TABELA 10A	Análise de variância dos dados de polifenóis dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e período de repouso.....	97
TABELA 11A	Análise de variância dos dados da coordenada “L” da análise de cor dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.....	97
TABELA 12A	Análise de variância dos dados da coordenada “a” da análise de cor dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.....	97
TABELA 13A	Análise de variância dos dados da coordenada “b” da análise de cor dos grãos de café cereja desmucilado em função do teor de água em que a secagem foi interrompida e o período de repouso.....	98

TABELA 1A

Fonte de variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO DE REPOUSO (TR)	2	0,259259	0,8985 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	1,925926	0,4647 ^{n.s}
TR*U	4	0,592593	0,9082 ^{n.s}
TEST. VS. FATORIAL	1	6,225926	0,1229 ^{n.s}
erro	20	2,400000	

CV (%) = 14,13; Média geral: 10,9667; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 2A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO REPOUSO (TR)	2	0,0256	0,6136 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,0773	0,2471 ^{n.s}
TR*U	4	0,0199	0,8124 ^{n.s}
Test. Vs. Fatorial	1	0,3620	0,7240 ^{n.s}
erro	20	0,0464	

CV (%) = 8,06; Média geral: 2,6731; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 3A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	401,44	0,1020 ^{n,s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	1369,44	0,0015 ^{**}
TR *U	4	184,06	0,3348 ^{n,s}
Testemunha vs Fatorial	1	1317,09	0,0079 ^{**}
erro	20	151,26	

CV(%) = 6,09; Média geral: 201,82; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 4A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	11,92	0,2408 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	101,03	0,0002 ^{**}
TR*U	4	14,17	0,1647 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	54,98	0,0151 [*]
erro	20	7.79	

CV (%) = 5,78; Média geral: 48,33; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo.

TABELA 5A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	0,1968	0,5116 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,1504	0,5972 ^{n.s}
TR*U	4	0,1172	0,7979 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	0,1689	0,4498 ^{n.s}
erro	20	0,2841	

CV (%) = 12,26; Média geral: 4,34; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 6A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	0,000413	0,7448 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,003005	0,1396 ^{n.s}
TR*U	4	0,000525	0,8202 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	0,000990	0,4071 ^{n.s}
erro	20	0,001381	

CV (%) = 18,65; Média geral: 0,1992; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 7A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	0,1939	0,4576 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,1007	0,6614 ^{n.s}
TR*U	4	0,0926	0,8146 ^{n.s}
Test vs Fatorial	1	0,1302	0,4685 ^{n.s}
erro	20	0,2385	

CV (%) =12,39; Média geral: 3,9423; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 8A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	234,06	0,342 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	1252,56	0,008**
TR*U	4	129,88	0,648 ^{n.s}
Testemunha vs Fatorial	1	74,33	0,555 ^{n.s}
erro	20	206,59	

CV (%) = 8,05; Média geral: 178,61; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 9A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	4,7059	0,7535 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	6,7318	0,6691 ^{n.s}
TR*U	4	32,6785	0,1347 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	0,4751	0,8687 ^{n.s}
erro	20	16,4109	

CV (%) = 10,39; Média geral: 38,98; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 10A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	0,0650	0,6121 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,1486	0,3370 ^{n.s}
TR*U	4	0,0891	0,6080 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	0,0641	0,4898 ^{n.s}
erro	20	0,1294	

CV (%) = 7,43; Média geral: 4,8389; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 11A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	0,0162	0,9861 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	2,3941	0,1445 ^{n.s}
TR*U	4	0,4379	0,8132 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	0,6320	0,4617 ^{n.s}
erro	20	1,1216	

CV (%) = 2,16; Média geral: 49,1355; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 12A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	0,1821	0,2016 ^{n.s}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,0915	0,4334 ^{n.s}
TR*U	4	0,0272	0,9001 ^{n.s}
Test. Vs Fatorial	1	0,0136	0,7222 ^{n.s}
erro	20	0,1048	

CV (%) = 17,73; Média geral: 1,8264; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

TABELA 13A

Fonte de Variação	GL	QM	Pr>Fc
TEMPO_REP (TR)	2	1,3733	0,0589 ^{n.s.}
TEOR DE ÁGUA (U)	2	0,2981	0,5036 ^{n.s.}
TR*U	4	0,4094	0,4427 ^{n.s.}
Test. Vs Fatorial	1	0,3197	0,3930 ^{n.s.}
erro	20	0,4196	

CV (%) = 4,41; Média geral: 14,6976; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{n.s.} Não significativo