

OPERAÇÕES PÓS-COLHEITA E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE CAFÉS

Aline da Consolação Sampaio Clemente¹, Marcelo Angelo Cirillo², Marcelo Ribeiro Malta³, Franciele Caixeta⁴, Cristiane Carvalho Pereira⁵, Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa⁶

(Recebido: 11 de agosto de 2014; aceito: 27 de outubro de 2014)

RESUMO: Os efeitos das operações pós-colheita de processamento e secagem e as condições de armazenamento são fatores relevantes a serem considerados para análise da qualidade do café. Dependendo das condições de processamento e secagem, os grãos de café podem sofrer alterações na composição físico-química, influenciando diretamente na qualidade de bebida e consequentemente na avaliação sensorial. Para análise dos resultados, usualmente são utilizadas técnicas de estatísticas univariadas, as quais poderão proporcionar interpretações incoerentes por não considerarem o efeito conjunto entre as variáveis físico-químicas e sensoriais. Assim, objetivou-se propor uma abordagem multivariada dos dados, por meio da combinação de técnicas de componentes principais e gráficos *Multi-Vari Chart*, que contemple os efeitos das variáveis físico-químicas e sensoriais junto às operações de pós-colheita, na avaliação da qualidade de grãos de cafés. Foram utilizados frutos de *Coffea arabica* L. cv. Catuai Amarelo IAC 62 processados para a obtenção de café natural, desmucilado e despulpado. Após o processamento, os cafés foram secados à sombra, ao sol e em secadores mecânicos e foram armazenados por doze meses em câmara fria a 10°C e 50% UR, sendo avaliados a cada quatro meses. Conclui-se que a utilização da análise de componentes principais em conjunto com a técnica gráfica multivari-chart permite compreender os efeitos conjuntos do processamento, secagem e armazenamento sobre a qualidade química e sensorial do café, bem como suas correlações. Observam-se maiores reduções na pontuação final e maiores valores de condutividade elétrica, durante o armazenamento, nos cafés naturais secados em secador.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., abordagem multivariada, componentes principais, *Multi-Vari Chart*.

POST-HARVEST OPERATIONS AND PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF COFFEES

ABSTRACT: The effects of post-harvest processing and drying operations and storage conditions are relevant factors for consideration in assessing coffee quality. In this respect, depending on the processing and drying conditions, coffee beans may undergo changes in their physicochemical composition, with a direct affect on beverage quality and, consequently, sensory assessment. Univariate statistical techniques are usually used for analysis of the results, but such results may lead to inconsistent interpretations because they do not consider the combined effect of physicochemical and sensory variables. Therefore, the aim of this study is to propose a multivariate approach to the data by a combination of principal component techniques and *Multi-Vari Charts* which consider the physicochemical and sensory variables together with the post-harvest operations in the assessment of coffee beans quality. Fruit from *Coffea arabica* L. 'Catuai Amarelo IAC 62' were processed to obtain natural coffee, semi-washed coffee and fully-washed coffee. After processing, the coffees were dried in the shade, in the sun and in mechanical dryers and were kept for twelve months in cold storage at 10°C and 50% RH, with assessment every four months. We conclude that the use of principal component analysis in conjunction with the graphical technique multivari-chart enables us to understand the combined effects of processing, drying and storage on the chemical and sensory quality of the coffee, as well as their correlations. Observe greater reductions in the final score and conductivity during storage in natural coffees dried in a dryer.

Index terms: *Coffea arabica* L., multivariate approach, principal component, *Multi-Vari Chart*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo que, para se manter nesse mercado competitivo, é importante que o café

brasileiro apresente características peculiares de sabor e aroma, visando atender aos diversos mercados. As condições de produção, bem como as operações pós-colheita, como a seleção de frutos, processamento, secagem e as condições de

^{1,5}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG
alineagrolavras@gmail.com, cristianecpe@gmail.com

²Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG
macufla@gmail.com

³Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Unidade Regional EPAMIG Sul de Minas - 37.200-000 - Lavras - MG
marcelomalta@epamig.ufla.br

⁴General Mills Brasil Ltda - Av. Brasil, 1090/ 71 - Centro - 86390-000 - Cambará-PR - franciele.caixeta@genmills.com

⁶Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA - Embrapa Café - PqEB - Av. W3 Norte - Ed. Sede Embrapa 70.770-901 - Brasília - DF - sttela.rosa@embrapa.br

armazenamento podem influenciar na qualidade dos grãos de café.

Após a colheita, a escolha do método de processamento e de secagem varia consideravelmente entre os produtores, dependendo principalmente de aspectos tecnológicos, climáticos, econômicos e exigências do mercado consumidor (ISQUIERDO et al., 2011). Os métodos de processamento de café utilizados podem ser por via seca ou via úmida. No processamento via seca, os frutos são secados na sua forma integral, originando o café em coco ou natural. O processamento via úmida pode ser realizado de diferentes formas: por meio da remoção da casca e de parte da mucilagem, pelo método mecânico, obtém-se o café descascado; removendo-se, mecanicamente, a casca e a mucilagem, por fermentação biológica, tem-se o café despulpado; e removendo mecanicamente a casca e a mucilagem, obtém-se o café desmucilado (BORÉM, 2008; MALTA, 2011). Observa-se, em diversas literaturas, a associação dos cafés naturais produzidos por via seca com pior qualidade se comparados aos cafés processados por via úmida (BORÉM et al., 2006; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; LIMA FILHO et al., 2013). Essas diferenças na qualidade são relacionadas, não somente ao tipo do processamento, mas também, a possíveis fermentações indesejáveis, que frequentemente são associadas ao processamento natural, assim como à ausência de cuidados, no momento da colheita e secagem do café natural (BORÉM, 2008; ISQUIERDO et al., 2012).

Para a avaliação da qualidade do café, a utilização de análise sensorial tornou-se uma ferramenta imprescindível, porém o resultado dessa análise depende de provadores treinados, das condições de realização das provas e do pressuposto de realização do teste (DUTCOSKY, 2007). Assim, outras análises podem complementar a avaliação, assegurando confiabilidade aos resultados, tais como as análises da composição química, condutividade elétrica de lixiviados dos grãos, dentre outros (FARAH et al., 2006; MALTA et al., 2013). Alguns autores observaram que maiores teores de açúcares totais e redutores foram indicadores de melhor qualidade de bebida do café. Esses açúcares conferem características específicas de sabor e aroma do café torrado (BORÉM et al., 2006; CHAGAS et al., 2013). No entanto, correlações entre dados das análises químicas e sensoriais de grãos de café nem sempre são eficientes para discriminar lotes com

qualidades diferentes. Análises complementares podem ser usadas como forma de estabelecer relações eficientes entre atributos sensoriais e características físico-químicas do grão torrado e da bebida (SCHOLZ et al., 2013).

A oportunidade de sumarizar grandes grupos de dados, reduzindo sua dimensionalidade e permitindo interpretações conjuntas das variáveis envolvidas no estudo, apresenta-se como alternativa viável para a análise de resultados da avaliação da qualidade de grãos de café. Em estudos sobre os efeitos de diferentes ambientes sobre a qualidade de café arábica, Chagas et al. (2013) avaliaram os atributos químicos e sensoriais, utilizando modelos de regressão multivariada, concluindo que o método *Minimum Covariance Determinant Estimator* (MCD) foi eficiente para identificar ambientes para a produção de café, enquanto o *Minimum Volume Ellipsoid Estimator* (MVE) foi eficiente para discriminar genótipos.

Barbosa et al. (2012) avaliaram as correlações entre os fatores ambientais, compostos químicos e qualidade sensorial por meio da Análise de Componentes Principais e gráficos *Biplots*, e obtiveram discriminação de notas altas e baixas em decorrência das variáveis ambientais, com forte influência do ambiente, temperatura, precipitação, altitude e latitude. Utilizando técnicas de agrupamento e componentes principais, Figueiredo et al. (2013) verificaram a ocorrência de genótipos de Bourbon mais promissores para a produção de cafés especiais, em três ambientes diferenciados por níveis de altitudes, concluindo que a trigonelina foi a variável da composição química que melhor discriminou os ambientes investigados.

Realizou-se este estudo, considerando que, embora com um grau de correlação aceitável, as variáveis físico-químicas e sensoriais de avaliação da qualidade do café apresentam-se heterogêneas. Além disso, a estrutura de covariância pode ser explicada em dois ou três componentes, sendo essas descritas como combinação linear das variáveis originais. Objetivou-se utilizar uma abordagem multivariada, por meio da análise de componentes principais e técnica gráfica *multivari-chart*, no estudo dos efeitos das operações de pós-colheita, processamento e secagem, nas variáveis respostas da qualidade de grãos de café armazenados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Sementes da Universidade

Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura e na Empresa Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG Sul de Minas.

Foram utilizados frutos da espécie *Coffea arabica* L. cv. Catuaí Amarelo IAC 62 processados para obtenção de café natural, café desmucilado (descascado e desmucilado mecanicamente) e café despulpado (descascado e desmucilado por fermentação em água). Os cafés foram secados até atingirem, aproximadamente, 11% de umidade, por meio de três métodos, ao sol, à sombra e em secador mecânico de camada fixa, com temperatura de 35°C na massa de grãos. Após a secagem, os cafés foram armazenados por 12 meses em câmara fria, a 10°C e 50% de UR, sendo avaliados a cada quatro meses. Em cada época de armazenamento, foram realizadas as seguintes análises nos grãos de café: cafeína (Caf), atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO), trigonelina (trig.), ácido clorogênico (5-ACQ), acidez titulável total (ATT), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), açúcares totais (AT), sólidos solúveis (SS), extrato etéreo (EE) e proteínas totais (PT) conforme normas da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990). Os grãos foram ainda submetidos ao teste de condutividade elétrica e à análise sensorial (nota final).

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) sendo considerados os valores médios das análises químicas e sensorial. Para o estudo dos efeitos conjunto dos fatores de variação, processamento, secagem e época de armazenamento, sobre a composição química do grão cru de café e a qualidade sensorial, foi aplicada a técnica de componentes principais (CPs). Os escores obtidos por meio da técnica CPs foram decompostos, utilizando-se as análises exploratórias representadas pelos gráficos *Multi-Vari Chart* (MONTGOMERY, 2003). O *Multi-Vari Chart* mostra graficamente a variação de uma característica para múltiplos fatores. O objetivo do gráfico é permitir a identificação do fator ou fatores que tenham maior efeito sobre a variabilidade (WANG; DU; LI, 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal utilidade da Análise de Componentes Principais é reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados, restando tanta informação quanto possível, num menor número de componentes principais (CP).

Assim, o primeiro CP é a combinação das variáveis que explica a maior proporção da variação total dos dados. Outras aplicações, no tocante ao uso da análise de componentes principais, dar-se-á na determinação de novos eixos que possibilitam melhor discriminar as observações representadas pelos escores. Com esse enfoque, os resultados ilustrados na Figura 1 estão representando o ajuste dos três primeiros componentes principais para os dados da análise química e sensorial dos cafés submetidos aos diferentes processamentos, métodos de secagem e épocas de armazenamento. Pelos resultados, verifica-se que 71% da variação no conjunto de dados são explicados por três CPs, com melhor discriminação dos escores para efeito do processamento em relação aos demais fatores. Entretanto, convém ressaltar que os diferentes métodos de processamento utilizados foram melhor discriminados com os escores das análises químicas e sensoriais do café natural em relação aos demais. Tal fato é perceptível por meio da Figura 1, uma vez que é notória uma maior concentração dos dados relativos a este método, demonstrando que existe um efeito maior desse fator sobre a composição química dos grãos de café.

De acordo com Dal Molin et al. (2008), além de local propício para o cultivo, a gestão, a colheita e pós-colheita são procedimentos essenciais para a determinação da qualidade do produto final. Dentre as etapas pós-colheita, os tipos de processamento podem influenciar significativamente na composição química do café cru e torrado. Arruda et al. (2012) observaram forte influência do pré-processamento dos cafés arábica crus no teor dos principais precursores de voláteis, tais como os açúcares redutores e aminoácidos livres para o café cereja natural e açúcares totais, ácidos clorogênicos e trigonelina no café processado por via úmida.

Com relação aos *scores* obtidos das épocas de armazenamento, pode-se notar, de forma geral, que a segunda e terceira épocas podem ser separadas e melhor visualizadas verticalmente (Figura 1). Já os *scores* da primeira época encontram-se próximos ao centro do gráfico, provavelmente porque no início do armazenamento, os grãos de café apresentam menor deterioração do que nas épocas de avaliação subsequentes, em consequência dos tratamentos pós-colheita. Ao longo do armazenamento, os *scores* encontram-se mais distantes dentro da mesma época, com diferentes comportamentos devido aos tratamentos.

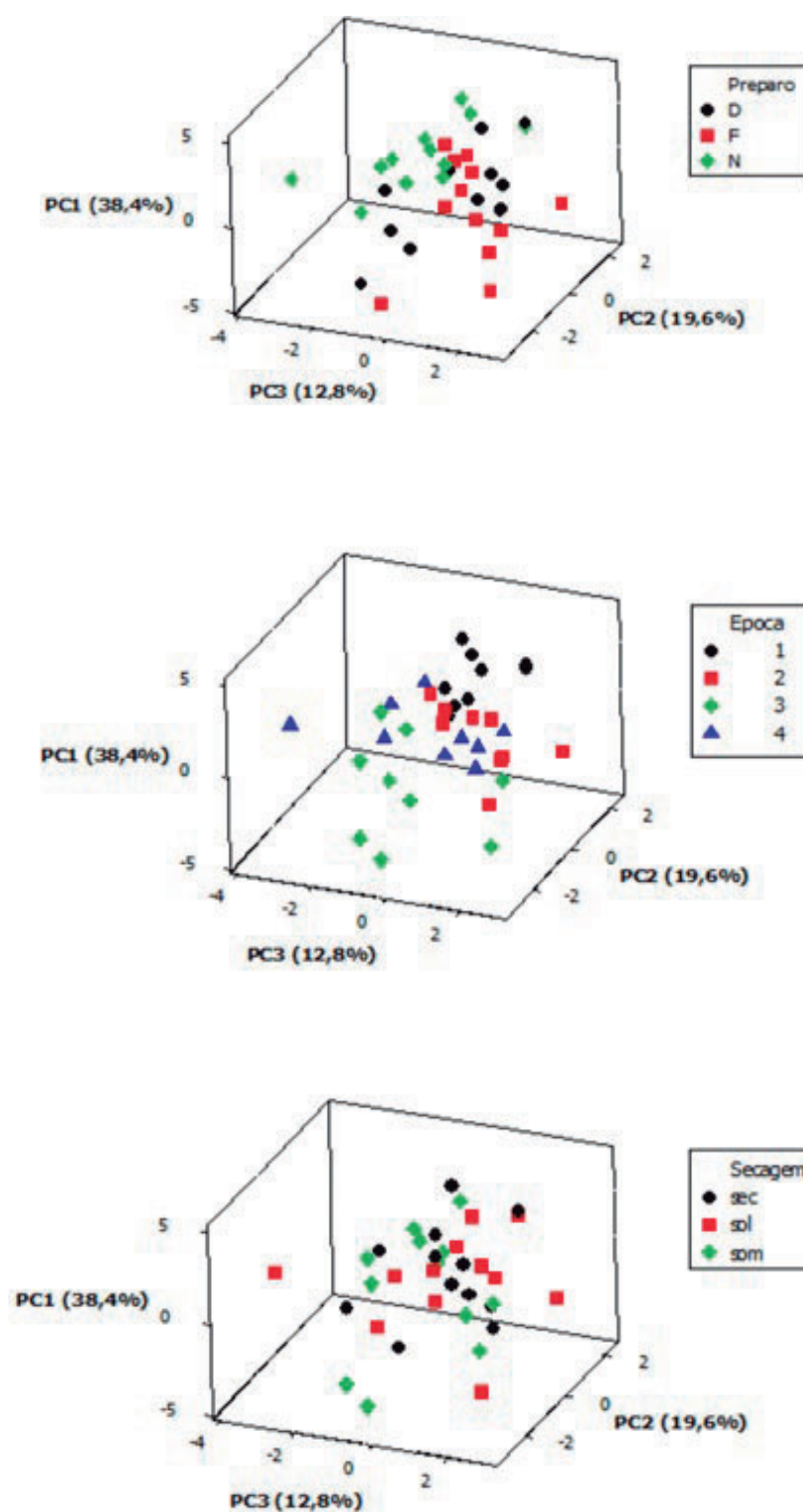


FIGURA 1 - Gráfico dos escores dos três componentes principais para os resultados da avaliação de cafês submetidos a diferentes preparos (Processamento Natural – N; Despolpado - F e Desmucilado – D); épocas de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e submetidos a diferentes métodos de secagem (Secagem em secador (Sec), ao sol e à sombra (Som)).

Por meio da análise de componentes principais também foi possível observar maior distanciamento dos escores ao final do armazenamento. Esse modelo pode indicar maior influência dos tratamentos na composição química e sensorial ao longo do armazenamento, com maior discrepância entre os tratamentos.

Para as análises dos três primeiros componentes principais das diferentes épocas de armazenamento, é possível observar maior proximidade dos escores resultantes das análises químicas e sensoriais, para os cafés não armazenados (época 1). Com o avanço do tempo de armazenamento, observa-se maior variabilidade dos dados dentro de cada fator. Possivelmente porque, ao longo do armazenamento, os efeitos dos tratamentos pós-colheita nos grãos de café tornam-se mais evidentes.

Também na Figura 1, estão apresentados os escores dos resultados das análises de composição química e avaliação sensorial dos grãos de café,

em relação aos diferentes métodos de secagem. Pela análise gráfica, não foi possível detectar diferenças entre os tratamentos de secagem, uma vez que foi observada grande variabilidade dentro e entre os tratamentos, não sendo possível agrupar os resultados pela análise de CPs.

Com o propósito de identificar as variáveis correlacionadas, foi elaborado o gráfico ilustrado na Figura 2, correspondente ao *biplot* das variáveis respostas, considerando-se os dois primeiros componentes.

No gráfico *Biplot* (Figura 2), os vetores com ângulos próximos indicam que as variáveis, representadas pelos componentes, estão correlacionadas e, assim sendo, o número de variáveis a serem avaliadas pode ser reduzido. Dessa forma, arbitrariamente, procedeu-se à análise das variáveis descritas nos gráficos *Multi-Vari Chart* seguintes, em função dos efeitos de formas de processamento e época de armazenamento, dentro de cada método de secagem.

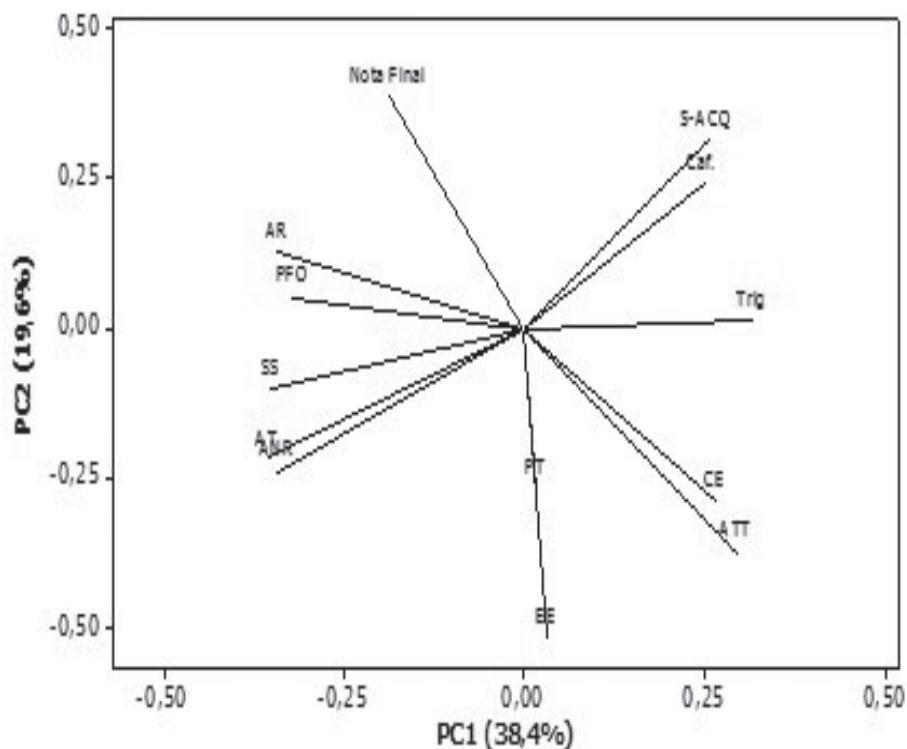


FIGURA 2 - Biplot dos escores dos resultados das variáveis químicas e análise sensorial para os dois primeiros componentes principais. Cafeína – Caf; Atividade enzimática da polifenoloxidase – PFO; Trigonelina - trig.; Ácido clorogênico - 5-ACQ; Acidez titulável total – ATT; Açúcares redutores – AR; Açúcares não redutores – ANR; Açúcares totais – AT; Sólidos solúveis – SS; Extrato etéreo EE; Proteínas totais – PT; Condutividade elétrica – CE; Análise sensorial - Nota Final.

Em função dos resultados apresentados no *Biplot* dos escores (Figura 2), foram selecionadas, para análise conjunta, por meio dos *Multi-Vari Chart*, as variáveis Condutividade elétrica – CE, Açúcares não redutores – ANR, Açúcares redutores – AR, Cafeína – Caf. e Análise sensorial - Nota Final

O *Multi-Vari Chart* apresenta, graficamente, a variação de uma característica de qualidade para múltiplos fatores (MONTGOMERY, 2003). Objetiva-se, com o gráfico, permitir a identificação de fatores que têm o maior efeito sobre a variabilidade. Nesse contexto, as medições de cada unidade experimental são representadas em conjunto, plotadas no gráfico em círculos, ao longo das épocas. Valores abruptos na escala do eixo vertical, que caracterizam um efeito da época, tendo por base a média de cada conjunto de unidades, indicam um efeito maior nas variáveis observadas em cada época e, consequentemente, maior contribuição para o aumento da variabilidade.

Observa-se na Figura 3A, que maiores valores de condutividade elétrica são verificados em cafés naturais ao longo do armazenamento, independentemente do tipo de secagem. Tais resultados diferem dos resultados de condutividade elétrica originados de cafés processados por via úmida (despolpados e desmucilados), com menores valores. A condutividade elétrica é considerada como um bom indicador de alterações fisiológicas que podem comprometer a qualidade de bebida. Níveis elevados de condutividade elétrica correspondem à perda de integridade dos sistemas de membranas (MALTA et al., 2005).

Com a utilização de *Multi-Vari Chart*, foi possível observar tendências das variáveis correlacionadas em relação aos diferentes preparos, tipos de secagem e armazenamento. Por meio da plotagem dos escores da condutividade elétrica, observou-se maior influência do preparo natural nos resultados, com maiores médias, independentemente dos métodos de secagem e de épocas de armazenamento.

Maiores valores de condutividade elétrica indicam que houve deterioração de sistemas de membrana (MALTA et al., 2005), e, consequentemente, pode haver uma relação inversa entre a qualidade da bebida e a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio nos exsudatos de grãos crus (OLIVEIRA et al., 2013). Já nos cafés preparados por via úmida (despolpado e desmucilado) foram observadas menores médias de condutividade elétrica. Malta et al. (2013) verificaram maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio nos cafés naturais

secados em secadores mecânicos, o que, segundo os autores, seria devido à maior sensibilidade ao processo de secagem dos cafés naturais, em relação aos cafés processados por via úmida.

Pôde-se observar que os cafés naturais apresentam, de forma geral, menores teores de açúcares não redutores, em comparação aos cafés despolpados e os desmucilados, independentemente do método de secagem (Figura 3B), assim como, provavelmente, ocorre para os resultados de açúcares totais e sólidos solúveis, cujos resultados estão correlacionados, como demonstrado na Figura 2, pela proximidade angular dos vetores.

Segundo Taveira et al. (2012), o café despolpado é mais tolerante à secagem do que o café natural, independentemente do método de secagem, apresentando melhor qualidade fisiológica. Resultados semelhantes também foram verificados por Borém et al. (2013), que observaram menores valores de condutividade elétrica para os cafés processados via úmida (despolpados), quando comparados com os cafés naturais, o que, segundo o autor, é resultado da manutenção das estruturas celulares e da qualidade do produto.

Para os resultados de teor de cafeína (Figura 3D), observa-se grande variação entres os resultados nos cafés obtidos de diferentes processamentos, tipos de secagem e épocas de armazenamento. De forma geral, os teores de cafeína diminuem ao longo do armazenamento.

Outras variáveis avaliadas, como cafeína e trigonelina parecem não correlacionar diretamente com a qualidade sensorial. Apesar da presença da cafeína e trigonelina contribuírem para o sabor e aroma do café torrado (ABRAHÃO et al., 2008, MALTA; CHAGAS, 2009), parece não haver efeito direto do teor de cafeína na qualidade sensorial do café torrado (ILLY; VIANI, 1995).

Pelos resultados da Figura 3C, observa-se aumento nos teores de açúcares redutores nos grãos de café, ao final do armazenamento, para todos os tratamentos, independentemente do método de secagem. Considerando os diferentes processamentos, os cafés naturais obtiveram menores teores de açúcares redutores. A mesma interpretação pode ser atribuída à variável atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO), uma vez que a análise do *Biplot* (Figura 2) demonstra a correlação entre essas variáveis.

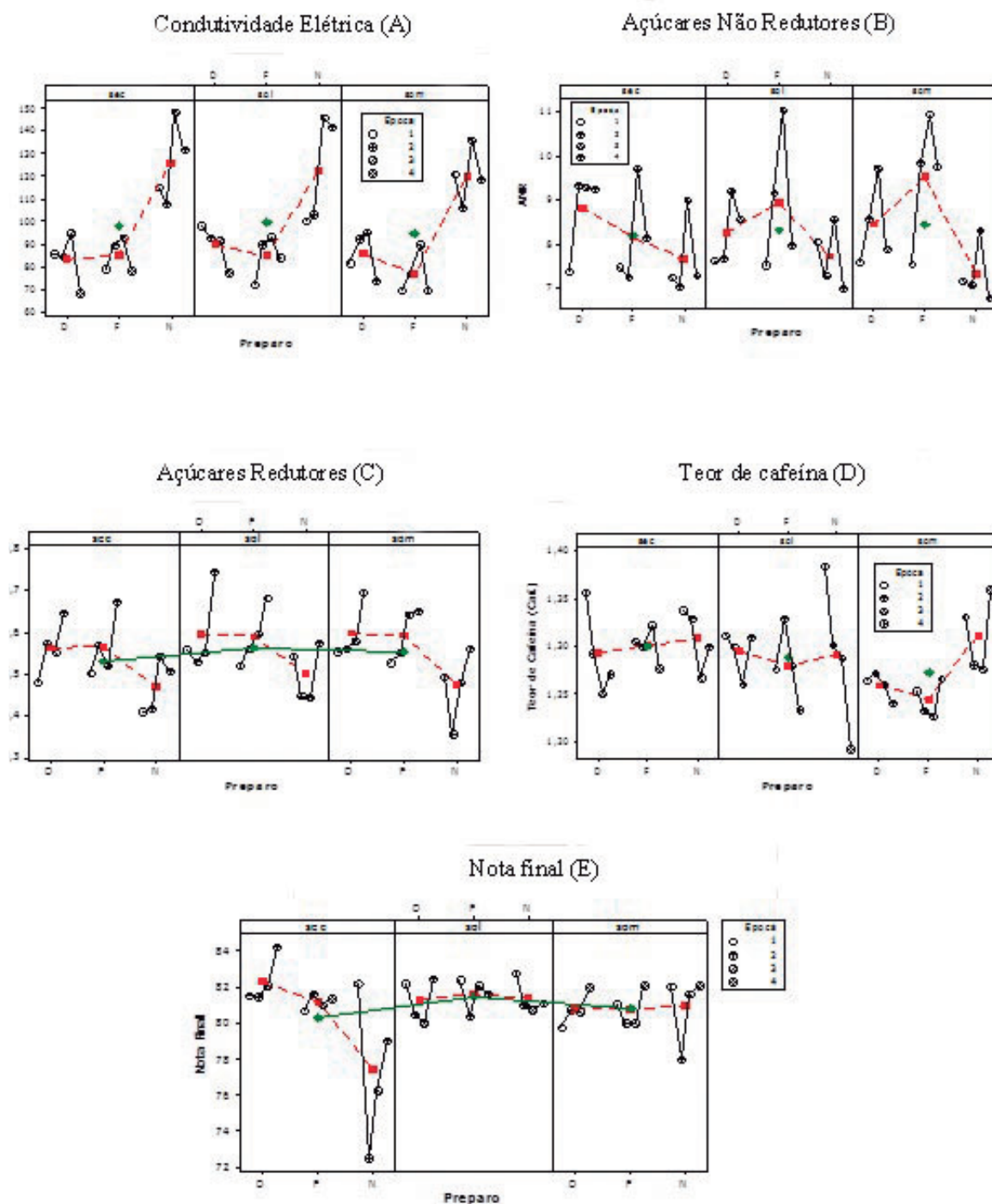


FIGURA 3 - Multi-Vari Chart para os resultados de Condutividade elétrica (A), Açúcares não redutores (B), Açúcares redutores (C), Teor de cafeína (D) e Notas finais nas análises sensoriais (E) de cafês submetidos a diferentes métodos de processamento e secagem, armazenados por doze meses. Secagem em secador (Sec), ao sol e à sombra (Som). Processamento Natural – N; Despolpado - F e Desmucilado – D.

Os teores de açúcares não redutores possuem uma associação positiva com a qualidade de grãos de café. Esses compostos participam de importantes reações químicas, que ocorrem durante a torração, como a reação de *Maillard* e ou a caramelização, as quais originam compostos responsáveis pela formação da cor, sabor e do aroma peculiar da bebida (BORÉM et al., 2006).

Hoje, é amplamente aceito que as reações metabólicas ocorridas durante o processamento por via úmida propiciam atributos que contribuem para a melhoria da qualidade da bebida do café (SELMAR et al., 2006). Entretanto, cabe ressaltar que as diferenças na qualidade são relacionadas, não somente ao tipo do processamento, mas também, às possíveis fermentações indesejáveis, que, frequentemente, são associadas ao processamento natural, assim como à ausência de cuidados no momento da colheita e secagem do café natural (ISQUIERDO et al., 2012).

Pelos resultados da análise sensorial (Figura 3E) não foi possível observar grandes divergências entre os efeitos dos diferentes tipos de cafés secados ao sol e à sombra. Porém, no método de secagem por secador mecânico, houve maior redução da pontuação final dos cafés naturais entre o início e o final de armazenamento, o que sugere que os cafés naturais são mais sensíveis ao processo de secagem em secadores mecânicos do que os cafés processados por via úmida.

Na literatura são encontrados relatos que descrevem os cafés produzidos por via seca com qualidade comparativamente inferior à dos cafés produzidos por via úmida (LIMA FILHO et al., 2013; VICENT, 1987). No entanto, as variações na qualidade do café têm sido discutidas, principalmente, em função da presença ou da ausência de defeitos na bebida. Nesse caso, a ausência de cuidados na colheita e na secagem resulta, com maior probabilidade, em cafés naturais com fermentações indesejáveis e qualidade inferior (BORÉM, 2008). Entretanto, no caso do presente estudo, todos os cuidados na colheita e processamento dos frutos foram realizados para obtenção de matéria-prima de boa qualidade, como a colheita seletiva dos frutos maduros, o que denota maior possibilidade de perda de qualidade dos cafés naturais secados em secadores mecânicos que as demais formas de processamento avaliadas.

4 CONCLUSÕES

A análise de componentes principais e a técnica gráfica multivari-chart permitem compreender os efeitos conjuntos das operações pós-colheita sobre a qualidade química e sensorial do café, bem como suas correlações.

Maiores reduções na pontuação final e maiores valores de condutividade elétrica, durante o armazenamento, ocorrem nos cafés naturais secados em secador.

5 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, dez. 2008.

ARRUDA, N. P. et al. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 2044-2051, 2012.

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

BARBOSA, J. N. et al. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 4, p. 181-190, 2012.

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

BORÉM, F. M. et al. Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos a diferentes formas de processamento e secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 227-237, 2013.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, p. 55-63, 2006.

CHAGAS, E. N. et al. Selection of robust estimators used in analysis of sensory characteristics and identification of environments conducive to specialty coffee production. **Advanced Crop Science**, Sidney, v. 3, p. 515-524, 2013.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

DAL MOLIN, R. N. et al. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. **Acta Scientiarum**.

- Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353-358, 2008.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2007. 210 p.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Washington, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. The potential for high quality bourbon coffees from different environments. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 5, p. 87-98, 2013.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic, 1995. 253 p.
- ISQUIERDO, E. P. et al. Qualidade do café desmucilado submetido ao parcelamento da secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2011.
- ISQUIERDO, E. P. et al. Quality of natural coffee subjected to different rest periods during the drying process. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 4, p. 439-445, ago. 2012.
- LIMA FILHO, T. et al. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, 2013.
- MALTA, M. R. Processamento e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 66-75, 2011.
- MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.
- MALTA, M. R. et al. Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 431-440, 2013.
- MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 1015-1020, 2005.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 4th ed. New York: J. Willey, 2003.
- OLIVEIRA, P. D. et al. Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 211-220, 2013.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 jul. 2013.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.
- SELMAR, D. et al. Germination of coffee seeds and its significance for coffee quality. **Plant Biology**, Chichester, v. 8, p. 260-264, 2006.
- TAVEIRA, J. H. D. S. et al. Protein profiles and physiological performance of coffee seeds subjected to different processing and drying methods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1511-1517, out. 2012.
- VICENT, J. C. Green coffee processing. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Technology**. London: Elsevier, 1987. p. 1-33.
- WANG, F.; DU, T. C.; LI, E. Y. Applying six-sigma to supplier development. **Total Quality Management**, Aarhus, v. 15, n. 9/10, p. 1217-1229, 2004.