

VARIAÇÕES NA ÁREA DAS CÉLULAS DO ENDOSPERMA DURANTE A SECAGEM DE CAFÉS (*Coffea arabica* L.) NATURAIS E DESPOLPADOS

Flávio Meira BORÉM¹, flavioborem@ufla.br; Reni SAATH; Eduardo ALVES; José Henrique TAVEIRA

¹ Universidade Federal de Lavras

Resumo:

A manutenção da integridade das membranas celulares, entre outros eventos, é um forte indicativo de que a qualidade do café foi preservada na pós-colheita. Objetivou-se neste trabalho, analisar o efeito de diferentes métodos de secagem na manutenção da integridade da parede celular e da membrana plasmática de café natural e café despulpado buscando determinar as condições e o momento em que ocorrem as rupturas microscópicas. Cafés despulpados e cafés em sua forma natural foram submetidos ao processo de secagem em terreiro e secagem com ar aquecido a 40 e 60°C. Durante a secagem, grãos foram aleatoriamente amostrados e fragmentos do endosperma preparados para a microscopia eletrônica de varredura, no aparelho LEO EVO 40 XVP. Foram geradas e registradas digitalmente diversas imagens para cada amostra. Nas eletromicrografias geradas, foram feitas medições nas células, avaliando-se as alterações na membrana plasmática bem como as variações da área celular em função do teor de água e do tempo de secagem. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a variação na área das células do endosperma do café depende do tipo de processamento usado e das condições de secagem, entretanto, o fenômeno da contração e expansão diferenciou-se na intensidade e momento de ocorrência. Essas oscilações podem estar relacionadas com o comprometimento da integridade da membrana plasmática. A maior taxa de variação do citoplasma foi observada na secagem à temperatura de 60°C, na fase intermediária, na qual o teor de água encontrou-se entre 30% e 20% (b.u.).

Palavras-chave: contração celular, membrana celular, microscopia de varredura

VARIATION IN THE CELLULAR AREA OF THE ENDOSPERM DURING THE DRYING OF NATURAL AND WASHED COFFEE (*Coffea arabica* L.)

Abstract:

The maintenance of the integrity of the cellular membranes, among other events, is a strong indicator that the quality of the coffee was preserved after harvesting. Therefore, this work aimed to analyze the effect of different drying methods in the maintenance of the integrity of the cell walls and plasma membrane of natural and de-pulped coffee in order to determine the conditions and the moment that microscopic ruptures take place. De-pulped and natural coffees were submitted to the drying process under sun light and with heated air at 40 and 60°C. During drying coffee grains were randomly sampled and fragments of the endosperm were prepared for scanning electronic microscopy using the equipment LEO EVO 40 XVP. For each sample images were generated and registered digitally. In the electromicrographs generated were performed measurements in the cells, evaluating changes in the plasma membrane as well as variations in the cellular area in function of the water content and period of drying. From the results obtained we concluded that the variation in the cellular area of the coffee endosperm depends on the type of processing method and the drying conditions used, albeit the phenomenon of cell contraction and expansion differed in intensity and moment of occurrence. Those changes can be related to the changes in plasma membrane integrity. The largest rate of variation of the cytoplasm was observed when the grains were dried the temperature of 60°C, in the intermediate phase, with water content of 30% and 20%.

Key words: cellular contraction, cellular membrane, scanning microscopy

Introdução

Os frutos de café são colhidos com alto teor de água devendo-se, portanto, ser reduzido até 11% para seu armazenamento seguro. Além da remoção da água, o café deverá ser processado podendo-se usar para este fim diferentes métodos. O processamento do café pode ser realizado por via seca, mantendo-se os frutos intactos resultando nos cafés naturais, ou por via úmida, resultando nos cafés descascados, desmucilados ou despulpados (Bartholo & Guimarães, 1997; Borém et al., 2003). Em estudo sobre a qualidade do café preparado sob diferentes métodos de processamento (Brando, 1999; Cortez et al., 1997; Malta et al, 2003; Teixeira & Gómez, 1970) observaram características superiores da bebida para os cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural. Em pesquisas recentes (Bytof et al., 2005; Leloup et al., 2004; Selmar et al., 2006) tem-se verificado variações no conteúdo de glicose e frutose, bem como de aminoácidos livres nos grãos crus de café dependendo da forma de processamento sem, no entanto, descreverem as interferências das condições de secagem. Anteriormente às alterações fisiológicas, metabólicas e químicas, os eventos iniciais relacionados à perda de qualidade referem-se à desorganização do sistema de membranas das células do endosperma do café (Amorim et al., 1977; Prete, 1992; Ribeiro, 2003)

Marques (2006) observou que integridade celular é alterada com o aumento da temperatura do ar de secagem, nos cafés despulpados, afetando a qualidade da bebida sem, contudo, avaliar o momento em que as alterações ocorrem durante o processo de remoção de água do café.

A retirada da água induz a contração da parede celular e do conteúdo citoplasmático provocando aglomeração dos componentes celular tornando o conteúdo da célula incrivelmente viscoso (Hoekstra et al, 2001). Entretanto, não são

encontrados trabalhos que relacionam esse fenômeno com as condições de secagem do café, com a preservação das membranas celulares e finalmente com a qualidade física do café destinado para o consumo. Verificar se estes fenômenos ocorrem no endosperma durante a secagem e como os parâmetros de secagem interferem neste processo permitindo assim a obtenção de cafés de alta qualidade, torna-se de fundamental importância.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as variações na contração celular do endosperma de café natural e despulpado durante a secagem em terreiro e com temperatura de 40° e 60°C.

Material e Métodos

Frutos da cultivar Topázio foram colhidos manual e seletivamente, lavados, selecionando-se somente os frutos completamente maduros. Parte dos frutos foi levada ao terreiro para secagem ao sol enquanto outra parte foi descascada e colocada imersa em água para o despulpamento onde permaneceu por 20 horas. O café natural e o café despulpado foram divididos em parcelas distintas no terreiro. Uma parcela do café natural permaneceu por dois dias no terreiro, enquanto outra parcela do despulpado, por um dia, possibilitando assim que os frutos fossem levados para a secagem mecânica, com temperaturas de 40°C e 60°C, com as mesmas condições ambientais. As demais parcelas permaneceram no terreiro para secagem completa ao sol. A amostragem foi realizada logo após a colheita e ao longo da secagem retirando-se amostras com teores de água em torno de 40, 30, 20 e 11% (b.u.). O teor de água foi determinado de acordo com Brasil (1992).

Para avaliação da contração celular durante a secagem, foram realizadas medições nas imagens geradas pelo microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40 XVP e registradas digitalmente. As medidas foram obtidas usando-se o Software Leo User Interface (versão Leo 32.0) disponível no microscópio para não ocorrerem distorções na escala de trabalho. Assumiu-se que as células do endosperma do café possuem formato elipsóide (Figura 1). Em cada imagem foram feitas as medições do semi-eixo maior e do semi-eixo menor do citoplasma, bem como do lúmen celular (Figura 2).

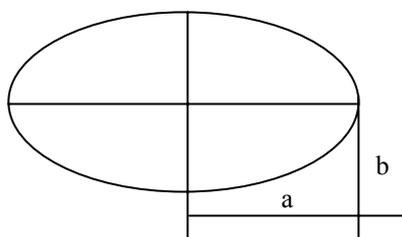


FIGURA 1 Representação esquemática dos semi-eixos de uma elipse.

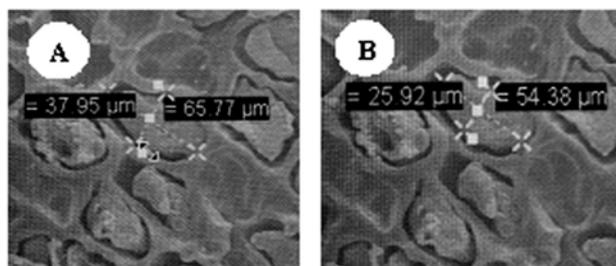


FIGURA 2 Eletromicrografia de varredura exemplificando as medições das dimensões da célula. Semi-eixos medidos com o Software Leo User Interface (versão Leo 32.0), (A) Lúmen celular e (B) Citoplasma celular.

Após as medições, calculou-se a área superficial do citoplasma e do lúmen celular com base na equação 1.

$$A = \pi a b \quad (1)$$

em que:

A = área (μm^2); a = maior semi-eixo do elipsóide (μm); b = menor semi-eixo do elipsóide (μm)

Para se estudar as variações da contração celular durante a secagem, foram descritas a contração celular relativa (CCR) e a taxa de contração celular (TCC). A CCR foi calculada de acordo com a equação 2 e refere-se à razão entre a área do citoplasma e a área do lúmen celular em função do tempo. Considerando a equação 2, verifica-se que o valor máximo do CCR é 1 o que significa que todo o lúmen celular está preenchido com o citoplasma. Por outro lado, quanto menor o valor do CCR maior será a contração do citoplasma em relação à contração da célula como um todo indicando maior área vazia no lúmen celular.

$$\text{CCR} = A_c / A_l \quad (2)$$

em que:

CCR = contração celular relativa (adimensional); A_c = área do citoplasma (μm^2); A_l = área do lúmen celular (μm^2)

A TCC, calculada de acordo com a equação 3, refere-se à contração da área superficial da célula em função do tempo de secagem. De acordo com a equação 3, percebe-se que os valores de TCC podem ser positivos ou negativos referindo-se, respectivamente, à contração ou expansão da área do citoplasma.

$$TCC = A_0 - A_1 / t_1 - t_0 \quad (3)$$

em que:

TCC = taxa de variação celular ($\mu\text{m}^2 \text{h}^{-1}$); A_0 = área superficial da célula anterior (μm^2); A_1 = área superficial da célula atual (μm^2); t_1 = tempo de secagem atual (horas); t_0 = tempo de secagem anterior (horas)

Resultados e Discussão

Os resultados da variação média da área do citoplasma em função do teor de água são apresentados na Figura 3.

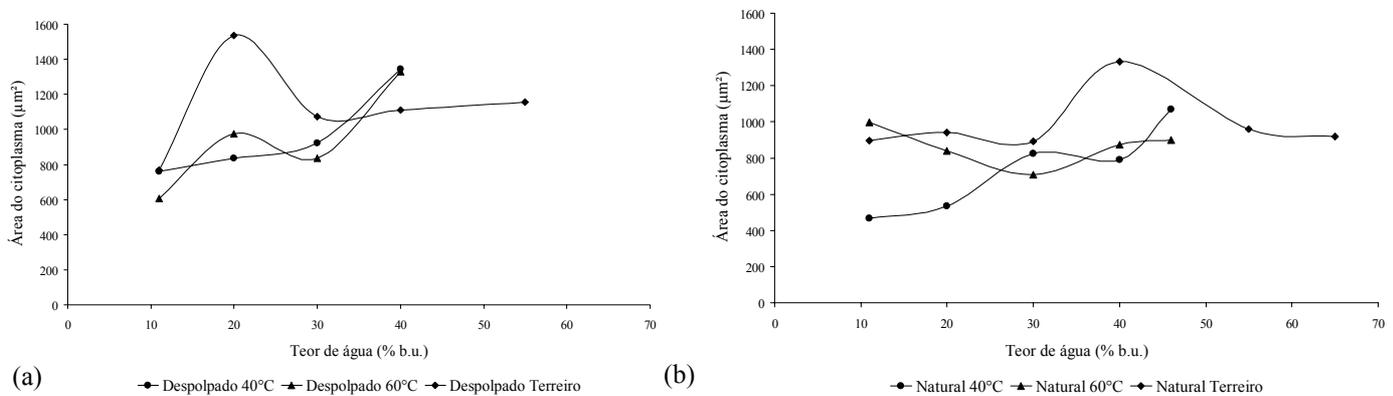


Figura 3 Variações médias da área do citoplasma em função do teor de água durante secagem dos cafés despolpado (a) e natural (b).

Observa-se, na Figura 3, que as variações na área das células do endosperma do café dependem do tipo de processamento usado e das condições de secagem. Nos cafés despolpados submetidos à secagem a 40 e 60°C (Figura 3a), verificou-se uma intensa redução na área celular até o teor de água de 30% (b.u.). Pela ausência do epicarpo e da mucilagem, barreira natural dos frutos do café à remoção da água, pode-se explicar esse fato. No entanto, considerando esse valor, o padrão de variação difere entre as temperaturas usadas, observando-se que, para a temperatura de 40°C, a contração celular é gradativa, ao passo que para a temperatura de 60°C, ocorre expansão da área celular entre os teores de água de 30% e 20% (b.u.), voltando a contrair-se até o teor de água de 11% (b.u.) ser atingido. Essas observações podem ser interpretadas como um indicativo de que a integridade celular foi mantida na secagem com temperatura de 40°C e comprometida com a secagem com temperatura de 60°C. Na secagem do café despolpado no terreiro, observou-se um padrão similar à secagem a 60°C, diferenciando-se, no entanto, na intensidade em que o fenômeno ocorreu na fase inicial da desidratação quando o teor de água é superior a 30% (b.u.).

Durante a secagem do café natural a 40°C, observou-se que o citoplasma contraiu-se gradativamente, com pequenas oscilações na área até atingir o teor de água de 11% (b.u.). Por outro lado, na secagem a 60°C, o citoplasma contraiu-se de forma gradual até o teor de água 30% (b.u.), expandindo-se, em seguida, até atingir o teor de água de 11% (b.u.). Na secagem do café natural em terreiro, verificou-se um padrão de variação na área celular similar ao observado no café despolpado. Porém, a expansão da área celular do café natural ocorreu a partir de 50% de teor de água, ao passo que no despolpado essa expansão ocorreu mais tardiamente. Entretanto, as variações no citoplasma podem ser diferentes daquelas ocorridas na parede celular em razão da resistência mecânica imposta pela presença da celulose e hemicelulose presentes na parede. Além disso, as variações dependerão da velocidade em que a água é removida dos frutos, sendo necessário, portanto, considerar o tempo de secagem.

Os resultados da variação média da razão da área do citoplasma e da área do lúmen em função do tempo de secagem são apresentados na Figura 4.

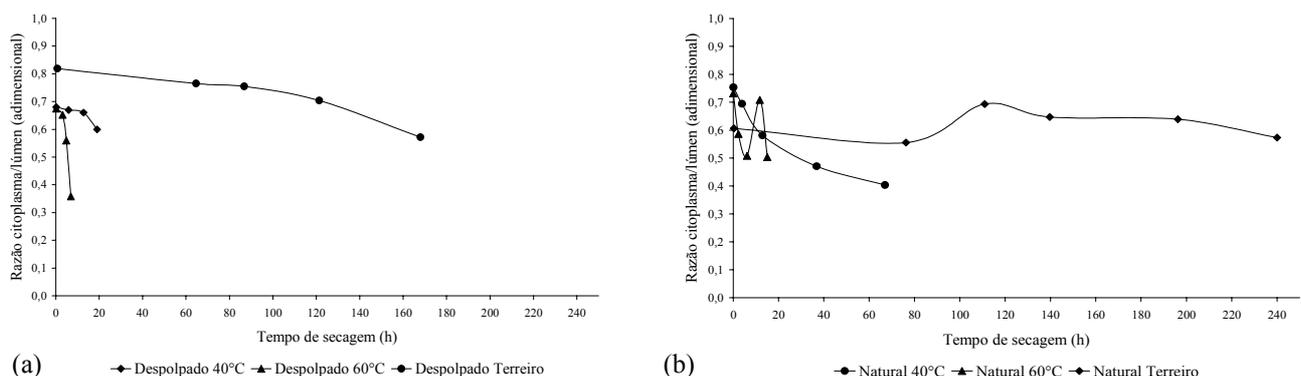


FIGURA 4 Razão da variação média de área citoplasma/lúmen durante a secagem dos cafés despolpado (a) e natural (b).

Observa-se, na Figura 4, que a variação da área do citoplasma, em relação à área do lúmen das células do endosperma do café, depende do tipo de processamento usado e das condições de secagem. Observou-se semelhança no padrão de variação dos cafés despulpado durante a secagem a 40°C e 60°C e em terreiro. Apesar de se ter observado o mesmo padrão para todos os métodos de secagem, a intensidade em que ocorre a contração relativa é variável sendo maior na secagem a 60°C. Essa rápida redução pode comprometer a integridade da membrana citoplasmática, resultando no extravasamento do citoplasma. Por outro lado, na secagem em terreiro, a variação é lenta e gradual. Nesse caso, a integridade citoplasmática não é alterada. Para o café natural nas mesmas condições de secagem, observaram-se divergências no padrão de variação da CCR dos cafés. Na secagem a 40°C, foram observadas variações contínuas e gradativas possibilitando a manutenção da integridade da membrana plasmática. No entanto, na secagem a 60°C, a contração celular relativa oscilou, ocorrendo uma contração gradual até o teor de água 30% (b.u.), seguida de uma expansão até o teor de água 20% (b.u.), contraindo-se novamente até atingir o teor de água de 11% (b.u.). Essas oscilações podem estar relacionadas com o comprometimento da integridade da membrana citoplasmática. Na secagem em terreiro, observou-se que a contração celular relativa foi lenta e gradativa, com pequenas oscilações, até atingir o teor de água de 11% (b.u.), ocorrendo evaporação da água lentamente, sem aparente comprometimento da estrutura celular. Deve-se lembrar que, em decorrência do elevado período de secagem, o café ficou exposto à interferência de agentes externos os quais podem trazer conseqüências negativas à qualidade.

Os resultados da taxa de contração celular durante a secagem dos cafés despulpado e natural são apresentados na

Figura 5.

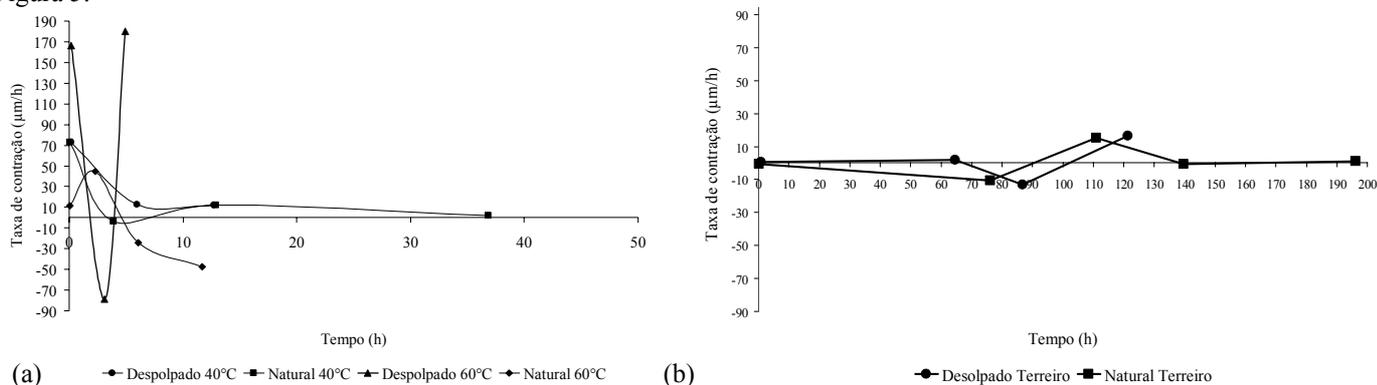


FIGURA 5 Taxa de contração celular durante a secagem dos cafés despulpado e natural a 40 e 60°C (a) e em terreiros (b).

Na Figura 5, observa-se que a taxa de contração celular depende do tipo de processamento usado e das condições de secagem. Observou-se para o café despulpado e natural, na secagem a 60°C, a maior taxa de contração celular na fase intermediária, de -78,56 µm/h a 180,06 µm/h e de 44,79 µm/h a -24,00 µm/h, respectivamente. Na secagem a 40°C, a maior taxa de contração celular, ocorreu no início da secagem, tendo variação de 73,00 µm/h a 11,96µm/h e de 72,91 µm/h a -3,60µm/h, respectivamente. Por outro lado, na secagem em terreiro, a maior taxa de contração celular do despulpado ocorreu a partir do momento que o teor de água no café foi inferior a 30% (b.u.) sendo de -13,32 µm/h a 16,22 µm/h; no café natural a maior taxa de contração celular ocorreu entre os teores de água 40% e 30% (b.u.) de -10,77µm/h a 15,30 µm/h, respectivamente.

Observa-se que enquanto na secagem em terreiros as taxas de contração celular são baixas e pouco variáveis, reflexo da dinâmica de secagem dessa condição de desidratação, na secagem com temperaturas elevadas ocorrem grandes variações positivas e negativas na taxa de contração celular. Na secagem com ar aquecido a 40°C, observa-se uma gradativa redução na taxa de contração celular, predominando valores positivos, indicando que o citoplasma contraiu-se continuamente até atingir seu teor final de água. Por outro lado, na secagem a 60°C ocorrem variações relevantes na taxa de contração do citoplasma tanto para valores positivos como valores negativos, indicando que a área do citoplasma contraiu-se até atingir 30% de teor de água, expandiu-se até 20% de teor de água, voltando a se contrair novamente no final da secagem. Essas variações podem estar relacionadas à perda da integridade das membranas celulares comprometendo, conseqüentemente, a qualidade final do café.

Relacionando esses valores com a qualidade do café confirmaram-se os resultados das análises sensoriais obtidos por Coradi (2006), nas quais, a qualidade é alterada em função do processamento e da temperatura de secagem. Complementando as observações desse autor, observa-se que a perda ou alteração da qualidade ocorre ao longo da secagem à temperatura de 60°C, tanto do café despulpado quanto do natural quando o teor de água é inferior a 30% (b.u.).

Conclusões

A variação na área das células do endosperma do café depende do tipo de processamento usado e das condições de secagem.

Durante a secagem com ar aquecido a 60°C ocorrem contração e expansão das células do endosperma tanto do café natural como do café despolpado.

A expansão celular ocorre entre os teores de água de 30 e 20%.

A secagem do café despolpado em terreiros e com ar aquecido a 40°C permite uma contração celular lenta e gradativa.

A secagem do café natural em terreiros e com ar aquecido a 60°C provoca contração e expansão da área celular.

Referências Bibliográficas

AMORIM, H. V.; CRUZ, A. R.; DIAS, R. M.; GUTIERREZ, S. E.; TEIXEIRA, A. A.; MELLO, M.; OLIVEIRA, G. D. de Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1977, Guarapari. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p. 15-18.

BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.33-42, 1997.

BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Alterações na bebida do café despolpado secado em terreiro de concreto, lama asfáltica, terra, leite suspenso e em secadores rotativos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3. Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 155.

BRANDO, C. H. J. Cereja descascado, desmucilado, fermentado, despolpado ou lavado In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca. **Anais...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1999. p. 342-346. Brasil, 1992

BYTOF, G.; KNOPP, S. E.; SCHIEBERLE, P.; TEUTSCH, I.; SELMAR, D. Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research Thecnology**, London, v. 220, p. 245-250, 2005.

CORADI, P. C. **Alterações na qualidade do café cereja natural e despolpado submetidos a diferentes condições de secagem e armazenamento.** 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Cortez et al., 1997

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, London, v. 6, n. 9, p. 431-438, Sept. 2001.

LELOUP, V.; GANCEL, C.; LIARDON, R.; RYTZ, A.; PITHON, A. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Resumes...** Bangalore: ASIC, 2004. CD-ROM.

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

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, MG.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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, MG.

SELMAR, D.; BYTOF, G. Green Coffee is ALIVE ! A Review on the Metabolic Processes taking Place in Coffee Beans during Processing and their Implication for Modern Coffee Research. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ. Montpellier: ASIC, 2006

TEIXEIRA, A. A.; GÓMEZ, F. P. O defeito que mais prejudica a bebida do café. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 45, n. 1, p. 3-8, mar. 1970.