ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Volume 7, Número 3, 2012

ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Endereço/*Adress*

COFFEE SCIENCE
Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Caixa Postal 3037
37200-000 Lavras, MG, Brasil

Fone: +55 35 3829-1784
e-mail: coffeescience@dag.ufla.br
http://www.coffeescience.ufla.br

COFFEE SCIENCE

COFFEE SCIENCE é uma publicação quadrimestral, vinculada à Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café-CBP&D/Café, que tem por objetivo publicar artigos originais completos que contribuam para o desenvolvimento da cafeicultura nas diferentes áreas. É indexada na AGROBASE/BINAGRI, AGRIS/CARIS, BIBLIOTECA NACIONAL, IBICT/SEER, CAB ABSTRACTS (CABI – Commonwealth Agricultural Bureaux International), LATINDEX (Regional System of on-line Information for Scientific Publication of Latin America, Caribean, Spain and Portugal), PERIÓDICA (Indice de Revistas Latino Americanas em Ciências), SCOPUS-Elsevier and DOAJ (Directory of Open Access Journals).

Issued every four months, ***COFFEE SCIENCE*** is a journal linked to the Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais state, Brazil) and to the Brazilian Consortium for Research and Development in Coffee – CBP&D/Café, which publishes original articles that contribute to the development of coffee production in different areas. COFFEE SCIENCE is indexed to AGROBASE/BINAGRI, AGRIS/CARIS, BIBLIOTECA NACIONAL, IBICT/SEER, CAB ABSTRACTS (CABI – Commonwealth Agricultural Bureaux International), LATINDEX (Regional System of on-line Information for Scientific Publication of Latin America, Caribbean, Spain and Portugal), PERIÓDICA (Indice de revistas Latino Americanas em Ciências), SCOPUS-Elsevier and DOAJ (Directory of Open Access Journals).

Circulação/*Distribution*
Biblioteca Central da UFLA

Impressão/*Printing*
Indi Gráfica Editora Ltda – Lavras, MG.

Disponível na WEB/*Available in the web site*
http://www.coffeescience.ufla.br

Indexado em:/Indexed in:
SCOPUS – Elsevier
DOAJ – Directory of Open Access Journals
AGROBASE – Base de Dados da Agricultura Brasileira (Brasil)
AGRIS-FAO – International Information System for the Agricultural Sciences and Technology (Itália)
CAB ABSTRACTS (CABI - Commonwealth Agricultural Bureaux International)
LANTINDEX (Regional System of on-line Information for Scientific Publications of Latin America, Caribbean, Spain and Portugal)
PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas em Ciências)

Ficha catalográfica /Catalog form
Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca da UFLA

Coffee Science. – v. 7, n. 3 (set/dez. 2012)- . – Lavras : Editora UFLA, 2006- .
v. : il. ; 27cm.

Trimestral: v. 1, n. 1, 2006. Semestral: a partir do v. 1, n. 2, 2006. Quadrimestral: a partir do v. 5, n. 1, 2010.
ISSN: 1809-6875

1. Cafeicultura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café.

CDD-633.73

Solicita-se permuta/ *Exchange desired* **Tiragem/** *Quantitiy issued per print*: 500

COFFEE SCIENCE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
Ministério da Educação
Ministro: Aloizio Mercadante
Reitor: José Roberto Soares Scolforo
Vice-Reitora: Édila Vilela de Resende Von Pinho
Pró-Reitoria de Pesquisa: José Maria de Lima

Consórcio Pesquisa Café
Presidente do Conselho Diretor: Maurício Antônio Lopes

Embrapa Café
Gerente Geral: Gabriel Ferreira Bartholo
Gerente Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Antônio Fernando Guerra
Gerente Adjunto de Transferência de Tecnologia: Lucas Tadeu Ferreira
Gerente Adjunto de Administração: Walmir Luiz Rodrigues Gomes

Editora UFLA
Diretoria Executiva
Renato Paiva

COFFEE SCIENCE
Comissão Editorial/*Editorial board*

Editor-Chefe/*Editor-in-chief*
Rubens José Guimarães – Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil

Editores-Executivos/*Executive-editors*
Antônio Nazareno Guimarães Mendes - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Flávio Meira Borém – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Helena Maria Ramos Alves – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília-DF, Brasil
Luiz Gonzaga de Castro Júnior - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Marcelo Ribeiro Malta - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Lavras-MG, Brasil
Maurício Sérgio Zacarias – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília-DF, Brasil
Myriane Stella Scalco – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Samuel Pereira de Carvalho – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil

Secretaria/*Secretary*
Renata Kelly Silva Rezende

Editoração/*Editorship*
Fernanda Campos Pereira

Revisão de Português/*Portuguese language review*
Jane Cherem

Revisão de Inglês/*English language review*
David Keith Crouse

Revisão de Referências Bibliográficas/*Revision of citations and references*
Márcio Barbosa Assis

Nomenclatura Científica/*Scientific Nomenclature*
Douglas Antônio de Carvalho

Apoio/*Supported by*
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG
Pólo de Excelência do Café

COFFEE SCIENCE

Editores Científicos/*Scientific-editors*

Alemar Braga Rena, UFV, Viçosa, MG
Amauri Alves de Alvarenga, UFLA, Lavras, MG
André Luis Teixeira Fernandes, UNIUBE, Uberaba, MG
Antônio Nazareno Guimarães Mendes, UFLA, Lavras, MG
Armando Androciolli Filho, IAPAR, Londrina, PR
Augusto Ramalho Morais, UFLA, Lavras, MG
Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca, EMBRAPA CAFÉ, Venda Nova do Imigrante, ES
Carlos Henrique Siqueira de Carvalho, EMBRAPA, Brasília, DF
Édila Vilela de Resende Von Pinho, UFLA, Lavras, MG
Everardo Chartuni Mantovani, UFV,Viçosa, MG
Fábio Moreira da Silva, UFLA, Lavras, MG
Flávia Maria Avelar Gonçalves, UFLA, Lavras, MG
Flávia Maria de Mello Bliska, IAC, Campinas, SP
Gabriel Ferreira Bartholo, EMBRAPA, Brasília, DF
Itamar Ferreira de Souza, UFLA, Lavras, MG
Janice Guedes de Carvalho, UFLA, Lavras, MG
João Batista Silva Araújo, INCAPER, Venda Nova do Imigrante, ES
Laércio Zambolim, UFV, Viçosa, MG
Leandro Carlos Paiva, IFSM, Machado, MG
Lílian Padilha, EMBRAPA CAFÉ, Varginha, MG
Ludwig Heinrich Pfenning, UFLA, Lavras, MG
Luiz Gonzaga de Castro Júnior, UFLA, Lavras, MG
Manoel Alves de Faria, UFLA, Lavras, MG
Maria Amélia Gava Ferrão, EMBRAPA CAFÉ, Venda Nova do Imigrante, ES
Marilusa Pinto Coelho Lacerda, UNB, Brasília, DF
Mário Lúcio Vilela de Resende, UFLA, Lavras, MG
Mário Massayuki Inomoto, ESALQ/USP, Piracicaba, SP
Marta dos Santos Freire Ricci, EMBRAPA AGROBIOLOGIA, Seropédica, RJ
Maurício Alves Moreira, INPE, São José dos Campos, SP
Mirian Peres Maluf, EMBRAPA CAFÉ, Campinas, SP
Paulo Caramori, IAPAR, Londrina, PR
Paulo César Afonso Júnior, EMBRAPA, Brasília, DF
Paulo Rebelles Reis, EPAMIG, Lavras, MG
Ronaldo Alves Libânio, UFLA, Lavras, MG
Rosane Freitas Schwan, UFLA, Lavras, MG
Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, UFLA, Lavras, MG
Sara Maria Chalfoun, EPAMIG, Lavras, MG
Sônia Maria de Lima Salgado, EPAMIG, Lavras, MG
Stella Dellyzete Veiga Franco da Rosa, EMBRAPA, Brasília, DF
Sylvana Naomi Matsumoto, UESB, Vitória da Conquista, BA
Vanessa Cristina de Almeida Theodoro, UNEMAT, Nova Xavantina, MT
Wander Eustáquio de Bastos Andrade, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ

COFFEE SCIENCE

SUMÁRIO/*SUMMARY*

01 - Variabilidade espacial do pH EM área com cafeeiro fertirrigado e sistema tradicional
Spatial variability of pH in coffee plants under fertigation and traditional system of fertilizing
Fátima Conceição Rezende, Victor Barbiere Ribeiro, Leo Fernandes Ávila, Manoel Alves de Faria, Elio Lemos da Silva 198

02 - Incidência da ferrugem alaranjada em cafeeiros nas condições climáticas de Presidente Prudente, SP.
Incidence of rust in coffee cultivars under the climatic conditions of Presidente Prudente, SP.
Sônia Maria Nalesso Marangoni Montes, Edison Martins Paulo, Ivan Herman Fischer 208

03 - Seleção de progênies de cafeeiro derivadas de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor
Selection of coffee progenies derived from Catuaí with Icatu and Hibrido de Timor
Marcelo Frota Pinto, Gladyston Rodrigues Carvalho, César Elias Botelho, Juliana Costa Rezende, Vinícius Teixeira Andrade, João Paulo Felicori Carvalho 215

04 - Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessura de camada
Quality of the coffee dryed on grounds with different surfaces and thickness layers
Carlos Henrique Rodrigues Reinato, Flávio Meira Borem, Marcelo Ângelo Cirilo, Eduardo Carvalho Oliveira 223

05 - Aliança no sistema agroindustrial do café: modelo de aliança para agregar valor aos cafés certificados
Alliance in the agroindustrial system of coffee: alliance model for adding value to coffee certificates
Cibele Maria Garcia de Aguiar, Nádia Carvalho, Sérgio Parreiras Pereira, Joel Yutaka Sugano 238

06 - Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação
Gas exchange and adaptive structural characteristics of coffee plants grown in different levels of radiation
Danielle Pereira Baliza, Rodrigo Luz da Cunha, Evaristo Mauro de Castro, João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa, Marinês Ferreira Pires, Rodrigo Abreu Gomes 250

07 - Enraizamento de estacas de cafeeiro imersas em extrato aquoso de Tiririca
Rooting of coffee cuttings immersed in Tiririca extract
Jairo Rafael Machado Dias, Edilaine D'Avila da Silva, Gerlândio Suassuna Gonçalves, José Ferreira da Silva, Emanuel Fernando Maia de Souza, Elvino Ferreira, Rosalvo Stachiw 259

COFFEE SCIENCE

08 - Estimativa do IAF de cafeeiro a partir do volume de folhas e arquitetura da planta
Estimating the IAF of coffee from the volume occupied by leaves and plant architecture
João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa, Giordane Augusto Martins,Rafael Teixeira Ferreira, João Paulo Pennacchi, Vinícius Fernandes de Souza, Angela Maria Soares 267

09 - Orientação para mercado externo do café brasileiro
Export market orientation for brazilian coffee
Fernanda Scharnberg Brandão, Alessandra Carla Ceolin, Miguelangelo Gianezini, Clandio Favarini Ruviaro, Eduardo Antunes Dias, Júlio Otávio Jardim Barcellos 275

10 - Efficiency of RNA extraction protocols in different types of coffee plant tissues
Eficiência de protocolos de extração de RNA em diferentes tecidos do cafeeiro
Márcia Fabiana Barbosa de Paula, Solange Aparecida Ságio, Fabiane Lazzari, Horllys Gomes Barreto, Luciano Vilela Paiva, Antonio Chalfun Júnior..... 284

VARIABILIDADE ESPACIAL DO pH EM ÁREA COM CAFEEIRO FERTIRRIGADO E SISTEMA TRADICIONAL

Fátima Conceição Rezende[1], Victor Barbiere Ribeiro[2], Leo Fernandes Ávila[3], Manoel Alves de Faria[4], Elio Lemos da Silva[5]

(Recebido: 20 de dezembro de 2010; aceito 6 de setembro de 2011)

RESUMO: Objetivou-se, no trabalho, caracterizar o pH no perfil do solo em função da adubação química aplicada via fertirrigação e, manualmente, sob a copa da planta. A cultura foi irrigada por gotejamento. A irrigação foi realizada quando a tensão média observada em sensores "Watermarck", instalados a 0,10 m de profundidade atingia 21 kPa. Calculou-se a lâmina com base na média de leitura do potencial de água no solo observada nas profundidades de 0,10 e 0,30 m. Sob a copa das plantas, na região do bulbo molhado, foram instalados 25 extratores de solução do solo a 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m de profundidade e distantes da planta de 0,10; 0,20; 0,30, 0,40 e 0,50 m. A amostragem foi realizada em plantas irrigadas e não irrigadas no período de adubação (outubro a março), durante dois anos (2008/2009 e 2009/2010). As avaliações de pH foram realizadas a partir de 24 horas após cada aplicação de adubo até, pelo menos, sessenta dias após o último parcelamento. Os modelos de semi-variograma exponencial e esférico foram ajustados pelos métodos dos mínimos quadrados ponderados e máxima verossimilhança. O mapeamento foi feito utilizando-se o interpolador geoestatístico. Os resultados mostraram que, para as plantas irrigadas e não irrigadas, o pH da solução do solo apresentou dependência espacial. As fontes e doses de adubo utilizado promoveram a alcalinização da solução do solo, no período avaliado. O pH da solução do solo tende a ser menor na área em que a aplicação dos fertilizante foi realizada via fertirrigação.

Termos para indexação: Gotejamento, pH,*Coffea arabica* L.; nutrientes, geoestatística.

SPATIAL VARIABILITY OF pH IN COFFEE PLANTS UNDER FERTIGATION AND TRADITIONAL SYSTEM OF FERTILIZING

***ABSTRACT**: The objective of this study was to characterize the soil pH in function of chemical fertilizing through irrigation, and manually, under the canopy. The crop was drip irrigated during the whole year when water soil tension was 21 kPa. The depth of water was defined based on the average reading of soil water potential at 0.10 and 0.30m depths. Soil solution extractors were installed at depths of 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50 m and distanced from the plant at 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50 m. The soil pH was monitored in the fertilizing period for 2 seasons (2008/2009 and 2009/2010). Evaluation was carried out 24 hours after each application of fertilizer until at least sixty days after the last parceling. Exponential and spherical semi-variogram models were adjusted applying minimum weighted square and maximum likelihood methodologies, testing the adherence based on spatial dependence degree and cross validation. The mapping was done based on the best adjusted semi-variogram, using kriging. The results showed that soil solution pH present spatial dependence in the area sampled. The sources and rates of fertilizer used promoted the alkalinization of the solution. Soil solution pH tends to be lower in the area with fertigation.*

***Index terms**: Drip irrigation, pH, coffea arabica L., nutrients, geostatistics.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor, exportador e o segundo maior consumidor mundial de café e, em 2009, a produção nacional foi de 39,47 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, sendo que Minas Gerais contribuiu com 19,88 milhões de sacas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010). Nos últimos anos, a área com cafeicultura irrigada cresceu muito devido, principalmente, à expansão da área cultivada para região do cerrado, caracterizada como uma

[1]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - frezende@deg.ufla.br
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - vbarbieri1@hotmail.com
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - avilalf@gmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - mafaria@deg.ufla.br
[5]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - elemos@deg.ufla.br

região marginal à exploração da cultura, em função das condições pluviométricas. Mesmo nas regiões em que o déficit hídrico não é um fator limitante à exploração da cultura, a ocorrência de veranicos em certas fases do ciclo fenológico pode comprometer a produtividade. Assim, a adoção da irrigação pode minimizar os efeitos negativos do déficit hídrico e permitir a aplicação de produtos químicos via água de irrigação. Uma grande parte das lavouras irrigadas utiliza o sistema de irrigação localizada e adubação via água de irrigação (fertirrigação). Uma das vantagens da fertirrigação é a possibilidade de se fazer aplicações frequentes de pequenas quantidades de nutrientes, mantendo-os ao alcance das raízes.

Além da dose utilizada, a aplicação dos fertilizantes via água é mais eficiente que a adubação convencional, porém a aplicação via água de irrigação pode influenciar os atributos químicos do solo, principalmente aqueles com baixos teores de argila e matéria orgânica (SOBRAL; NOGUEIRA, 2008). Teixeira et al. (2005) avaliaram o efeito de N em coqueiro-anão e verificaram que doses superiores a 240 kg ha^{-1} ano^{-1} causaram excessiva acidificação do solo. Segundo Duenhas et al. (2002), o modo de aplicação de fertilizantes e a irrigação interfere no comportamento do pH do solo e que a uréia e o MAP reagem de forma ácida no solo. Verificaram também que a acidificação do solo foi maior nos tratamentos que receberam maior dose de NPK, via fertirrigação. De acordo com Souza et al. (2006), nas condições de solos tropicais a acidificação do solo é um ponto de estrangulamento, pois poderá comprometer a sustentabilidade do sistema de fertirrigação. A disponibilização de nutrientes à planta é influenciada, tanto pela acidez quanto pela alcalinidade do solo, sendo importante conhecer e controlar esses atributos do solo. Dadalto e Fullin (2001 citados por SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2010), relatam, citando, que a faixa ideal de acidez ativa (pH) para o café situa-se entre 5,5 e 6,5. De acordo com Bergez e Nolleau (2003), a produtividade de culturas irrigadas é influenciada pela combinação da variabilidade espacial do solo e da aplicação de fertilizantes e de água.

Para caracterizar os padrões espaciais dos atributos do solo, a geoestatística é considerada uma ferramenta promissora de acordo com Brocca et al. (2007) e Zhu e Shao (2008), possibilitando o mapeamento desses atributos com relativo grau de precisão, permitindo o estudo e inferências ao comportamento dessas variáveis. Assim, o mapeamento dos atributos do solo, tais como o pH da solução do solo, a condutividade elétrica da solução do solo ou do extrato saturado, entre outros, permite identificar áreas com problemas, subsidiando um manejo diferenciado que promova aumento de produtividade, economia e maior eficiência de aplicação dos insumos. Souza et al. (2007), avaliaram a necessidade de aplicação de calcário e fósforo baseado no comportamento espacial de atributos químicos do solo e concluíram que o uso da técnica de geoestatística possibilitou uma precisa prescrição dos atributos do solo, o que permitiu a definição de zonas específicas de manejo.

Considerando que a forma de aplicação dos fertilizantes pode alterar os atributos químicos do solo, objetivou-se, neste trabalho caracterizar o efeito da fertirrigação e da adubação convencional na variabilidade do pH da solução do solo, na região de aplicação do fertilizante, em área cultivada com cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, localizada a 21º 45’ S de latitude, 45º 00’ W de longitude a uma altitude média de 918 m e ocupando uma área de, aproximadamente, 0,24 ha. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico. O clima da área é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média do mês mais quente é de 22,8 ºC, a do mês mais frio é de 17,1 ºC, e a média anual de 20,4 ºC (DANTAS et al., 2007).

Para a condução do experimento foi utilizada uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.), implantada em março de 1997, que passou por um processo de recepa sem pulmão em outubro de 2004. A cultivar utlizada foi Acaiá Cerrado (MG-1474), com um espaçamento entre linha de 3,0 m e entre plantas de 0,6 m (semiadensado). Todas as plantas foram irrigadas a partir do plantio, com exceção da testemunha e das bordaduras.

O sistema de irrigação utilizado na área foi o gotejamento, com acionamento manual, usando-se gotejadores autocompensantes, com vazão nominal de 4 L h^{-1} e pressão de serviço de 300 kPa. O espaçamento entre gotejadores foi de 0,40 m, formando uma faixa molhada contínua ao longo da linha de plantio.

O momento de irrigar e a quantidade de água reposta para as plantas do cafeeiro foram estabelecidos a partir da curva característica de retenção de água do solo, para as camadas de 0-0,2 m e de 0,2-0,4 m. Como determinante do momento de irrigação foi considerada a média das leituras do potencial de água do solo nos sensores "Watermarck", instalados a 0,1 m de profundidade. No caso da planta estudada, a irrigação foi realizada quando a média do potencial matricial de água no solo atingiu o valor de 21 kPa.

A quantidade de água reposta no tratamento teve como base as médias das leituras do potencial de água do solo nos sensores posicionados a 0,1 e a 0,3 m de profundidade, representando, respectivamente, as camadas de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m. Por meio dessas leituras foram calculadas as lâminas de reposição de água, com seus respectivos volumes e tempos de irrigação.

Na área irrigada, o cafeeiro foi adubado via água de irrigação, utilizando-se bomba para injetar a solução na linha de irrigação, e na área não irrigada, o cafeeiro foi adubado manualmente, sob a copa da planta, entre os meses de outubro e março, nas duas formas de adubação, totalizando quatro parcelamentos. As doses e fontes de fertilizantes aplicados e o parcelamento foram iguais para o tratamento irrigado e não irrigado, sendo a quantidade determinada por meio de análise de fertilidade do solo e previsão de safra futura. As doses de fertilizantes, utilizadas no primeiro ciclo de adubação (2008/2009), foram 350 kg ha^{-1} de N, 260 kg ha^{-1} de K_2O e 20 kg ha^{-1} de P_2O_5 e, no segundo ciclo de adubação (2009/2010), foram 350 kg ha^{-1} de N, 175 kg ha^{-1} de K_2O e 50 kg ha^{-1} de P_2O_5. As fontes de fertilizantes utilizadas foram uréia, nitrato de potássio e MAP, sendo que o MAP foi aplicado apenas no último parcelamento na dose total recomendada.

Por ocasião da instalação do experimento, foram coletadas, na área experimental, amostras de solo nas profundidades de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m, para caracterização química e física do solo.

A análise das características químicas e físicas do solo foi realizada no Laboratório de Análise do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) foi determinada no Laboratório de Relação Água-Solo-Planta do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, conforme metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997). A curva característica de água no solo foi determinada utilizando amostras deformadas, submetidas a tensões crescentes (0,02; 0,04; 0,06; 0,1; 0,33; 1; 5 atm), medindo-se a umidade relacionada a cada tensão aplicada. Com os dados obtidos foram construídas as curvas de retenção de água no solo, ajustando o modelo de van Genuchten, utilizando-se o software "Soil Water Retention Curve", desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000). Os dados da caracterização física do solo estão na Tabela 1.

As medições foram feitas na área de adubação de duas plantas de cafeeiro, sendo selecionada uma planta em uma parcela irrigada e outra em uma parcela não irrigada, porém na mesma linha de plantio. Em cada planta foram instalados extratores de solução do solo, formando um "grid" de amostragem sob a copa das plantas, com pontos amostrados nas distâncias, horizontal e vertical, de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m, totalizando 25 pontos de amostragem em cada planta. O monitoramento do pH da solução do solo foi realizado no ciclo de adubação 1 (2008/2009) e no ciclo de adubação 2 (2009/2010). As amostragens para esse monitoramento foram feitas no intervalo entre as aplicações (parcelamento), sendo a primeira realizada 24 horas após e a última, no mínimo sessenta dias após o último parcelamento. Nos ciclos de adubação 1 e 2, as amostras que foram coletadas 24 horas após a adubação de cada parcelamento foram denominadas "dentro do ciclo" e as demais de "fora do ciclo". Fora do primeiro ciclo de adubação, foram realizadas 12 amostragens entre os 4 parcelamentos e fora do segundo ciclo de adubação foram realizadas 15 coletas entre os 4 parcelamentos de adubação.

Durante a aplicação do adubo via água de irrigação foi coletada amostra da água antes de injetar o fertilizante, no início, no meio e no final da injeção do fertilizante e no final da irrigação para medir o pH.

TABELA 1 - Densidade de partículas solo (Dr), densidade do solo (Ds), porosidade total (P) e umidade retida na capacidade de campo (Cc), para o Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental.

Camada (m)	Dr (g cm^{-3})	Da (g cm^{-3})	P (%)	Cc (cm^3 cm^{-3})
0,0 – 0,10	2,88	1,24	56,91	0,3830
0,10 - 0,20	2,90	1,39	52,08	0,3908
0,20 - 0,30	2,93	1,22	58,25	0,3805
0,30 - 0,40	2,95	1,24	57,98	0,3740
0,40 - 0,50	2,94	1,22	58,50	0,4019

O pH foi medido usando um peagâmetro de bancada. Na planta não irrigada, quando não era possível extrair a solução, devido à baixa umidade do solo, foram coletadas amostras de solo, em pontos semelhantes ao da planta monitorada, determinando-se o pH a partir do extrato obtido na pasta de saturação (EMBRAPA, 1997).

Com os dados de pH obtidos em cada um dos quatro parcelamentos de adubação, para os 25 pontos do "grid" de amostragem, foi calculada a média dos dados obtidos 24 horas após a adubação. O mesmo procedimento foi realizado para os dados de pH obtidos no intervalo entre a aplicação de adubo.

De posse desses dados, foi realizada uma análise exploratória com intuito de observar o comportamento da distribuição dos dados. Essa etapa consistiu na verificação de tendência dos dados e sua remoção quando constatada por meio de gráficos de tendência, na identificação e eliminação de dados discrepantes ("outliers") através de gráficos "Box plot" e, na avaliação da normalidade da diferença entre pares de pontos, por meio de histogramas de frequências (AVILA; MELLO; SILVA, 2010; MELLO, 2004).

Posteriormente, foi testado o ajuste dos modelos de semivariograma exponencial e esférico, pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados (MQP) e Máxima Verossimilhança (MV), visando selecionar o que produziu melhor ajuste e, portanto, melhor caracterização da continuidade espacial. O critério para selecionar o melhor modelo e método ajustado, foi o que apresentasse o maior grau de dependência espacial (GD). Nas situações em que os modelos apresentaram GD idênticos ou muito próximos, a escolha do melhor modelo foi determinada pelo erro médio reduzido (ER) e desvio padrão do erro reduzido (SER), sendo selecionado aquele em o ER fosse mais próximo de zero e SER mais próximo de um e a validação cruzada, ambos segundo Mello et al. (2005).

Em toda a análise exploratória dos dados foi utilizado o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005), com o pacote R (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2001). Na etapa de geração dos mapas de pH, trabalhou-se com uma extensão do ArcMap, do software ArcGIS 9.2 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI, 2004), adotando os modelos dos semivariogramas que apresentaram melhor ajuste, considerando-se como ciclo de adubação a média das amostragens realizadas 24 horas após a adubação e fora do ciclo a média das demais amostragens.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, pode-se verificar que os dados de condutividade hidráulica do solo em todas as camadas indicam um bom fluxo de solutos no solo, contribuindo para uma boa drenagem interna. De acordo com Souza e Alves (2003), o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico apresenta alta condutividade hidráulica devido as suas características estruturais, notadamente, estrutura granular, e que valores superiores a 0,01 cm min^{-1} indicam uma boa condição para lixiviação de solutos.

Na Tabela 3 estão relacionados os dados relativos ao pH da água de irrigação e da solução antes, durante e após a injeção do fertilizante na água, coletado em um gotejador próximo à planta monitorada, durante o processo de fertirrigação.

O pH da água também aumenta a partir do momento que o fertilizante é injetado na linha de irrigação, e após a aplicação do fertilizante, o valor ainda é maior do que o observado antes de iniciar a injeção de fertilizante. Verifica-se, também, que no segundo ciclo

TABELA 2 – Condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat), para o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico da área experimental.

Atributos do solo	Camadas no perfil do solo (m)				
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,30	0,30 – 0,40	0,40 -0,50
Ksat (cm min^{-1})	0,0378	0,0794	0,0358	0,0142	0,0254

TABELA 3 - Dados médios do pH da água de irrigação antes, durante e após o término da fertirrigação no primeiro e segundo ciclo de adubação do cafeeiro.

Ciclos de adubação	pH da água				
	Água pura	Inicio da fertirrigação	Meio da fertirrigação	Final da fertirrigação	Água após fertirrigação.
primeiro ciclo	7,47	7,77	8,24	8,39	7,71
segundo ciclo	7,57	7,74	7,79	7,76	7,88

de adubação, durante a injeção de fertilizante, o pH foi menor do que o observado no primeiro ciclo de adubação o que pode ser devido, provavelmente, à dose de K_2O, que no primeiro ciclo de adubação foi maior. Ayers e Westcot (1991) relatam que o pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente, e no caso das águas de irrigação, o pH normal é entre 6,5 e 8,4. As águas com pH anormal podem criar desequilíbrio de nutrição ou conter íons tóxicos. As águas com pH normal causam poucos problemas no solo ou planta, porém podem corroer os componentes metálicos dos sistemas de irrigação. Assim, os teores de pH observados neste experimento estão de acordo com limites considerados normais.

Os resultados do grau de dependência espacial, validação cruzada e os parâmetros dos semivariogramas que apresentaram melhores ajustes pelas metodologias aplicadas para os dados de pH foram analisados e estão apresentados na Tabela 4. Para esse atributo o ajuste dos semivariogramas experimentais e o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o esférico, representando 75% dos casos analisados. Portanto esse foi o modelo que apresentou maior eficiência para estudo sobre a continuidade espacial do pH, na solução do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2010), avaliando os atributos químicos do solo em área cultivada com café arábica, sob manejo orgânico e convencional. Na mesma Tabela pode-se verificar que o método de ajuste que apresentou os melhores resultados foi o da máxima verossimilhança (MV), com ocorrência em 75% das situações. O efeito pepita para todas as situações foi nulo indicando que o erro experimental foi nulo e que não existe variação significativa a distâncias menores que a amostrada. Assim, o intervalo de amostragem foi adequado para detectar a estrutura de continuidade espacial subjacente ao fenômeno em estudo.

Verifica-se que há um forte grau de dependência espacial uma vez que o GD para todas as situações foi de 100%, indicando que o interpolador estatístico irá gerar bons resultados apresentando mapas representativos e sem tendência da distribuição espacial do pH da solução na área estudada. Verifica-se, também, que os valores do alcance teórico médio foram bem variados com amplitude de variação de 3,0 a 10,47 cm.

O erro médio (EM) e a tendência do estimador (TE) foram calculados para os modelos de semivariograma que melhor se ajustaram aos dados de pH da solução do solo e estão apresentados na Tabela 5. Para o modelo esférico, que apresentou a maior ocorrência para o pH da solução do solo, o valor médio de EM foi de 1,531% e o valor médio de TE foi 0,037%. Como o valor de TE>0% o modelo esférico aplicado ao mapeamento por krigagem tenderá a superestimar os valores observados de pH da solução do solo em 0,037%. Entretanto, esse valor médio de TE é muito baixo e o modelo esférico apresenta um elevado desempenho para avaliar a continuidade espacial do pH da solução do solo.

TABELA 4 – Parâmetros dos modelos de semivariograma (EP= efeito pepita, PAT= patamar, ALC= alcance em cm), GD= grau de dependência, ER= erro médio reduzido e SER= desvio padrão do erro reduzido, ajustado para dados de pH da solução do solo.

Tratamento		Modelo	Modelo	Parâmetros			GD	ER	SER
Adub.	Irrig.			EP	PAT	ALC			
A	I	ESF	MQP	0,00	0,041	7,33	100	0,0020	0,8893
	NI	EXP	MV	0,00	0,148	8,13	100	-0,0020	0,8024
B	I	ESF	MV	0,00	0,014	3,00	100	0,000	0,9326
	NI	ESF	MV	0,00	0,011	4,00	100	0,0000	0,9261
C	I	EXP	MV	0,00	0,020	4,06	100	0,0068	0,8553
	NI	ESF	MV	0,00	0,044	10,47	100	-0,0016	0,8638
D	I	ESF	MQP	0,00	0,010	5,00	100	0,000	0,9021
	NI	ESF	MV	0,00	0,009	4,00	100	0,000	0,9181

A= 1^0ciclo de adubação; B= Fora do 1^0ciclo de adubação; C= 2^0 ciclo de adubação e D= Fora do 2^0ciclo de adubação. I= irrigado e NI= não irrigado

TABELA 5 – Erro médio (EM) e Tendência do estimador (TE), para os modelos que apresentaram o melhor ajuste para o pH da solução do solo.

Tratamentos		Modelo	Método	EM	TE
Adubação	Irrigação				
A	I	ESF	MQP	2,170	0,066
	NI	EXP	MQP	3,492	0,174
B	I	ESF	MV	1,409	0,026
	NI	ESF	MV	1,233	0,021
C	I	EXP	MV	1,409	0,020
	NI	ESF	MV	2,152	0,074
D	I	ESF	MQP	1,133	0,019
	NI	ESF	MV	1,090	0,017

A= 1^0ciclo de adubação; B= Fora do 1^0ciclo de adubação; C= 2^0 ciclo de adubação e D= Fora do 2^0ciclo de adubação. I= irrigado e NI= não irrigado

O maior valor de EM e TE foram observados para o modelo exponencial, método da máxima verossimilhança, no primeiro ciclo de adubação para a planta não irrigada.

Na Figura 1 está apresentado o mapa de pH da solução do solo na camada de 0 – 0,50 m de profundidade observados na planta irrigada, durante os dois ciclos de adubação e fora dos ciclos de adubação.

No 1º ciclo de adubação (Figura 1A) o pH da solução do solo varia entre 7 e 7,25. Fora do 1º ciclo de adubação (Figura 1B) o pH da solução aumenta, predominando áreas com valores entre 7,5 e 8,0, que tendem a se concentrar na parte superior do mapa que corresponde à área superior da linha de plantio.

No 2º ciclo de adubação (Figura 1C), o pH da solução varia entre 7 e 7,75 predominando áreas com pH entre 7 e 7,25 e fora do 2º ciclo de adubação o pH da solução aumenta predominando áreas com valores entre 7,5 e 7,62, ocupando o entorno da planta. Verifica-se que houve diferença entre os dois ciclos de adubação, sendo que no 1º ciclo a área com menor

valor de pH é maior do que a área observada no 2º ciclo o que pode ser devido ao pH da água de irrigação que, no segundo ciclo de adubação, apresentou maior valor (Tabela 3) ou do efeito acumulativo da adubação. Fora do ciclo de adubação, verifica-se que no primeiro ciclo o pH da solução tende a ser maior do que no segundo ciclo, apresentando maior área com valor entre 7,75 e 8,0.

Na Figura 2 está apresentado o mapa de pH da solução do solo na camada de 0 – 0,50 m de profundidade observado na planta não irrigada durante os dois ciclos de adubação e fora dos ciclos de adubação. Verifica-se, na Figura 2A, que o valor de pH, na faixa diagonal que vai do canto superior direito para o canto inferior esquerdo, varia entre 7,25 e 7,75. Já fora do 1º ciclo de adubação (Figura 2B), o valor de pH tende a ser maior no sentido da linha de plantio sendo os maiores valores concentrados na faixa superior e varia de 7,5 a 8,0. Verificam-se que os dados coletados fora do ciclo de adubação apresentam aumento das áreas com maior valor de pH do que dentro do ciclo de adubação, provavelmente devido à condição de umidade do solo, uma vez que após o 3º parcelamento de adubação até a última coleta realizada (118 dias), a precipitação acumulada foi de 88,8 mm.

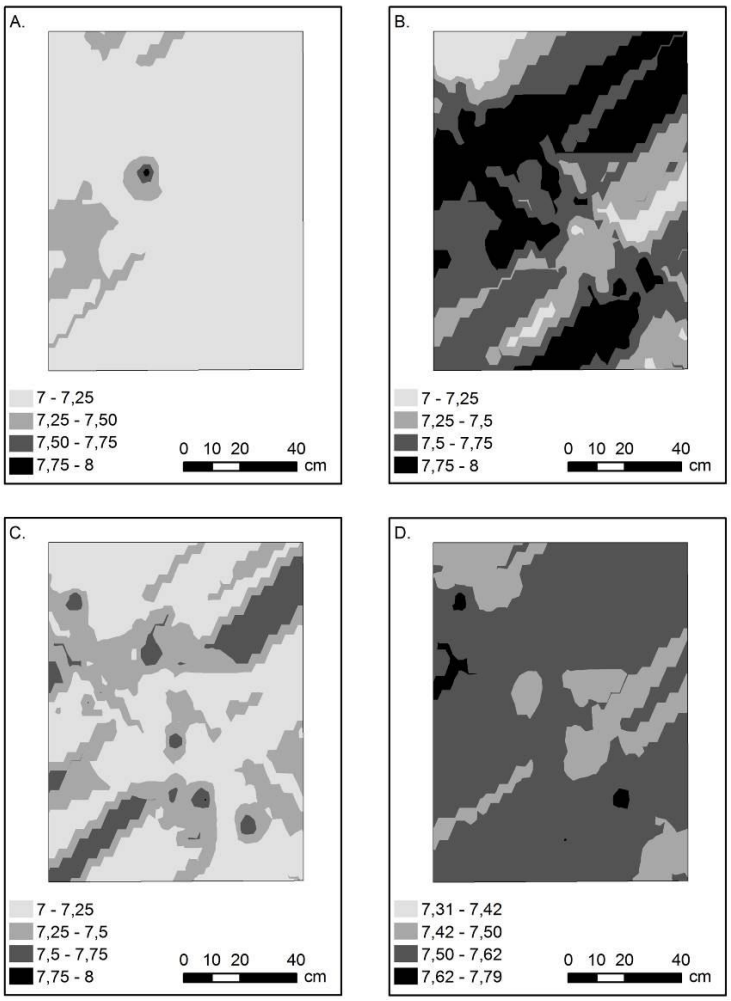


FIGURA 1 – Mapas da distribuição espacial do pH da solução do solo de plantas irrigadas. A, dentro do 1º ciclo de adubação; B, fora do 1º ciclo; C, dentro do 2º ciclo de adubação e D, fora do 2º ciclo de adubação.

Dentro do 2º ciclo de adubação (Figura 2C), observa-se que, na faixa diagonal à linha de plantio, o valor de pH é maior predominando entre 7,25 e 7,5. Fora do 2º ciclo de adubação (Figura 2D) verifica-se que, na parte superior do mapa que corresponde ao lado superior da linha de plantio, o valor de pH varia entre 7,5 e 8,0. Fora do ciclo de adubação o pH da solução foi maior devido, provavelmente, à umidade do solo uma vez que, após o 4º parcelamento da adubação até a última coleta de dados (75 dias), a precipitação registrada foi de 108,9 mm. Pode verificar, também (Figuras 2C e 2D), que a aplicação do adubo ficou concentrada na parte superior da linha de plantio.

Comparando o 1º ciclo de adubação (Figura 2A) com o 2º ciclo (Figura 2C) verifica-se que o valor de pH próximo à planta tende a ser maior no 1º ciclo, provavelmente, devido à influência da precipitação uma vez que, no 2º ciclo, no período em que as avaliações foram realizadas, a precipitação foi maior do que no 1º ciclo. Fora do ciclo de adubação, o maior valor de pH é observado no período equivalente ao 2º ciclo de adubação (Figura 2D) devido, provavelmente, à duração do período de coleta de dados que no 1º ciclo foi realizado até agosto de 2009 e no 2º ciclo até maio de 2010. Segundo Coelho (1994), existem evidências de que, em solos tropicais,

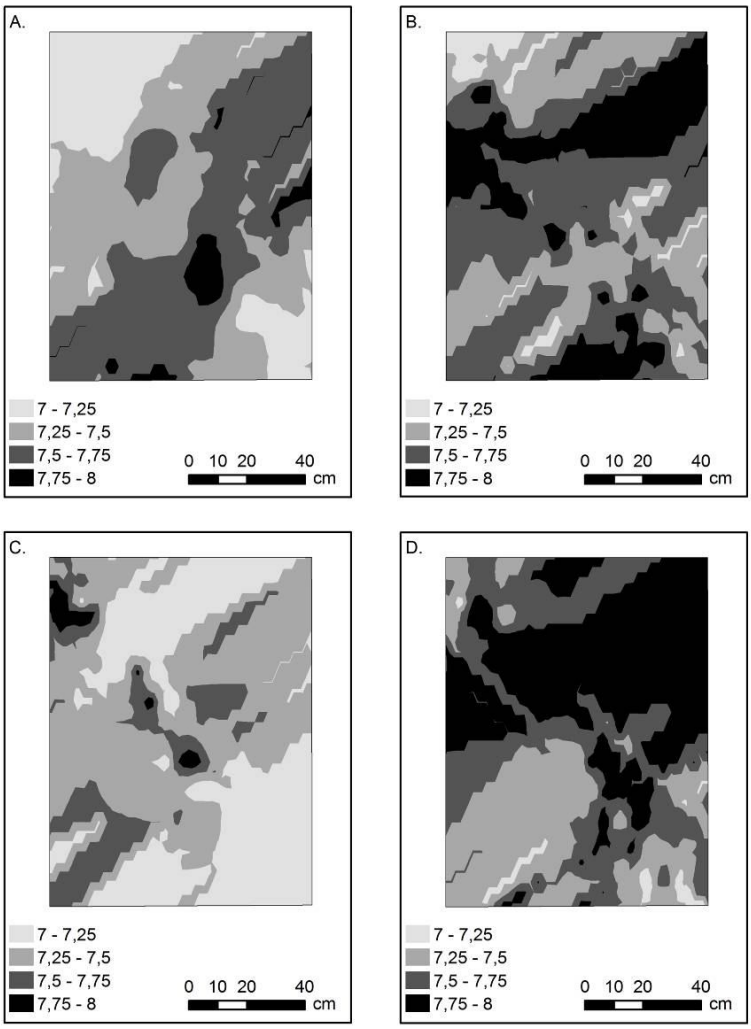


FIGURA 2 – Mapas da distribuição espacial do pH da solução do solo de plantas não irrigadas. A, dentro do 1º ciclo de adubação; B, fora do 1º ciclo; C, dentro do 2º ciclo de adubação e D, fora do 2º ciclo de adubação.

o processo de nitrificação não é tão rápido, prolongando a permanência do nitrogênio na forma amoniacal, o que contribui para a redução das perdas por lixiviação de nitrogênio.

Analisando o pH na área irrigada e não irrigada, nos dois ciclos de adubação, observa-se que a faixa de variação de pH é semelhante (entre 7,0 e 8,0), porém na área não irrigada, próximo à planta, o pH tende a ser maior, indicando que a forma de aplicação do adubo (via água e convencional) pode alterar o pH. Esse resultado está de acordo com o que foi obtido por Souza et al. (2006), que verificaram que, nos tratamentos fertirrigados o valor de pH foi menor, causando maior acidificação do solo nesses tratamentos, pois há maior lixiviação de sais na região do bulbo molhado, em comparação à adubação convencional em que os fertilizantes são aplicados em maior superfície.

Os valores obtidos neste trabalho apresentam um pH alcalino, indicando que as fontes e doses de fertilizantes aplicadas, no período avaliado, não promoveram a acidificação da solução do solo. Esse resultado é compatível ao obtido por Costa (2005), que verificou que a uréia não promoveu a acidificação do solo.

Segundo Lange et al. (2006), a fertilização com uréia, que é uma molécula de reação básica, inicialmente causa um aumento do pH, principalmente ao redor dos grânulos do adubo. Porém, após o processo de nitrificação do amônio, o pH decresce atingindo valores inferiores aos originais. Os resultados da análise de fertilidade do solo realizadas em 2008, 2009 e 2010, antes de iniciar-se o ciclo de adubação do café, apresentou valores de pH de 5,7, 5,4 e 5,2, respectivamente, demonstrando que, após o processo de mineralização e nitrificação, o pH do solo reduz para níveis considerados adequados à cultura.

4 CONCLUSÕES

No período em que as avaliações foram realizadas, verificou-se que:

O pH da solução do solo apresentou dependência espacial, tanto para a aplicação de adubo via fertirrigação como no sistema convencional;

As fontes e doses de adubo utilizadas, aplicados na fertirrigação e de forma convencional, promoveram a alcalinização da solução do solo;

O pH da solução do solo tende a ser menor, quando os nutriente são aplicados na fertirrigação do que na forma convencional.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de recursos para condução do experimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, L. F.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo numa bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1257-1266, 2010.

AYERS, R. S.; WESTCOTT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

BERGEZ, J. E.; NOLLEAU, S. Maize grain yield variability between irrigation stands: a theoretical study. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 60, n. 1, p. 43-57, 2003.

BROCCA, L. et al. Soil moisture spatial variability in experimental areas of central Italy. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 333, n. 1, p. 356-373, 2007.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação:** aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa, 1994. cap. 8, p. 201-227.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café:** safra 2010: segunda estimativa, maio de 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento_2010.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2010.

COSTA, E. L. **Fertirrigação nitrogenada por gotejamento em cafezal e sua influência nas características químicas do solo**. 2005. 100 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

DANTAS, A. A. A. et al. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DOURADO NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves, SWRC, version 3.00. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.

DUENHAS, L. H. et al. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 214-218, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS 9:** getting started with ArcGIS. Redlands, 2004. 265 p.

LANGE, A. et al. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460-467, mar./abr. 2006.

MELLO, J. M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.

MELLO, J. M. de et al. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 69, p. 25-37, 2005.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. P. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, Rockester, v. 1, n. 2, p. 15-18, 2001.

SILVA, A. F. da et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com café arábica (*Coffea arabica* L.) sob diferentes manejos. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 173-182, 2010.

SILVA, A. F. da; LIMA, J. S. de S.; OLIVEIRA, R. B. de. Métodos de interpolação para estimar o pH em solo sob dois manejos de café arábica. **Idesia**, Santiago, v. 28, n. 2, p. 61-66, 2010.

SOBRAL, L. F.; NOGUEIRA, L. C. Influência de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, em atributos do solo, níveis críticos foliares e produção do coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 1675-1682, 2008.

SOUZA, T. R. de et al. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 501-505, 2006.

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 133-139, jan./fev. 2003.

SOUZA, Z. M. de et al. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo na aplicação de insumos para cultura de cana-de-açucar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 317-377, mar./abr. 2007.

TEIXEIRA, L. A. J. et al. Adubação com NPK em coqueiro anão-verde (*Cocos nucifera* L.): atributos químicos do solo e nutrição da planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 115-119, 2005.

ZHU, Y.; SHAO, M. Variability and pattern of surface moisture on a small-scale hillslope in Liudaogou catchment on the northern Loess Plateau of China. **Geoderma**, Amsterdam, v. 147, p. 185-191, 2008.

INCIDÊNCIA DA FERRUGEM ALARANJADA EM CAFEEIROS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE PRESIDENTE PRUDENTE, SP.

Sônia Maria Nalesso Marangoni Montes[1], Edison Martins Paulo[1], Ivan Herman Fischer[2]

(Recebido: 12 de maio de 2010; aceito 5 de março de 2012)

RESUMO : A ferrugem é a doença mais comum das lavouras de café. O desenvolvimento de novas cultivares por meio de melhoramento genético é considerado a melhor alternativa para controlar o fungo *Hemileia vastratix*. O trabalho estudou a incidência da ferrugem nas cultivares Icatu vermelho (IAC 4045), Icatu amarelo (IAC 2944), Catuaí vermelho (IAC 99), Mundo Novo (IAC 388-17-1) e Obatã (IAC 1669-20), enxertadas sobre Apoatã (IAC 2258) (*Coffea canephora*) e na Icatu vermelho (IAC 4045) sem enxertia, totalizando seis tratamentos. O ensaio foi realizado em Presidente Prudente-SP, em blocos ao acaso com dez plantas por parcela, plantadas no espaçamento 3,5 x 1,0 m. No período de maio de 2007 a fevereiro de 2008, coletaram-se quinzenalmente duas folhas ao acaso em cada terço dos cafeeiros, para avaliação da presença ou ausência de pústulas características da ferrugem na página abaxial das folhas. Calculou-se a área abaixo da curva de progresso da ferrugem para cada uma das cultivares. Os dados de infestação foram submetidos à análise de variância e correlacionados com as variáveis climáticas. Concluiu-se que a infecção diferiu entre as cultivares e foi menor nas cvs. Obatã IAC 1669-20 e Icatu amarelo IAC 2944. A incidência da doença se correlacionou negativamente com as temperaturas máximas e mínima absoluta e média mensal, mas não com a precipitação pluvial mensal.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, doença, resistência, variáveis climáticas.

INCIDENCE OF RUST IN COFFEE CULTIVARS UNDER THE CLIMATIC CONDITIONS OF PRESIDENTE PRUDENTE, SP.

ABSTRACT: *Rust is the most common disease in coffee crops. The development of new varieties through genetic crossing is considered the best way to control the fungus Hemileia vastratix Berk & Br. The study aimed to evaluate the incidence of rust in five varieties of coffee grafted on Apoatã (IAC 2258) (Coffea canephora): Icatu vermelho (IAC 4045), Icatu amarelo (IAC 2944), Catuaí vermelho (IAC 99), Mundo Novo (IAC 388-17-1) and Obatã (IAC 1669-20) and cultivate Icatu vermelho (IAC 4045) without grafting, totaling six treatments. The test was conducted in Presidente Prudente, SP, in random blocks with ten plants per plot, spaced at 3.5 x 1.0 m. During May 2007 to February 2008 we collected two sheets every 15 days at random in a third of the coffee trees, to evaluate the presence or absence of infectious pustules from yellow to orange on the abaxial surface of leaves. The area under the rust progress curve was calculated for each cultivar. The infestation data were subjected to analysis of variance and correlated with climatic data. It was concluded that infection differed among cultivars and was lower in cultivars Obatã IAC 1669-20 and Icatu amarelo IAC 2944. Disease incidence was negatively correlated with the absolute minimum and maximum average monthly temperatures, but not with the monthly rainfall.*

Index terms: *Coffea arabica L., Hemileia vastratix, disease, resistance, climatic variable.*

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) induz à desfolha por ocasião da colheita, à queda precoce das folhas, com menor vingamento da florada e dos frutos na fase de chumbinho e à seca dos ramos plagiotrópicos, cujo conjunto de eventos pode reduzir em mais de 50% a produção do cafeeiro (ZAMBOLIM et al., 1997).

O vento e a água são os principais meios de disseminação dos uredósporos da ferrugem cuja germinação ocorre quando há molhamento foliar e temperatura do ar é de, aproximadamente, 22 ºC, processo esse que , abaixo de 15º C e acima de 28,5º C, é inibido (ZAMBOLIM et al., 2005).

A ocorrência da doença é maior em anos de elevada produção (MIGUEL et al., 1977; ZAMBOLIM et al., 2005), possivelmente relacionado à drenagem de fotoassimilados das folhas para os frutos (ZAMBOLIM et al., 2005). Outros fatores favoráveis ao desenvolvimento de epidemias são: deficiências nutricionais, manejo inadequado e espaçamentos reduzidos entre as linhas da cultura

[1]Apta Regional Alta Sorocabana/APTA/SAA - Cx. P. 298 - 19.015-970 - Presidente Prudente - SP soniamontes@apta.sp.gov.br, edisonpaulo@apta.sp.gov.br
[2]Apta Regional Centro Oeste/APTA/SAA - Av. Rodrigues Alves, 4040- 17.030-000 - Bauru - SP ihfische@apta.sp.gov.br

que provocam aumento do autossombreamento das folhas (VIEIRA JÚNIOR et al., 2008).

O aumento na intensidade dessa doença ocorre após as primeiras produções do cafeeiro (CHALFOUN, 1997). No cafezal em formação há microclima desfavorável à incidência da ferrugem, pois os cafeeiros com menor porte em relação ao espaçamento possibilitam maior arejamento da copa (ZAMBOLIM et al., 2005).

O controle da ferrugem pode ser feito pela aplicação de fungicidas ou pelo emprego de métodos alternativos entre os quais a indução de resistência e o controle biológico. A resistência genética constitui o método de controle ideal da ferrugem, pois o uso contínuo de produtos químicos aumenta os custos de produção e a probabilidade de resistência dos fitopatógenos, além de impactar o ambiente.

O grau de resistência à *H. vastatrix* difere entre as cultivares resistentes, os quais ao longo do tempo podem se tornar suscetíveis a novas raças do patógeno originadas por mutações genéticas (CARDOSO, 1996; FAZUOLI et al., 2007; VALLEJO; MUÑOZ, 1998), o que torna necessária a permanente avaliação de suscetibilidade dessas cultivares ao patógeno.

O monitoramento da incidência da ferrugem permite reconhecer as épocas críticas de ocorrência, a identificação dos níveis de dano econômico e o momento ideal de iniciar o controle químico da doença (VIEIRA JÚNIOR et al., 2008) e com possibilidade de uma única aplicação de fungicida ser suficiente para o controle da ferrugem em lavouras com baixa a média carga pendente (GARÇOM, 2004).

Estudou-se, no trabalho, a distribuição da incidência da ferrugem em cultivares de cafeeiro nas condições climáticas em Presidente Prudente, SP, com objetivo de amparar decisões na elaboração de programa de controle eficiente da doença.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Polo Alta Sorocabana-APTA, no município de Presidente Prudente, SP, em local de altitude média de 424,29 m, 22º11' S de latitude e 51º23'W de longitude. O clima da região segundo a classificação de KÖEPEN é do tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura mínima média de 14°C e precipitação inferior a 60 mm de chuva (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA - CEPAGRI, 2007). Os dados climáticos do período experimental estão na Tabela 1.

As observações da ocorrência de pústulas infecciosas características de *H. vastatrix* foram realizadas em plantas das cvs. de cafeeiro Icatu vermelho (IAC 4045), Catuaí vermelho (IAC 99), Mundo Novo (IAC 388-17-1), Obatã (IAC 1669-20), Icatu amarelo (IAC 2944), enxertados sobre Apoatã (IAC 2258) (*Coffea canephora Pierre ex A. Froehner*) e Icatu vermelho (IAC 4045) sem enxertia, com idade aproximada de 3 anos.

Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de 3,5 x 1,0 m e dispostos em linhas de 100 plantas na mesma área experimental. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições e dez plantas por parcela.

Os sintomas característicos da ferrugem, quais sejam: manchas de coloração amarelo-pálido, pequenas, de 1 a 3 mm de diâmetro, que evoluem, atingindo até 2 cm de diâmetro, quando então apresentam aspecto pulverulento com produção de uredósporos de coloração amarelo-alaranjado. Foram observadas, na face inferior das folhas e na face superior, manchas cloróticas amareladas correspondentes aos limites da pústula na face inferior (ZAMBOLIM et al., 1997).

No período de maio a dezembro de 2007, avaliou-se quinzenalmente a presença de pústulas em seis folhas obtidas a partir da coleta ao acaso de duas folhas no terço superior, médio e inferior em cada uma das plantas das parcelas. A incidência foi estimada pela contagem do número de folhas com sintomas da ferrugem e, a seguir, dividindo-se pelo número total de folhas da amostra; ao multiplicar esse valor por 100, obtém-se a porcentagem. Após a obtenção dos dados de incidência (%) da ferrugem, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com a equação proposta por Campbell e Madden (1990).

$$\text{AACPD} = \sum_{i}^{n-1}\left[\frac{Yi + Yi + 1}{2}\right](ti + 1 - ti)$$

Em que: y_i = proporção da doença na i-ésima observação; t_i = tempo em dias na i-ésima observação; n= número total de observações;

TABELA 1 – Dados climáticos do ano experimental do local da experimentação. Presidente Prudente, SP, 2007.

Mês	Temperatura absoluta		Temperatura média mensal			Precipitação pluvial
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Média	
			º C			mm
Janeiro	34,6	20,3	30,6	22,2	26,4	351,3
Fevereiro	35,0	17,8	31,8	21,9	26,8	156,2
Março	36,4	17,0	33,1	23,0	28,0	95,0
Abril	36,4	15,4	32,1	21,4	26,8	56,8
Maio	33,0	5,4	27,7	17,1	22,4	71,6
Junho	31,6	5,8	28,5	16,5	22,5	0
Julho	32,0	7,0	25,7	14,9	20,3	293,0
Agosto	33,0	11,0	29,0	16,8	22,9	1,2
Setembro	38,0	16,0	33,7	21,0	27,4	16,0
Outubro	39,0	17,6	33,8	21,4	27,6	84,4
Novembro	36,4	17,8	31,7	20,2	26,0	199,5
Dezembro	37,0	17,0	32,5	23,0	27,7	66,2

(y_i+y_{i+1}), a altura média do retângulo entre os pontos y_i e y_{i+1}; e (t_{i+1}-t_i), a diferença da base do retângulo entre os pontos t_{i+1} e t_i.

Os dados de incidência (%) de ferrugem, na média das cultivares, foram correlacionados com as temperaturas máximas e mínimas absolutas e máximas, mínimas e médias mensais e precipitação pluvial do período de maio a dezembro de 2007, obtidas na Estação Meteorológica da UNESP[1], de Presidente Prudente, SP, posteriormente analisados pelo teste F (P<0,05), utilizados para diferenciar as cultivares.

Os resultados de incidência (%) de ferrugem do cafeeiro, expressos como AACPD, foram submetidos à análise de variância e as médias das cultivares comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar à 22ºC, a umidade relativa alta e o molhamento foliar prolongado, associadas à alta densidade foliar, são consideradas as condições ambientais ideais para o desenvolvimento dos uredósporos de *H. vastatrix* (ZAMBOLIM et al., 2005). A germinação dos uredósporos é favorecida pela presença de água na forma líquida, mas também ocorre em 24 horas, em ar úmido e temperatura de 24ºC (GALLI; CARVALHO, 1980). Temperaturas abaixo de 15ºC e acima de 28,5ºC inibem a germinação dos uredósporos da ferrugem (ZAMBOLIM et al., 2005).

No período experimental, a temperatura média do ar considerada ótima para a germinação dos uredósporos, cerca de 22ºC (ZAMBOLIM et al., 2005) aconteceu no período de maio até agosto (Tabela 1). No mês de maio já se constatavam índices elevados da doença na área experimental, mas encontraram-se os maiores valores nos meses de junho e julho (Figura 1), com incidência superior a 80% nas cvs. IV 4045/PF e CV IAC 99, quando se registraram, respectivamente, as temperaturas médias de 22,5ºC e 20,3ºC e a ausência de precipitação pluvial em junho e a ocorrência de 293 mm de chuva em julho. Apesar da provável falta de água na forma líquida devido à ausência de chuva em junho, a precipitação verificada em maio (Tabela 1) proveu a condição de umidade necessária para a germinação dos uredósporos nos cafeeiros da área experimental.

Comportamento semelhante da doença foi observado em Lavras, MG, com pico máximo da incidência da ferrugem em julho/2003 e julho e setembro

[1]UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

(MIRANDA et al., 2006; TALAMINI, 2003) e agosto de 2005 e 2006, tanto para sistema orgânico quanto convencional (MIRANDA et al., 2010).

A ocorrência precoce da ferrugem, com níveis de infecção da ordem de 60-70%, em fevereiro do ano agrícola 2006/2007, foi relatada por Japiassú et al. (2007) em Varginha, MG, em função da precipitação elevada ocorrida no mês de janeiro (436,8 mm), dificultando a realização de tratos culturais.

Assim,a influência do ambiente prevaleceu, estando de acordo com Miranda et al. (2009), que afirmam serem os fatores climáticos e ambientais determinantes no processo de instalação e evolução da ferrugem do cafeeiro.

A curva de progresso da doença é a melhor representação da epidemia, porque caracteriza as interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente, além de permitir avaliações de estratégias de controle, previsão de níveis futuros de doença e a quantificação da doença no campo (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 1996), representada no presente estudo pela Figura 1.

No período de setembro a novembro, apesar da ocorrência de temperaturas médias do ar dentro da faixa favorável para o desenvolvimento da doença, nota-se acentuado declínio da infecção da ferrugem nos cafeeiros com seu desaparecimento em novembro. Nesse período, as temperaturas mínimas foram maiores que 15ºC (Tabela 1), pelo que se pode concluir que a germinação dos uredósporos foi inibida pelo maior número de horas de ocorrência das temperaturas acima de 28,5ºC (ZAMBOLIM et al., 2005), em relação ao período de maio a agosto (Figura 1).

A curva de progresso da ferrugem obtida (Figura 1) não difere daquela descrita para a maioria das regiões produtoras de café do Brasil, cujos índices de infecção, maiores que 60%,constatados em cafeeiros suscetíveis (Figura 1) são relatados para cafezais com média-alta produção (ZAMBOLIM et al., 2005). Apesar de a ferrugem ter comportamento diferenciado em lavouras com cargas pendentes diferentes, com maior infecção nas lavouras de cargas altas (JAPIASSÙ et al., 2007; MIRANDA et al., 2006), o início do período de infecção e o pico de maior ocorrência foram alterados pelo clima.

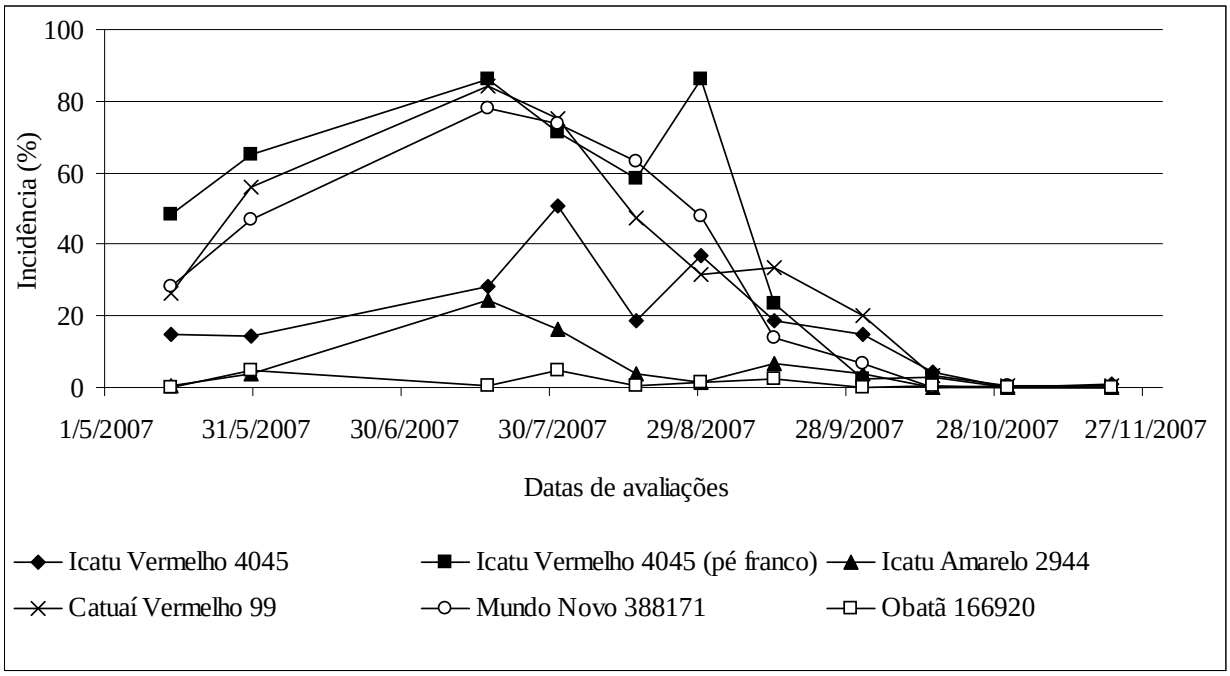


FIGURA 1 – Curva de progresso da incidência da ferrugem alaranjada em cultivares de cafeeiro. Presidente Prudente, SP, 2007.

Na região de Campinas, a porcentagem de folhas com ferrugem na cultivar Ouro Verde Amarelo IAC 4397 foi superior a 80%, no período de julho a setembro de 2003, e caiu drasticamente a zero em outubro (CONCEIÇÃO, 2005).

Os resultados da porcentagem de infecção correlacionaram-se negativamente com as temperaturas máxima e mínima absoluta e máxima e mínima mensal, mas não com a precipitação pluvial mensal (Tabela 2), o que permite concluir que o índice de infecção da ferrugem diminuiu com o aumento da temperatura, mas não com a precipitação pluvial.

A intensidade de ataque da ferrugem diferiu entre as cultivares de cafeeiros, no período estudado. As menores porcentagens de infecção constataram-se nas cultivares Obatã IAC 1669-20 e Icatu Amarelo IAC 2944 (Figura 1), o que resultou menor (P<0,05) na área abaixo da curva de progresso da incidência da doença comparativamente às demais cultivares de cafeeiro (Tabela 3). A elevada resistência da cultivar Obatã IAC 1669-20 à ferrugem, cuja incidência não ultrapassou os 5% nas avaliações, já havia sido relatada por Conceição (2005) que encontrou ausência de incidência da doença entre 07/03 a 12/04 em Campinas, SP.

Os maiores índices de infecção e, portanto com maior área abaixo da curva de progresso da incidência da doença, foram observados na Icatu vermelho (IAC 4045) (pé franco), na Catuaí Vermelho (IAC 99) e na Mundo Novo (IAC 388-17-1). Menor taxa de infeção por *H. vastatrix* na cultivar Icatu Amarelo em relação à Catuaí Vermelho também foi observada em cafeeiros orgânicos de Poço Fundo-MG (MARTINS; MENDES; ALVARENGA, 2004). A Icatu Vermelho IAC 4045, enxertada sobre Apoatã IAC 2258, com índice de infecção intermediário, diferiu das demais cultivares de cafeeiros.

TABELA 2 – Correlação da variável incidência (%) de ferrugem em cafeeiro e variáveis climáticas. Presidente Prudente, SP. 2007.

Variáveis climáticas	Incidência (%)
T máxima absoluta	- 0,77**
T mínima absoluta	- 0,78**
T média máxima mensal	- 0,72**
T média mínima mensal	- 0,79**
T média	- 0,75**
Precipitação pluvial mensal	- 0,02 ns

TABELA 3 - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem alaranjada, em cultivares de cafeeiro entre 05/2007 e 11/2007 (11 avaliações).

Cultivar	AACPD *
Catuaí Vermelho (IAC 99)	7.809,4 C
Icatu Amarelo	1.380,3 A
Icatu Vermelho (IAC 4045)	3.633,9 B
Icatu Vermelho 9IAC 4045 (pé franco)	8.715,0 C
Mundo Novo (IAC 388-17-1)	7.172,5 C
Obatã (IAC 1669-20)	328,3 A
C.V. (%)	15,9

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância

A Icatu Amarelo (IAC 2944), a Icatu Vermelho (IAC 4045) e a Obatã (IAC 1669-20) são cultivares de cafeeiro para as quais a presença de resistência (AGUIAR et al., 2004; CONCEIÇÃO, 2005) ou resistência/tolerância (DIAS et al., 2005) à ferrugem é relatada, enquanto são descritas como suscetíveis à *H. vastatrix* a Catuaí Vermelho IAC 99 (AGUIAR et al., 2004; DIAS et al., 2005) e Mundo Novo IAC 388-17-1 (AGUIAR et al., 2004).

Diferenças no grau de resistência ou tolerância à ferrugem são relatadas inclusive para linhagens de cafeeiro Icatu avaliadas em Pindorama (SP), com valores variando de 30 a 90% das folhas com lesões (GALLI et al., 2007). As diferenças nas curvas de progresso da doença verificadas entre as cultivares de Icatu podem ser devido à(s) raça(s) da *H. vastatrix* existentes na condição ecológica do local da experimentação e para as quais esses cafeeiros não foram submetidos durante o processo de seleção. Relata-se que, atualmente, tem-se encontrado esporos da ferrugem em cafeeiros nas cultivares Icatu, Catucaí e derivados do Híbrido de Timor anteriormente considerados resistentes à doença, fato que indica a possível presença de novas raças fisiológicas do fungo nas plantações do Brasil (FAZUOLI et al., 2007). O resultado é importante pois nas cultivares de cafeeiro Icatu Amarelo, Icatu Vermelho e Obatã IAC 1669-20 o controle químico da ferrugem não é recomendado (THOMAZIELO et al., 2000). Na prática têm-se com frequência a adoção de medidas de controle da ferrugem , quando as lavouras apresentam 5 a 20% de incidência da doença (CUNHA; MENDES; CHALFOUN, 2004), o que foi observado na Icatu Amarelo IAC 2944 somente no mês de julho e, praticamente, em todo o período experimental com a Icatu Vermelho (IAC 4045), quer em pé franco ou enxertada, bem como nas cultivares suscetíveis Mundo Novo (IAC 388-17-1) e Catuaí vermelho (IAC 99) (Figura 1).

Na cultivar Icatu Vermelho, a enxertia condicionou menor índice de infecção pelo agente da ferrugem na maioria das amostragens (Figura 1), o que resultou em menor área abaixo da curva do progresso da doença (Tabela 3), em relação ao Icatu vermelho pé franco. Comparativamente ao pé franco, a combinação enxerto/porta enxerto altera os complexos mecanismos de "feed back" entre a parte aérea e raízes e pode afetar, de maneira positiva ou negativa, a eficiência nutricional da planta (TOMAZ et al., 2006). A enxertia de *Coffea arabica* sobre *Coffea canephora* tem resultado em maiores teores de potássio (FAHL et al., 1998) e, dependendo da combinação copa/porta enxerto beneficiado, a utilização de zinco e cobre (TOMAZ et al., 2006) e, por vezes, diminuído o teor foliar de manganês (FAHL et al., 1998) ou não (TOMAZ et al., 2006). A enxertia do Icatu Vermelho IAC 2944 sobre o Apoatã IAC 2258 pode ter condicionado melhor nutrição da planta e explicar a menor incidência da ferrugem alaranjada, posto que deficiências nutricionais favoreçam o aparecimento da doença no cafeeiro (VIEIRA JÚNIOR et al., 2008). O equilíbrio nutricional das plantas, principalmente nitrogênio e potássio, confere maior resistência ás doenças (ZAMBOLIM; VALE, 2000).

4 CONCLUSÕES

Cultivares de cafeeiro diferem quanto à incidência de ferrugem que se correlaciona negativamente com as temperaturas máximas e mínima absoluta e média mensais, mas não com a precipitação pluvial mensal.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. T. E. et al. Características de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 179-192, 2004.

BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais:** epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Agrônomica Ceres, 1996. 289 p.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. 532 p.

CARDOSO, R. M. L. Prospecção de raças de *Hemileia vastatrix* em germoplasma de café, para seleção de cafeeiros de grupos fisiológicos com elevada resistência à ferrugem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 305.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas, Presidente Prudente**. Campinas: UNICAMP, 2007. Disponível em: <http://www.unicamp.br/outrasinformações/clima-dos-municipios-paulistas.htm>. Acesso em: 24 mar. 2010.

CHALFOUN, S. M. **Doenças do cafeeiro:** importância, identificação e métodos de controle. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 96 p.

CONCEIÇÃO, C. H. **Biologia, dano e controle do bicho-mineiro em cultivares de café arábica**. 2005. 86 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

CUNHA, R. L.; MENDES, A. N. G.; CHALFOUN, S. M. Controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seus efeitos na produção e preservação do enfolhamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 990-996, set./out. 2004.

DIAS, F. P. et al. Caracterização de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: II., caracteres relacionados à produção. **Revista Ceres**, Piracicaba, v. 52, n. 299, p. 85-100, 2005.

FAHL, J. I. et al. Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 297-312, 1998.

FAZUOLI, L. C. et al. A ferrugem alaranjada do cafeeiro e a obtenção de cultivares resistentes. **O Agronômico**, Campinas, v. 59, p. 73-77, 2007.

GALLI, F.; CARVALHO, P. C. T. Doenças do cafeeiro. In: GALLI, F. (Coord.). **Manual de fitopatologia**. Piracicaba: FEALQ, 1980. v. 2, p. 128-140.

GALLI, J. A. et al. Avaliações de linhagens de café Icatu. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 30., 2007, Jaboticabal. **Resumos...** Jaboticabal: UNESP, 2007. p. 33.

JAPIASSÚ, L. B. et al. Influência da carga pendente, do espaçamento e de fatores climáticos no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SPCB, 2007. 1 CD-ROM.

MARTINS, M.; MENDES, A. N. G.; ALVARENGA, M. I. N. Incidência de pragas e doenças em agroecossistemas de café orgânico de agricultores familiares em Poço Fundo, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1306-1313, nov./dez. 2004.

MIGUEL, A. E. et al. Observações sobre os efeitos de três níveis de produção na incidência e controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1977, Guarapari. **Resumos...** Guarapari: MAPA/IBC, 1977. p. 220-221.

MIRANDA, L. C. et al. Intensidade da ferrugem em cafeeiros fertirrigados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 885-891, set./out. 2006.

TALAMINI, V. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de inicio e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.

THOMAZIELO, R. A. et al. **Café arábica:** cultura e técnicas de produção. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 82 p. (Boletim Técnico, 187).

TOMAZ, M. A. et al. Absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 377-384, 2006.

VALLEJO, L. F. G.; MUÑOZ, J. D. O. Identificación de la raza XXII (v5v6) de Hemileia vastatrix em Colombia. **Cenicafé - Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café**, Chinchiná, v. 49, n. 4, p. 340-344, 1998.

VIEIRA JÚNIOR, J. R. et al. **Avaliação da severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiros (*Coffea canephora*) cultivados em condições de sombreamento**. Porto Velho: EMBRAPA, 2008. 3 p. (Circular Técnica, 103).

ZAMBOLIM, L. et al. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: Suprema, 1997. p. 83-180.

_____. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica e C. canephora*). In: KIMATI, L. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia:** doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 165-180.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. Perdas na produtividade e qualidade do cafeeiro causados por doenças bióticas e abióticas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Café:** produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 239-261.

SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEEIRO DERIVADAS DE CATUAÍ COM ICATU E HÍBRIDO DE TIMOR[1]

Marcelo Frota Pinto[1], Gladyston Rodrigues Carvalho[2], César Elias Botelho[2], Juliana Costa Rezende[2], Vinícius Teixeira Andrade[3], João Paulo Felicori Carvalho[1]

(Recebido: 5 de outubro de 2010; aceito 6 de setembro de 2011)

RESUMO: Objetivou-se, com o presente trabalho, selecionar progênies oriundas do cruzamento das cultivares Catuaí com Icatu e descendentes de Híbrido de Timor, visando obter materiais genéticos produtivos e com características agronômicas favoráveis. Foram instalados e conduzidos experimentos em três municípios do estado de Minas Gerais: Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Foram avaliadas 18 progênies e duas cultivares (testemunhas), desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG. Em cada ambiente, o delineamento foi em blocos casualizados com três repetições e parcelas constituídas por 10 plantas. Foram analisadas as características produtividade, rendimento de café beneficiado, percentual de grãos retidos em peneira 17 e acima, e porcentual de frutos chochos e de frutos cereja. Verificou-se que existe grande variabilidade entre as progênies e os ambientes. As progênies H 516-2-1-1-18 cova 2, H 516-2-1-1-18 cova 3, H 516-2-1-1-18 cova 5, H 419-3-4-5-2 cova 2 e H 419-3-4-5-2 cova 3 destacam-se em todas as características avaliadas.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, produtividade, peneira, maturação.

SELECTION OF COFFEE PROGENIES DERIVED FROM CATUAÍ WITH ICATU AND HIBRIDO DE TIMOR

***ABSTRACT**: The objective of this research was to select progenies from the cross of cultivars Yellow and Red Catuaí with Icatu and descendants of Timor Hybrid in order to select productive materials and with good agronomic characteristics. Experiments were carried out in three locations of the state of Minas Gerais: Lavras, Campos Altos and Patrocínio. We evaluated eighteen progenies and two cultivars (witnesses) developed by Genetic Improvement Program of Coffee plant in Minas Gerais, Brazil, coordinated by EPAMIG. The experimental design was a randomized blocks, with three replicates and 10 plants per plot. We analyzed the characteristics yield, bean/fruit weight ratio, grain retained in large screens, floater beans and cherry beans percentage. There is great variability among the progenies and the coffee regions. The progenies H516-2-1-1-18 MS cv 02, H516-2-1-1-18 MS cv 03, H516-2-1-1-18 MS cv 05, H419-3-4-5-2 MS cv 02 e H419-3-4-5-2 MS cv 03 stood out over others.*

***Index terms**: Coffea arabica, productivity, sieve grains, fruit maturation.*

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira tem experimentado melhorias, decorrentes de pesquisas realizadas por várias Instituições do país que se dedicam a esse fim, principalmente na área de melhoramento e desenvolvimento de novas cultivares, adaptadas às diferentes condições de cultivo, de alto padrão genético e elevado potencial de produção. Os trabalhos atuais de melhoramento visam, além de aumento da produtividade, a melhoria de outras características agronômicas como qualidade de bebida, atributo importante diante de mercados cada vez mais exigentes e seleção de cultivares adaptadas às diferentes condições e sistema de cultivo, aliadas à resistências às pragas e doenças (MENDES; GUIMARÃES, 1998).

A maioria das cultivares melhoradas resistentes à ferrugem, atualmente em uso, tem como fonte de resistência o genótipo denominado Híbrido de Timor (VÁRZEA et al., 2002) e seu alto potencial produtivo aliado à resistência à ferrugem tem sido confirmado em suas progênies (BONOMO et al., 2004; CARVALHO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011).

Outro germoplasma de grande importância nos programas de melhoramento, visando resistência à

[1]Artigo extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada a Universidade Federal de Lavras/ UFLA Cx. P. 3037 - 37200-000 – Lavras - MG - Área de concentração Fitotecnia

[2]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/ EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG carvalho@epamig.ufla.br, cesarbotelho@epamig.br, julianacosta@epamig.ufla.br

[3]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG viniciusandrade84@yahoo.com.br

ferrugem, é a população de Icatu. Do provável cruzamento natural entre Icatu e Catuaí foram obtidas as cultivares do grupo Catucaí. A seleção nessas cultivares, realizada pelo PROCAFÉ/MAPA, vem sendo feita com objetivo de selecionar plantas produtivas, com elevado vigor vegetativo e resistentes à ferrugem (CARVALHO, G. et al., 2008).

Dessa forma objetivou-se, com o presente trabalho, selecionar progênies produtivas e com características agronômicas favoráveis de *Coffea arabica*, oriundas do cruzamento das cultivares Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 18 progênies em geração F_5 e duas cultivares (testemunhas) (Tabela 1). Das 18 progênies, oito são do grupo Catucaí, selecionadas pelo programa de melhoramento do PROCAFÉ/MAPA e dez são descendentes do Híbrido de Timor desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG. Essas progênies foram selecionadas em plantas superiores da Fazenda Ouro Verde, em Campos Altos-MG.

Os experimentos foram instalados, em dezembro de 2005, em área experimental localizadas nos municípios de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, compreendendo as principais regiões produtoras de café do estado de Minas Gerais, Sul de Minas e Alto Paranaíba. Para todos os ensaios foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por 20 genótipos de cafeeiro (Tabela 1). As parcelas foram constituídas de uma linha com dez plantas, sem plantas de bordadura. O espaçamento utilizado foi de 3,5 m entre linhas e 0,70 m entre plantas. A instalação e condução dos experimentos foram feitas de acordo com as recomendações técnicas apropriadas para a cultura do cafeeiro. As adubações foram realizadas conforme exigência e o manejo adotado foram todas as práticas usualmente empregadas na cultura, para cada região.

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas, com base na média dos dados das duas primeiras safras 2007/2008 e 2008/2009 (biênio):

a) Produtividade: foi realizada a colheita dos frutos (litros de "café da roça"), no mês de julho de cada ano, e depois realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (sc/ha), por meio do rendimento dos genótipos, calculado no item b. O valor é uma média de duas safras 2007/2008 e 2008/2009 ("Biênio").

b) Rendimento: através de amostras de 3 litros de "café da roça", coletada durante a colheita, foi realizada a secagem do material, até 11% de umidade. Após o beneficiamento as amostras foram pesadas, realizando-se a conversão, sendo expresso em litros de "café da roça"/saca de 60 kg de café beneficiado.

c) Percentual de 'peneira 17 e acima': determinado passando-se uma amostra de 300 gramas de café beneficiado em peneiras intercaladas (17/64 a 19/64), sendo feito o somatório das massas dos grãos retidos em cada uma, transformados em percentual.

d)Uniformidade de maturação: foram avaliadas anualmente por ocasião da colheita, por meio da amostragem de frutos, das quatro plantas centrais de cada parcela (um litro por parcela), em ramos plagiotrópicos localizados nos quatro quadrantes e das posições superior média e inferior. Foi realizada a contagem dos frutos cereja, sendo a uniformidade de maturação expressa em percentual.

e) Porcentagem de frutos chochos**:** foi utilizada a metodologia proposta por Antunes e Carvalho (1954) em que se colocam 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permaneceram na superfície.

Os dados de cada característica avaliada foram submetidos à análise de variância individual e, posteriormente, realizou-se a análise conjunta dos experimentos (ambientes), sendo verificada previamente a homogeneidade das variâncias residuais, pelo teste de Harttley, como sugerido por Ramalho, Ferreira e Oliveira (2000). As análises de variâncias foram realizadas com auxílio do programa computacional "Sisvar" (FERREIRA, 2008), adotando-se significâncias de 5% e de 1% de probabilidade, para o teste F. Quando diferenças significativas entre os tratamentos foram detectadas, as médias foram agrupadas pelo teste de Skott e Knott (1974).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância conjunta, houve efeito significativo em nível indicado pelo Teste de "F", para os fatores progênies e ambientes, bem como para a interação progênies x ambientes, em todas as características avaliadas no experimento, refletindo-se diferentes sensibilidades das progênies às mudanças do ambiente.

TABELA 1 – Identificação e caracterização das progênies que foram avaliadas nos diferentes ambientes.

Nº	Identificação	Caracterização das progênies
1	Catucaí Vermelho 20/15 cova 1	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Fruto vermelho escuro, broto bronze.
2	Catucaí Vermelho 20/15 cova 2	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Fruto graúdo, menor diâmetro de copa e broto bronze.
3	Catucaí Vermelho 20/15 cova 3	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Fruto vermelho escuro e arquitetura aberta.
4	Catucaí Amarelo 24/137 cova 1	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Broto bronze e arquitetura cilíndrica.
5	Catucaí 24/137 Amarelo cova 2	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Porte médio e broto bronze.
6	Catucaí Amarelo 24/137 cova 3	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Maturação tardia e broto verde.
7	Catucaí Amarelo 24/137 cova 4	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Broto verde e menor diâmetro de copa.
8	Catucaí Amarelo 24/137 cova 5	Cruzamento natural entre Icatu e Catuaí. Porte baixo e ramificação intensa.
9	H516-2-1-1-18 cova 1	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 86 e o Hibrido de Timor UFV 446-08. Broto bronze e fruto vermelho escuro.
10	H516-2-1-1-18 cova 2	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 86 e o Hibrido de Timor UFV 446-08. Broto bronze, fruto graúdo e pouca resistência do pedúnculo.
11	H516-2-1-1-18 cova 3	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 86 e o Hibrido de Timor UFV 446-08. Maturação tardia, broto bronze e porte médio.
12	H516-2-1-1-18 cova 4	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 86 e o Hibrido de Timor UFV 446-08. Porte médio, ramificação intensa, fruto médio e broto bronze.
13	H516-2-1-1-18 cova 5	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 86 e o Hibrido de Timor UFV 446-08. Fruto graúdo, pouco ramificado e folhas grandes.
14	H419-3-4-5-2 cova 1	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 30 e o Hibrido de Timor UFV 445-46. Broto verde e pouca resistência do pedúnculo.
15	H419-3-4-5-2 cova 2	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 30 e o Hibrido de Timor UFV 445-46. Broto verde, ramo longo, fruto graúdo e pouca resistência do pedúnculo.
16	H419-3-4-5-2 cova 3	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 30 e o Hibrido de Timor UFV 445-46. Broto bronze e maturação precoce.
17	H419-3-4-5-2 cova 4	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 30 e o Hibrido de Timor UFV 445-46. Broto bronze, fruto vermelho e pouca resistência do pedúnculo.
18	H419-3-4-5-2 cava 5	Hibridação articial entre Catuaí Amarelo IAC 30 e o Hibrido de Timor UFV 445-46. Fruto vermelho e broto bronze.
19	Tupi IAC 1669-33*	Hibridação articial entre Villa Sarchi e Hibrido de Timor CIFC 832/2. Resistente à ferrugem, porte baixo, frutos graúdos de coloração vermelho-escuro e maturação precoce.
20	Obatã IAC 1669-20*	Hibridação articial entre Villa Sarchi e Hibrido de Timor CIFC 832/2. Resistente à ferrugem, porte baixo, frutos graúdos de coloração vermelha e maturação tardia e desuniforme.

*Cultivares utilizadas como testemunhas

Considerando-se o desdobramento do fator progênies, dentro de cada nível de ambiente, houve efeito significativo para as características produtividade, porcentagem de grãos retidos em peneira "17 e acima" e porcentagem de frutos chochos para os três ambientes estudados. As características rendimento e porcentagem de frutos cereja não diferiram significativamente para o ensaio de Lavras.

Os coeficientes de variação (CV's) obtidos foram coerentes com outros trabalhos em que utilizou-se o a combinação das safras em biênios (BOTELHO et al., 2010; CARVALHO et al., 2006), variando entre 7,82 e 25,21, indicando assim boa precisão experimental. Fazuoli (1977) ressalta que parcelas constituídas por maior número de plantas, como é o caso desse experimento, tendem a apresentar menor coeficiente de variação, em comparação com experimentos de cafeeiros em que as parcelas são constituídas de uma única planta por cova, que têm seu coeficiente de variação muito aumentado. Da mesma forma, a combinação das colheitas em biênios melhora a precisão experimental, por reduzir os efeitos da bienalidade da produção (BONOMO et al., 2004).

Em relação à característica produtividade (sc/ha) das progênies e cultivares, nota-se que houve efeito significativo, em todos os ambientes de estudo (Tabela 2).

Em Lavras, ocorreu a formação de dois grupos distintos com superioridade das progênies 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15 e 16 que apresentaram produtividade média semelhante às cultivares Tupi e Obatã, utilizadas como testemunhas, variando entre 28,84 a 45,93 sc/ha. Para o ensaio de Campos Altos, ocorreu a formação de três grupos distintos, com produtividade média superior da progênie 13, com 53,41 sacas/ha, seguidos das progênies 9, 10, 11, 15, 16, 17 e da cultivar Obatã, com variação de 23,60 a 32,67 sacas/ha, demonstrando alto potencial produtivo da população em estudo e possibilidade de seleção de cafeeiros superiores. Para o ensaio de Patrocínio, houve a formação de dois grupos, destacando-se as progênies 2, 8, 10, 12, 13 e 15 com maiores médias, acima de 30 sacas/ha.

Esses resultados corroboram Bonomo et al. (2004), Miranda, Perecin e Pereira (2005), Pereira et al. (2001) e Sera et al. (2000), que observaram produtividade elevadas em progênies de cruzamentos entre acessos do Híbrido de Timor e diferentes cultivares e linhagens de *C. arabica*.

Nota-se que somente a progênie 13 apresentou médias superiores em todos os ambientes. Por outro lado, as progênies 2, 8, 9, 10, 11, 15 e 16 destacaram-se em pelo menos dois ambientes estudados, evidenciando seu potencial para seleção, pois associam variabilidade genética e médias altas, condições que permitem a seleção de genótipos superiores. De acordo com Mariotti et al. (1976), um genótipo é considerado adaptado quando assimila vantajosamente o estímulo ambiental, do ponto de vista da produtividade.

Na comparação entre os ambientes, nota-se a superioridade dos ensaios instalados em Lavras e Patrocínio, com médias do biênio de estudo próximas a 30 sacas/ha, evidenciando assim a influência do ambiente sobre as progênies, confirmando afirmações de Bartholo e Chebabi (1985), que mencionam a necessidade de se instalar o mesmo experimento em mais locais, quando se deseja selecionar progênies de cafeeiro nos programas de melhoramento genético.

Para a característica rendimento médio dos genótipos, observa-se que houve diferenças significativas somente para os ensaios instalados em Campos Altos e Patrocínio (Tabela 2). Para o ensaio de Campos Altos, ocorreu a formação de dois grupos distintos, com variação entre 416,21 a 536,57 litros, sendo as progênies superiores 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17. Para o experimento conduzido em Patrocínio, também ocorreu a formação de dois grupos, com superioridade das progênies 5, 7, 14, 15 e 16, que apresentaram rendimentos médios superiores nos três ambientes.

Quando se avalia o rendimento médio dos ambientes, nota-se a superioridade dos ensaios instalados em Lavras e Campos Altos, tendo o ensaio de Patrocínio o maior valor médio, com 514,16 litros, valor esse que implica em uma maior quantidade de "café da roça", para formação de uma saca de 60 kg de café beneficiado.

Comparando a porcentagem de grãos retidos em peneira "17 e acima", para todos os ambientes, observa-se que houve a formação de dois grupos distintos nos três ensaios (Tabela 3). As progênies 6, 7, 10, 11, 14 e 15 apresentaram médias superiores, para a característica, em todos os ensaios. Também as progênies 3, 5, 13 e 16 destacaram-se em pelo menos dois ambientes de cultivo. Esses resultados demonstram a superioridade das progênies em comparação com 'Tupi' e 'Obatã', utilizadas como testemunhas e classificadas como cultivares de peneira alta (CARVALHO, A. et al., 2008; MALUF et al., 2000).

TABELA 2 – Produtividade (sacas.ha^{-1}) e rendimento (litros/saca) médio do biênio, das safras 2007/2008, para os genótipos nos ambientes de Lavras, Campos Altos e Patrocínio.

Tratamento	Nº	Produtividade			Rendimento		
		Lavras	C. Altos	Patrocínio	Lavras	C. Altos	Patrocínio
Catucaí Verm. 20/15 cv 1	1	35,99 a	16,97 c	28,24 b	496,75 a	515,72 b	515,64 b
Catucaí Verm. 20/15 cv 2	2	36,67 a	17,01 c	34,54 a	465,50 a	511,55 b	513,69 b
Catucaí Verm. 20/15 cv 3	3	27,59 b	12,83 c	26,26 b	559,78 a	514,70 b	513,54 b
Catucaí Am. 24/137 cv 1	4	32,06 a	15,08 c	19,38 b	494,42 a	474,21 a	505,74 b
Catucaí Am. 24/137 cv 2	5	32,86 a	16,08 c	26,64 b	489,38 a	440,05 a	449,29 a
Catucaí Am. 24/137 cv 3	6	32,25 a	12,52 c	23,23 b	435,10 a	457,02 a	526,32 b
Catucaí Am. 24/137 cv 4	7	26,87 b	19,25 c	24,89 b	455,57 a	481,66 a	455,87 a
Catucaí Am. 24/137 cv 5	8	29,79 a	20,24 c	32,03 a	478,88 a	514,65 b	523,17 b
H516-2-1-1-18 cv 1	9	28,84 a	23,73 b	22,88 b	471,95 a	523,37 b	562,94 b
H516-2-1-1-18 cv 2	10	29,99 a	32,04 b	42,76 a	417,84 a	469,44 a	517,51 b
H516-2-1-1-18 cv 3	11	22,92 b	23,60 b	35,83 a	449,89 a	468,95 a	548,30 b
H516-2-1-1-18 cv 4	12	21,42 b	17,16 c	36,93 a	497,51 a	463,96 a	527,35 b
H516-2-1-1-18 cv 5	13	31,00 a	53,41 a	41,24 a	461,18 a	423,59 a	547,81 b
H419-3-4-5-2 cv 1	14	30,33 a	22,19 c	26,05 b	446,99 a	438,86 a	446,70 a
H419-3-4-5-2 cv 2	15	36,47 a	27,89 b	38,58 a	423,55 a	451,45 a	445,12 a
H419-3-4-5-2 cv 3	16	30,45 a	27,22 b	29,49 b	460,98 a	433,78 a	481,35 a
H419-3-4-5-2 cv 4	17	14,08 b	32,67 b	19,28 b	524,54 a	416,21 a	597,77 b
H419-3-4-5-2 cv 5	18	25,11 b	21,08 c	27,42 b	483,99 a	507,17 b	524,31 b
Tupi IAC 1669-33	19	31,01 a	21,98 c	28,16 b	483,97 a	498,12 b	544,94 b
Obatã IAC 1669-20	20	45,93 a	27,10 b	27,04 b	443,60 a	536,57 b	535,76 b
Média		30,08A	23,00 B	29,54 A	466,11A	477,05 A	514,16 B

A classificação por peneiras é indicada por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto, para que sirva como medida na seleção de genótipos para uma nova cultivar (FONSECA, 1999). Assim sendo, os materiais genéticos que apresentaram melhor desempenho na classificação por peneiras poderão ser selecionados em trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro, visando o lançamento de novos cultivares ou utilizados em hibridações.

As progênies que apresentaram médias superiores para essa característica também foram aquelas que apresentaram maior produtividade. De acordo com Fazuoli (1977), um maior tamanho dos grãos está diretamente ligado à produtividade, proporcionando maior rendimento na secagem e no beneficiamento. Quando se comparam os ambientes isoladamente, como para outras características já descritas, nota-se superioridade dos ensaios instalados em Lavras e Patrocínio, com valores superiores a 50% de grãos de peneira alta. Esse fato deve-se provavelmente, às melhores condições edafoclimáticas desses ambientes, como a altitude, em torno de 900 metros.

Segundo Bartholo e Guimarães (1997), para se obter qualidade de bebida satisfatória é preciso que 80% dos frutos estejam em estádio cereja, no momento da colheita. Esses mesmos autores afirmam a dificuldade em definir o ponto ideal de colheita, de forma a atender a tal condição. Dessa forma,

TABELA 3 – Porcentagem média de grãos retidos em peneira "17 e acima" e de frutos cereja dos genótipos, avaliados nos municípios de Lavras, Campos Altos (C. Altos) e Patrocínio. Biênio das safras 2007/2008 e 2008/2009.

Tratamento	Nº	Peneira "17 acima" (%)			Frutos cereja (%)		
		Lavras	C. Altos	Patrocínio	Lavras	C. Altos	Patrocínio
Catucaí Verm. 20/15 cv 1	1	47,80 b	41,43 a	47,76 b	68,34 a	56,70 b	37,98 a
Catucaí Verm. 20/15 cv 2	2	48,71 b	54,84 a	47,55 b	71,93 a	58,51 b	40,20 a
Catucaí Verm. 20/15 cv 3	3	47,71 b	45,85 a	54,34 a	64,24 a	64,02 a	36,45 a
Catucaí Am. 24/137 cv 1	4	52,10 b	38,51 b	56,94 a	69,99 a	61,63 b	35,92 a
Catucaí Am. 24/137 cv 2	5	51,38 b	43,05 a	58,02 a	64,72 a	48,11 b	36,57 a
Catucaí Am. 24/137 cv 3	6	64,20 a	41,79 a	64,46 a	58,39 a	61,32 b	20,65 b
Catucaí Am. 24/137 cv 4	7	60,55 a	45,60 a	63,81 a	76,09 a	59,47 b	25,42 b
Catucaí Am. 24/137 cv 5	8	53,07 b	39,55 b	52,79 a	64,16 a	68,87 a	40,40 a
H516-2-1-1-18 cv 1	9	52,74 b	43,62 a	47,48 b	63,96 a	74,85 a	37,82 a
H516-2-1-1-18 cv 2	10	57,86 a	48,92 a	59,20 a	70,67 a	66,98 a	36,36 a
H516-2-1-1-18 cv 3	11	63,93 a	44,51 a	55,75 a	67,37 a	60,87 b	30,49 b
H516-2-1-1-18 cv 4	12	42,60 b	30,65 b	39,65 b	61,54 a	57,93 b	27,86 b
H516-2-1-1-18 cv 5	13	56,41 a	36,81 b	59,05 a	70,70 a	57,07 b	47,03 a
H419-3-4-5-2 cv 1	14	64,13 a	40,56 a	56,56 a	73,90 a	58,33 b	36,26 a
H419-3-4-5-2 cv 2	15	64,05 a	44,71 a	59,81 a	74,51 a	59,71 b	42,86 a
H419-3-4-5-2 cv 3	16	57,41 a	38,98 b	56,22 a	65,71 a	49,75 b	31,17 b
H419-3-4-5-2 cv 4	17	54,84 b	38,80 b	49,21 b	70,52 a	63,81 a	24,85 b
H419-3-4-5-2 cv 5	18	55,13 b	30,92 b	57,11 a	70,15 a	68,68 a	38,04 a
Tupi IAC 1669-33	19	53,70 b	32,45 b	43,80 b	61,96 a	68,21 a	42,77 a
Obatã IAC 1669-20	20	56,86 a	31,58 b	45,62 b	69,01 a	74,55 a	44,05 a
Média		55,26A	40,66 B	53,76 A	67,89 A	61,97 B	35,66 C

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

consideram-se satisfatórios os valores encontrados (Tabela 3), por apresentarem nos ambientes Lavras e Campos Altos, médias superiores a 60% de frutos cereja, por ocaisão da colheita.

No ensaio de Lavras, não houve diferença estatística pelo "Teste de F" entre as progênies, para a porcentagem de frutos cereja. A média geral desse ensaio foi a que apresentou os maiores valores (67,89%), quando comparada aos demais ambientes. No experimento conduzido em Campos Altos, as progênies 3, 8, 9, 10, 17 e 18, juntamente com as cultivares utilizadas como testemunhas apresentaram maiores médias, com variação de 63,81 a 74,85%, indicando materiais genéticos mais uniformes e com possibilidade de produção de cafés de melhor qualidade. Em Patrocínio, as progênies 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15 e 18, e novamente as cultivares testemunhas foram as que apresentaram maiores valores, em porcentagem de frutos cereja. Destacam-se as progênies 3, 8, 9, 10, 18 e as cultivares Tupi e Obatã, com médias superiores em todos os ensaios separadamente, indicando serem os genótipos mais uniformes quanto à maturação.

Pode-se observar grande variação nas médias dos frutos chochos (Tabela 4). Para o ensaio instalado em Lavras, houve a formação de cinco grupos

distintos de médias. Nesse ambiente, a progênie 11 foi 23ª o que apresentou menores valores em porcentagem de frutos chochos, seguido das progênies 7, 10, 13, 16 e da cultivar Obatã. Para o ensaio de Campos Altos, também houve a formação de grande número de grupos, com destaque para as progênies 8 e 10. As progênies, 6, 7, 9, 11, 14 e a cultivar Oblata, essa utilizada como testemunha, também destacaram-se quanto ao baixo porcentual de frutos chochos.. Para Patrocínio, nota-se a formação de 7 grupos diferentes com destaque para a progênie 10, seguida das progênies 8, 11, 15 e 16.

Verifica-se que houve, para maioria das progênies, maior porcentagem de frutos normais em relação aos chochos, com uma amplitude de variação para frutos normais de 80,83% a 96,61% e média geral de 91,77%. Acima de 90,00% de frutos normais é considerado ideal pelos melhoristas, durante avaliação e seleção de cafeeiros em um programa de melhoramento (CARVALHO et al., 2006). Quando se analisam os ambientes, nota-se a superioridade do ensaio conduzido em Campos Altos, seguido de Patrocínio e Lavras, com médias de porcentagem de frutos chochos de, respectivamente, 7,67, 8,10 e 8,70%.

4 CONCLUSÕES

As progênies H516-2-1-1-18 cova 2, H516-2-1-1-18 cova 3, H516-2-1-1-18 cova 5, H419-3-4-5-2 cova 2 e H419-3-4-5-2 cova 3 destacam-se como as mais produtivas e com características favoráveis e apresentam potencial para serem utilizadas como futuras novas cultivares ou serem utilizadas nos programas de melhoramento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro, ocorrência de lojas vazias em frutos de café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 13, n. 14, p. 165-179, 1954.

BARTHOLO, G. F.; CHEBABI, M. A. Melhoramento do cafeeiro: recomendação de linhagens das variedades cultivadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 47-50, jun. 1985.

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.

BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.

BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de 'Icatu' com 'Catimor'. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 274-281, 2010.

CARVALHO, A. M. et al. Avaliação de progênies de cafeeiros obtidas do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 249-253, 2008.

_____. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 269-275, fev. 2010.

CARVALHO, G. R. et al. Avaliação e seleção de progênies resultantes do cruzamento de cultivares de café Catuaí com Mundo Novo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 844-852, maio/jun. 2006.

_____. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café:** origem, característica e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008a.

FAZUOLI, L. C. **Avaliação de progênies de café Mundo Novo (*C. arabica* L.)**. 1977. 146 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1977.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FONSECA, A. F. A. **Análises biométricas em café conillon (*Coffea canephora* Pierre)**. 1999. 115 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MALUF, M. P. et al. Caracterização agronômica e tecnológica de linhagens comerciais de café selecionadas pelo IAC. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: EMBRAPA, 2000. p. 169-172.

MARIOTTI, J. A. et al. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar: I., interaciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, Tuculman, v. 13, n. 1/4, p. 105-127, 1976.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Genética e melhoramento do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1998. 99 p.

MIRANDA, J. M.; PERECIN, D.; PEREIRA, A. A. Produtividade e resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk et. Br.) de progênies F5 de catuaí amarelo com híbrido de timor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1195-1200, nov./dez. 2005.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Prediction of genetic gains from selection in Arabica coffee progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, p. 106-113, 2011.

PEREIRA, A. A. et al. Comportamento de progênies resultantes de cruzamentos de Catuaí Amarelo com Híbrido de Tímor, na região de São Sebastião do Paraíso, Sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFES DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA; MINASPLAN, 2001. p. 1312-1318.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SERA, T. et al. Obtenção de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) resistentes a ferrugem (EMF-9601): seleção antecipada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: MAA/EMBRAPA Café, 2000. p. 595-598.

VÁRZEA, V. M. P. et al. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 297-320.

QUALIDADE DO CAFÉ SECADO EM TERREIROS COM DIFERENTES PAVIMENTAÇÕES E ESPESSURAS DE CAMADA

Carlos Henrique Rodrigues Reinato[1], Flávio Meira Borem[2], Marcelo Ângelo Cirillo[3], Eduardo Carvalho Oliveira[4]

(Recebido: 22 de fevereiro de 2011; aceito 28 de junho de 2011)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a qualidade do café submetido à secagem em terreiros, com diferentes pavimentações e espessuras de camadas de secagem de grãos. O delineamento experimental constituiu-se em um DIC, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x3x2 sendo quatro as formas de processamento do café (roça, cereja descascado, cereja + verde e bóia),em três tipos de terreiro (terreiro de terra, concreto e lama asfáltica) e duas espessuras de camada de secagem do café (fina e grossa), totalizando 24 tratamentos. Foram utilizadas duas repetições para cada tratamento, totalizando 48 unidades experimentais. Cerca de 15000 litros de café foram colhidos sobre pano e secados nos diferentes terreiros. Desse total, 2400 litros foram levados diretamente aos terreiros para secagem (café roça). Cerca de 4800 litros foram lavados e separados por diferença de densidade. A porção bóia e a porção cereja e verde foram secadas separadamente nos terreiros. Finalmente, 9600 litros de café foram lavados, descascados e secados nos terreiros.Aí, os cafés foram revolvidos 16 vezes ao dia. Após a secagem, amostras de café foram beneficiadas e submetidas à avaliação da qualidade por meio das seguintes análises: sensorial, compostos fenólicos, acidez titulável total, sólidos solúveis, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e açúcares totais, redutores e não redutores. Os resultados indicam que o tipo de café, o tipo de terreiro e a espessura da camada de secagem exercem forte influência nas características químicas, físico-químicas e sensoriais do café. A secagem do café cereja descascado em camada fina, tanto em terreiro de concreto como de lama asfáltica, proporciona melhor qualidade de bebida que os demais tratamentos .

Termos para indexação: Qualidade do café, análise sensorial, composição química, processamento, secagem.

QUALITY OF THE COFFEE DRYED ON GROUNDS WITH DIFFERENT SURFACES AND THICKNESS LAYERS

ABSTRACT: *The present work aimed to evaluate the quality of coffee submitted to drying on grounds with different surfaces and thickness layers of grains, at Universidade Federal de Lavras, in July 2006. This experiment was carried out in a completely randomized design, factorial scheme 4x3x2, with four forms of coffee processing (mixture coffee, parchment coffee, cherry and unripe and floater), three types of grounds (earth, concrete and asphalt byproduct) and two thicknesses for coffee drying (thin and thick), amounting to 24 treatments. Two replicates per each treatment were utilized, amounting to 48 experimental units. About 15000 liters of coffee were picked over a cloth and dried on the different surfaces. Out of this total, 2400 liters were spread directly to the surfaces for drying (mixture coffee). About 4800 liters were washed and separated by density difference. The portion floater and the portion cherry and unripe were dried separately on the surfaces. Finally, 9600 liters of coffee were washed, husked and dried on the surfaces. The coffee was turned 16 times a day by following the sun's movement. After drying, samples of the coffees were taken, processed and submitted to evaluation of quality through the following analyses: sensorial and physical chemical analysis, Phenolic compounds, total titrable acidity, total solids, electrical conductivity, leaching of potassium, reducers and non reducers and total sugars. The results indicate that the type of coffee and the thickness layers have make strong influence in the chemistry and physical-chemistry characteristics of coffee, and the sensorial analysis shows that the washed coffee dried in thin layers on concrete and asphalt surfaces provide better beverage quality.*

Index terms: *Sensorial analysis, coffee quality, types of drying surfaces, multivariate analysis.*

1 INTRODUÇÃO

O processamento do café pode ser realizado de formas distintas: mantendo-se o fruto intacto, ou seja, o fruto é processado em sua forma integral, comumente denominado de café natural; removendo-se apenas a casca e parte da mucilagem, denominado cereja descascado (CD); removendo-se a casca e a

[1]Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Rodovia Machado Paraguaçú, Km 3 - Bairro Santo Antônio - Machado - MG - reinato@mch.ifsuldeminas.edu.br
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG – flavioborem@deg.ufla.br
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG – macufla@gmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG – eduardoco@oi.com.br

mucilagem mecanicamente (desmucilado); ou removendo-se a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação (despolpado).

Na forma de processamento natural, o fruto é secado na sua forma integral (com casca e mucilagem). Ele poderá ir diretamente da lavoura para o terreiro, onde será submetido ao processo de secagem. No entanto, trata-se de uma forma de processamento com grandes riscos à qualidade, pois seus grãos são secados com diferentes estádios de maturação, diferentes teores de água, podendo ocorrer frutos com diversas anormalidades. A passagem desse café pelo lavador apresenta inúmeras vantagens. A separação hidráulica dos frutos por diferença de densidade permite a obtenção de duas parcelas de café: cereja e verde e a porção bóia. A parcela de frutos cereja e verde constitui um material com potencial para a produção de café de melhor qualidade, devendo ser conduzida separadamente, até o beneficiamento e comercialização (GARRUTI et al., 1961; SOUZA, 2000; TEIXEIRA; GÓMEZ, 1970).

No processamento do café cereja descascado, a casca e parte da mucilagem do fruto maduro são retirados. Por outro lado, no processamento do café despolpado e desmucilado, a casca e toda a mucilagem são retiradas. Como a casca e a mucilagem são substratos propícios ao desenvolvimento de microrganismos, sua remoção pode evitar a ocorrência de fermentações prejudiciais à qualidade final do produto (BARTHOLO; GUIMARÃES, 1997). Esses sistemas de processamento têm a vantagem de diminuir consideravelmente a área de terreiro e o tempo necessário para secagem (SILVA, 1998).

No processamento dos cafés descascado, despolpado e desmucilado ocorre a retirada de grande parte dos frutos verdes, contribuindo dessa maneira para a melhoria da qualidade. Segundo Williams, Feria e Kari (1989), vários compostos químicos dos cafés produzidos no Kenia, Brasil e Etiópia, diferenciados segundo o estádio de maturidade, demonstraram que o café verde imaturo produz sabores e aromas rançosos com características muito amargas e que os grãos maduros propiciam bebidas com sabores mais doces, suaves e maior acidez.

Leite e Carvalho (1996) e Quintero (2000), ao avaliarem diferentes tipos de colheita e processamento do café, observaram que o descascamento melhorou a qualidade do café. Entretanto, apesar dessa forma de processamento promover a remoção da mucilagem, evitando o desenvolvimento de fermentações microbianas, ela apresenta a desvantagem de impedir que características desejáveis sejam transmitidas da mucilagem para o grão. Deve-se ressaltar, no entanto, que, em regiões onde as condições ambientais são desfavoráveis à preservação da qualidade na fase de pós-colheita, a utilização desse tipo de processamento é o mais indicado (SOUZA, 2000). O café cereja descascado pode ser considerado como um método intermediário entre o processamento natural e o despolpado, pois ele mantém as características típicas do corpo, do aroma e da doçura dos cafés brasileiros (BRANDO, 1999).

Brando (1999) e Cortez (1997) relatam que as principais vantagens do descascamento são a eliminação dos frutos verdes, a diminuição dos custos de beneficiamento e a diminuição da porcentagem de bebidas fenicadas. No entanto, muitos produtores fazendo uso dessa tecnologia não têm conseguido atingir a qualidade almejada, principalmente devido à falta de cuidados nas etapas de pós-colheita, principalmente durante a secagem.

Em relação à qualidade físico-química, alguns trabalhos têm sido realizados com objetivo de comparar os diversos tipos de processamento (CHAGAS; MALTA, 2008; MALTA; CHAGAS; OLIVEIRA, 2003; REINATO et al., 2005; TOSELLO, 1967; VILELA, 2002).

Diversos pesquisadores têm usado, com frequência, análises físico-químicas e sensoriais com o objetivo de avaliar as alterações da qualidade do café (AFONSO JÚNIOR, 2001; BACCHI, 1962; GODINHO et al., 2000; STIRLING, 1975; SUBRAHMANYAN et al., 1961). Dentre essas análises, podem-se destacar a quantificação analítica dos açúcares, os compostos fenólicos, os sólidos solúveis, a condutividade elétrica, a lixiviação de potássio e a prova de xícara. Os açúcares são precursores de um grande número de compostos do aroma e sabor. O teor de açúcares totais, redutores e não redutores, pode variar com o local de cultivo do cafeeiro e também com o grau de maturação dos frutos (VILELA; PEREIRA, 1998).

Em relação aos acúcares, Bytof, Selmar e Schieberle (2000) observaram maiores valores no conteúdo de glicose e frutose nos cafés processados por via úmida. Essas variações também foram verificadas por Knopp, Bytof e Selmar (2006).

Malta, Chagas e Oliveira (2003) verificaram que teores médios de açúcares totais apresentaram-se em maiores concentrações nos cafés cereja desmucilado e bóia. Pereira, Vilella e Andrade (2002) verificaram que o café cereja apresentou o maior teor de açúcares redutores, justificado pelo fato de que, quando o fruto de café é seco com polpa e mucilagem, que é rica em açúcares, podem ocorrer translocações desses componentes químicos para o interior do grão.

Segundo Afonso Júnior (2001), uma das hipóteses prováveis para a redução dos açúcares é a de que parte desses compostos esteja sendo metabolizada por microrganismos. Dessa maneira, espera-se que, quanto maior a deterioração do produto, maior será o consumo de açúcares, causando sua redução. Em relação aos compostos fenólicos, diversos trabalhos indicam que os compostos fenólicos estão presentes em maior quantidade em cafés de frutos verdes (LEITE; VILELA; CARVALHO, 1996). Amorim (1978) observou maiores concentrações de fenólicos totais em cafés de qualidade inferior. Essas maiores concentrações foram também atribuídas ao ataque de fungos, como o Fusarium sp. que desencadeia processos fisiológicos de defesa, com produção desses compostos. Diante disso, acredita-se que cafés secados com manejo inadequado podem sofrer variação dos teores de compostos fenólicos totais. Malta, Chagas e Oliveira (2003) e Vilella et al. (2002) não verificaram diferenças significativas no teor de polifenóis, entre as diferentes formas de preparo por eles estudadas.

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio têm se apresentado como indicadores consistentes da integridade da membrana (AMORIM, 1978; PRETE, 1992). Estas análises têm tido uma correlação bastante positiva em relação à qualidade do café. A perda da seletividade da membrana celular está associada a diversos fatores, entre eles os danos sofridos pelo café durante as etapas de processamento e secagem. A lixiviação de potássio, na maioria das pesquisas, tem demonstrado ser esse um teste complementar ao da condutividade elétrica (AMORIM, 1978; BORÉM; REINATO; PEREIRA, 2003; PRETE, 1992; RIBEIRO et al., 2003). Diante do exposto, percebe-se que o aumento dos valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio está relacionado à perda de qualidade do café. Portanto, espera-se que, quanto maior a deterioração ocorrida no processo de secagem, mais intenso será o aumento nos valores dessas análises.

Malta, Chagas e Oliveira (2003) não observaram diferenças significativas entre os tipos de pré-processamento do café em relação aos valores de condutividade elétrica, o que, segundo esses autores, sugere que, tanto o café seco na sua forma integral, quanto os cafés que sofreram algum tipo de pré-processamento podem apresentar integridade celular adequada, desde que se tomem cuidados na colheita e pós-colheita. Corroborando com esse raciocínio, Chagas e Malta (2008) e Pereira, Vilella e Andrade (2002) relataram que o descascamento não afetou a integridade da membrana dos grãos.

Em relação à bebida do café, Villela (2002) observou características superiores da bebida para os cafés descascados, despolpados e desmucilados em relação ao café natural. Tendência também confirmada por Garruti et al. (1961), Malta, Chagas e Oliveira (2003) e Teixeira e Gómez (1970).

Além do processamento, a secagem é uma das principais etapas que influenciam na qualidade, principalmente se for mal conduzida (LACERDA FILHO, 1989; SILVA et al., 1998; VILELA, 1997). A qualidade do café natural, se comparada à do café descascado, é comprometida em maior intensidade quando as condições ambientais e de manejo, durante a secagem em terreiros, são desfavoráveis, especialmente em terreiros não pavimentados.

Os terreiros para secagem de café são construídos de diversos materiais, sendo os mais usados representados pelos terreiros de chão batido, tijolo, concreto, asfalto, lama asfáltica e leito suspenso. Vários trabalhos vêm sendo realizados objetivando-se estudar a interferência da pavimentação na qualidade sensorial do café (BORÉM; REINATO; PEREIRA, 2003; GRANER et al., 1967; HASHIZUME, 1985; LACERDA FILHO, 1986; MATIELLO et al., 2002; REINATO et al., 2005; SANTINATO; TEIXEIRA, 1977; SANTOS et al., 1971; VIANA; MATIELLO; SOUZA, 2002; VILELA, 1997).

Viana, Matiello e Souza (2002) estudaram a influência de tipos diferentes de terreiros, pavimentados ou não, ou com diferentes pavimentações, não encontrando diferenças na qualidade sensorial e no aspecto do café. Porém, Lacerda Filho, Silva e Hara (1989), Santos et al. (1971) e Vilela (1997) afirmam, em seus estudos, que o terreiro de chão batido exerce influência altamente negativa sobre a qualidade do café.

Chagas e Malta (2008), verificando o efeito de diferentes formas de preparo e tipos de terreiro de secagem, na composição química do café, verificaram a existência de diferenças na composição química dos grãos de café , em função tanto da forma de preparo do café quanto do tipo de terreiro de secagem utilizado, assim como a interação entre esses dois fatores, em todas as variáveis qualitativas analisadas. O café cereja descascado apresentou teores de açúcares totais iguais ou superiores, bem como menores valores de condutividade elétrica, o que sugere que essa forma de preparo pode propiciar cafés de melhor qualidade. De maneira geral, verificou-se efeito deletério do terreiro de terra sobre os valores médios de condutividade elétrica, em todas as formas de preparo e secagem do café.

Além do tipo de pavimentação, acredita-se que a espessura da camada de secagem também tenha grande influência na qualidade do café. Observa-se que os diversos trabalhos encontrados sobre a qualidade do café durante a secagem em terreiros (ABRAHÃO; FERREIRA; FELIPE, 2002; GARCIA et al., 1998; HASHIZUME, 1985; LACERDA FILHO, 1986; REINATO et al., 2005; SANTOS et al., 1971; VILELA, 1997), não estudaram as interações entre tipo de café, tipo de terreiro e espessura da camada do café.

Objetivando-se tornar os resultados mais precisos, algumas análises físico-químicas vêm sendo comumente usadas por diversos autores (COELHO; PEREIRA, 2002; LOPES et al., 2000; PIMENTA; VILELLA, 2000; REINATO et al., 2002, 2003). Dentre essas análises, podemos destacar os açúcares, compostos fenólicos, sólidos solúveis, condutividade elétrica, acidez titulável total e lixiviação de potássio.

Na busca por informações que possam subsidiar o correto manejo da secagem e a melhoria da qualidade do café, tornam-se relevantes estudos científicos aplicados a essa realidade. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a qualidade do café submetido a diferentes condições de processamento e secagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da matéria-prima:

O café, da cultivar Catucaí Amarelo (Coffea arabica L.), produzido na Universidade Federal de Lavras foi colhido por derriça manual no pano. Neste trabalho foram avaliados 4 tipos de café: roça (café com todos os estádios de maturação), bóia, cereja+verde e cereja descascado (CD), que foram obtidos conforme procedimento descrito a seguir. Antes de passar pelo lavador, o café foi bem misturado, sendo retirados 2400 litros de café para constituir a porção roça. O restante do café foi submetido à separação hidráulica , resultando nas porções cereja+verde e bóia. Novamente 2400 litros do café bóia e 2400 litros do cereja+verde foram retirados do total. A outra parte do cereja foi conduzida por um elevador de canecas para o descascamento, separando-se, finalmente, 2400 litros do café cereja descascado.

A espessura das camadas foi definida de acordo com o tipo de café. Para o cereja descascado foi considerada fina a espessura de 1 cm e grossa 4 cm. Para os cafés cereja+verde, roça e bóia a espessura considerada fina foi de 3 cm e a espessura grossa de 8 cm. Durante a secagem, o café foi revolvido 16 vezes ao dia, formando leiras no sentido do deslocamento do sol.

Delineamento experimental:

O delineamento experimental foi constituído de um DIC (delineamento inteiramente casualizado), com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x3x2, sendo quatro tipos de café (roça, cereja+verde, boia e cereja descascado,) três tipos de terreiros (terra, lama asfáltica e concreto) e duas espessuras de camada (fina e grossa), totalizando 24 tratamentos. Foram usadas duas repetições, totalizando 48 parcelas experimentais.

Teor de água dos cafés e condições ambientais:

As amostras para quantificação do teor de água foram retiradas em intervalos regulares de um

dia. A determinação do teor de água foi realizada, utilizando-se estufa a 105º± 1º C por 24 horas (BRASIL, 1992). A umidade relativa e a temperatura do ambiente, durante a secagem, foram monitoradas por um termo -higrógrafo instalado no local do experimento.

Metodologia Analítica:

O processo de secagem foi interrompido quando o café atingiu 11% (bu) de teor de água, indicando que a secagem estava completa. Terminada a secagem, as amostras de cada parcela foram retiradas, beneficiadas e submetidas às análises físico-químicas e de qualidade sensorial.

Acidez Titulável Total:

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, de acordo com as normas descritas pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990). O extrato utilizado, foi obitido a partir de 2 gramas de amostra de café moída diluída em 50 ml de água destilada, sendo agitado em agitador mecânico por 1 hora, a 150 rpm. A solução extrato foi filtrada e uma alíquota de 5 ml foi separada e diluída em 50 ml de água destilada. A acidez total foi determinada por titulação com solução NaOH 0,1 N , usando uma solução de fenolftaleína 1 % como indicador e expressa em ml de NaOH 0,1n $100g^{-1}$ de amostra.

Condutividade elétrica:

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada utilizando-se duas repetições de 50 grãos de cada amostra, os quais foram pesados (precisão de 0,001g) e imersos em 50 mL de água deionizada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. A seguir, esses recipientes foram colocados em estufa ventilada regulada para 25ºC por 4 horas, procedendo-se à leitura da condutividade elétrica da solução em condutivímetro C.701 da marca ANALION. Foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em $mS.cm^{-1}g^{-1}$ de amostra.

Lixiviação de íons de potássio:

A lixiviação dos íons de potássio foi realizada segundo Prete (1992) após a leitura da condutividade elétrica. A leitura foi realizada em fotômetro de chama DIGIMED NK-2002. Com os dados obtidos foi calculado o potássio lixiviado, expressando-se os resultados em ppm (partes por milhão).

Açúcares totais, redutores e não redutores:

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, descrito pela AOAC (1990) e determinados pela técnica de Somogyi, adaptada por Nelson (1944).

Compostos fenólicos totais:

Os compostos fenólicos totais foram extraídos utilizando como extrator o metanol 50% e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990).

Sólidos Solúveis:

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

Classificação pela prova de xícara:

A prova de xícara foi realizada por 3 provadores qualificados pertencentes à instituições parceiras da Universidade Federal de Lavras. Cada profissional analisou as 48 parcelas experimentais de acordo com a Instrução Normativa nº 8 de 2003 (BRASIL, 2003).

Análise estatística:

Em consonância com os objetivos propostos, utilizaram-se técnicas de análise multivariada, mais especificamente, componentes principais (JOHNSON; WICHERN, 1998) nas avaliações químicas e físico-químicas e análise de correspondência simples (HAIR JUNIOR et al., 2005) na análise sensorial. Em ambos os procedimentos, o objetivo foi discriminar grupos de tratamentos que identificam similaridade nas respostas experimentais.

Nos resultados de análise sensorial, foi aplicada a análise de correspondência simples às classificações de bebida (estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riado e rio), associadas aos tratamentos de processamento e secagem, indicando similaridade ou dissimilaridade entre os mesmos.

O software utilizado para a análise estatística dos dados foi MINITAB (2000) e SAS Institute (2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliações químicas e físico-químicas

A interação entre as variáveis estudadas foi pesquisada por meio da análise de dependência. Os resultados são apresentados pelos vetores na Figura 1.

O ângulo formado pelos vetores representa a correlação entre os autovetores, representando as variáveis estudadas, ou seja, quanto menor o ângulo entre os vetores maior a correlação entre as variáveis.

Observa-se que os vetores que representam as variáveis condutividade elétrica e lixiviação de potássio apresentaram um pequeno ângulo entre eles, possuindo uma alta correlação. Isso ocorre porque ambos os testes avaliam os danos provocados na integridade da membrana celular do grão de café. Quanto maiores forem as injúrias ocorridas nos grãos, maiores serão os valores de condutividade elétrica. Por outro lado, como o potássio é o íon presente em maior quantidade na parede celular, quanto maior os níveis de injúrias no grão, maiores também serão os valores de potássio presentes no exsudato lixiviado. Em vários trabalhos, o comportamento do teste de condutividade elétrica tem se mostrado bastante semelhante ao do teste de lixiviação de potássio (LOPES et al., 2000; REINATO, 2003; RIBEIRO et al., 2003). Neste trabalho, confirmou-se essa correlação entre essas variáveis por meio de uma análise multivariada de componentes principais.

A análise multivariada de componentes principais é realizada visando reduzir variáveis e discriminar grupos. Quando usada para reduzir variáveis, considera-se adequada para sua realização uma variabilidade acumulada acima de 70%. Por outro lado, quando o objetivo da análise é discriminar grupos, como é o caso deste experimento, considera-se adequado , para sua realização, uma variabilidade acumulada acima de 60%. Na Tabela 1, são apresentadas as variabilidades dos componentes, onde observa-se que a variabilidade acumulada foi de 64,4% para os dois primeiros componentes, sendo esse valor considerado adequado para a realização da análise multivariada.

Os resultados observados na Tabela 2 indicam que as variáveis, cujas contribuições tiveram maior importância para a formação da componente 1 (PC1) foram a condutividade elétrica e o açúcar total.

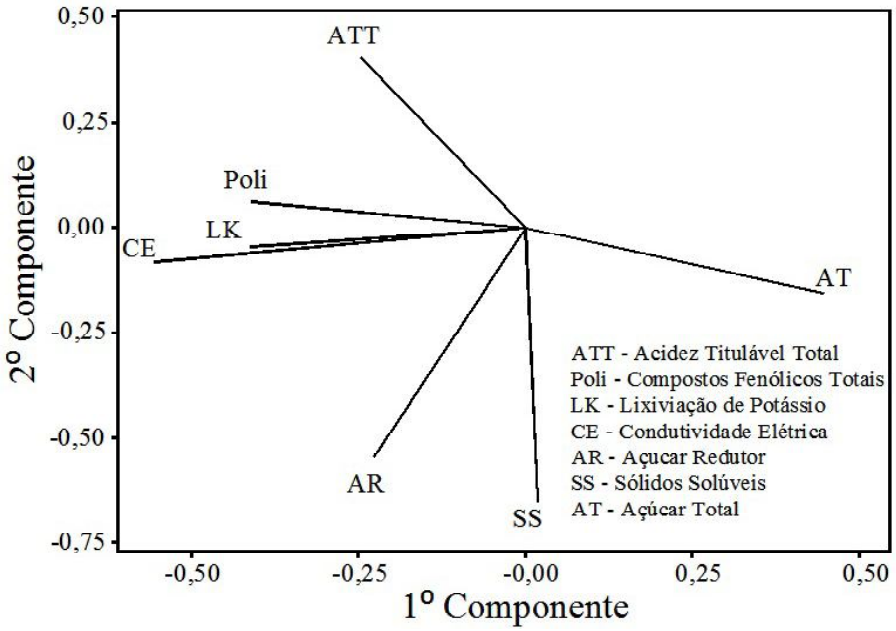


FIGURA 1 – Gráfico Biplot dos componentes principais das variáveis estudadas.

TABELA 1 – Resumo da variância explicada e autovalores dos dois primeiros componentes principais para as variáveis estudadas.

VARIÁVEL	PC1	PC2
Compostos Fenólicos	-0,412	-0,042
Acidez Titulável	-0,245	0,399
Sólidos Solúveis Totais	0,018	-0,651
Açúcar Redutor	-0,254	-0,612
Açúcar Total	0,487	-0,173
Lixiviação de Potássio	-0,408	0,064
Condutividade Elétrica	-0,550	-0,085
Proporção explicada	0,398	0,644

TABELA 2 – Contribuição dos componentes estimados.

Variáveis	PC1	PC2
Compostos Fenólicos	0,169392	0,001509
Acidez Titulável Total	0,059594	0,160426
Sólidos Solúveis	0,000283	0,424476
Açúcar Redutor	0,065753	0,372509
Açúcar Total	0,236149	0,029817
Lixiviação de Potássio	0,166004	0,004152
Condutividade Elétrica	**0,302826**	0,007113

Em relação ao componente 2 (PC2), destacaram-se as variáveis sólidos solúveis e açúcar redutor como variáveis que mais influenciaram na formação desta componente.

Para visualização dos possíveis agrupamentos formados, plotaram-se os escores para cada tratamento (valores do eixo Y e X para a componente 1 e 2, respectivamente).

O gráfico dos escores utilizado para visualização de possíveis agrupamentos em relação ao fator tipo de café é apresentado na Figura 2.

Observa-se a formação de um grupo constituído pelos tratamentos constituídos do café cereja descascado. Esses resultados permitem inferir que, independentemente do procedimento de secagem, os cafés descascados diferenciam-se dos naturais em relação à sua composição química e físico-química. A maioria dos cafés cereja descascado –localizou-se no primeiro quadrante do gráfico de dispersão. Verifica-se também que a primeira componente foi a que mais contribuiu para a formação desse grupo. Portanto, pode-se inferir que os fatores que mais influenciaram na diferenciação do cereja descascado foram os menores valores de condutividade elétrica e os maiores valores de açúcares totais encontrados nesse tipo de café.

Na Figura 3 é apresentado o gráfico dos escores utilizados para visualização de possíveis agrupamentos, em relação ao fator espessura da camada.

Observa-se que os componentes estimados apresentaram resultados que evidenciam a formação de dois grupos: o primeiro formado pelos tratamentos dos cafés secados em camada fina e o segundo formado pelos cafés secados em camada grossa. Essa observação sugere que a maneira como o café é secado no terreiro influencia a preservação de suas características físicas e físico- químicas e, consequentemente, interfere na sua qualidade.

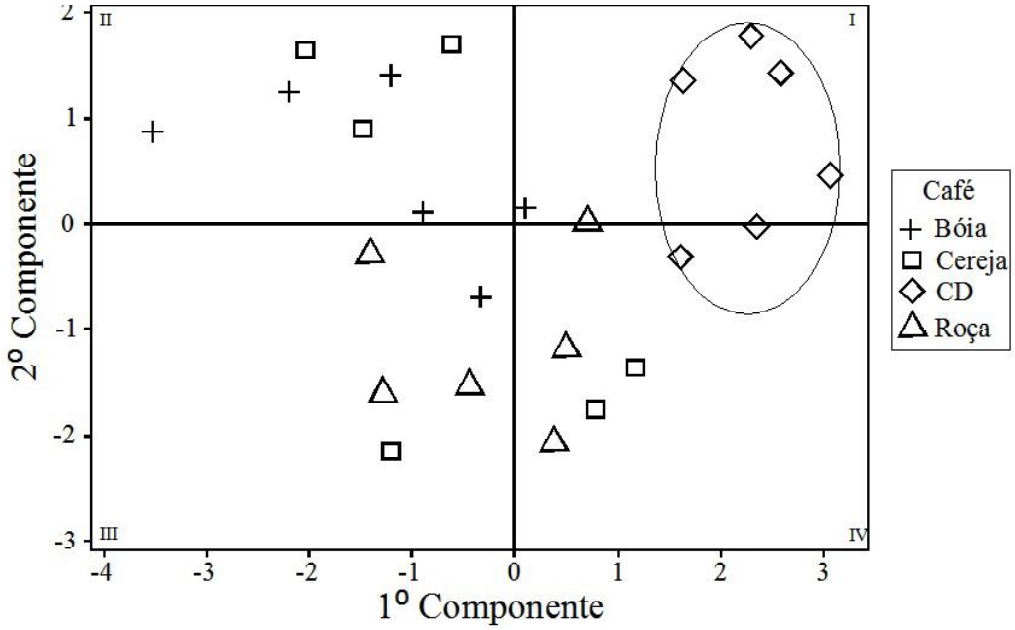


FIGURA 2 – Gráfico dos escores utilizado para discriminação do tipo de café.

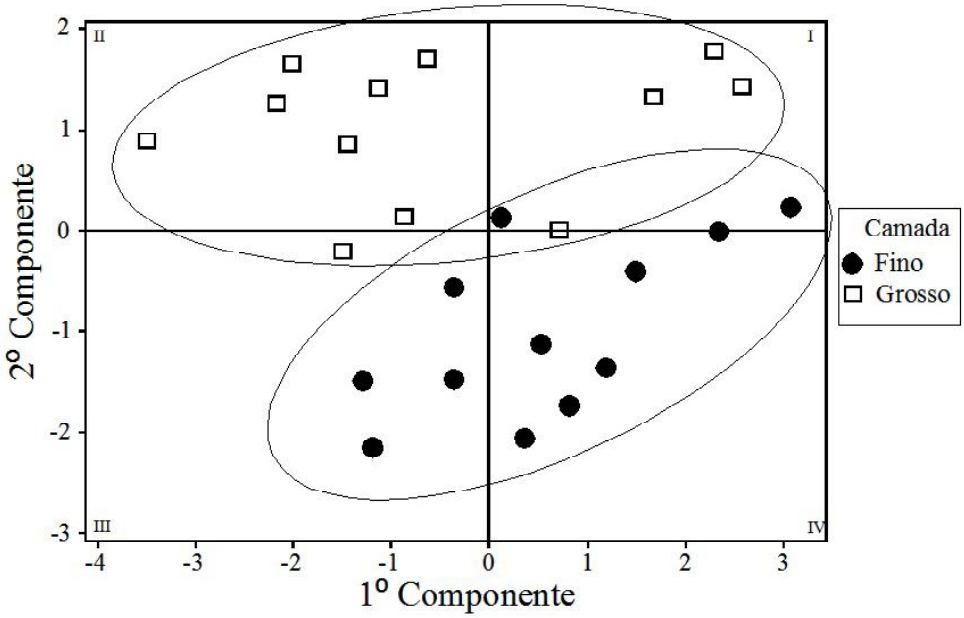


FIGURA 3 – Gráfico dos escores utilizado para discriminação da espessura da camada de secagem do café, no terreiro.

O segundo componente foi o que mais contribuiu para essa diferenciação. Os cafés secados em camada fina tiveram, na sua grande maioria, escores negativos para a segunda componente. Dessa maneira, pode-se afirmar que os resultados que mais influenciaram para essa distinção foram os teores de açúcares redutores e de sólidos solúveis. Os cafés secados em camada fina apresentaram maiores valores de açúcares redutores e sólidos solúveis em relação ao café submetido à secagem em camada grossa.

Como os açúcares e a maioria dos sólidos solúveis são utilizados como substrato para o desenvolvimento de microrganismos, uma das hipóteses para os menores teores desses compostos nos cafés secados em camada grossa, seria a ocorrência de fermentações na massa de café.

Esses resultados indicam que, tanto para o café natural quanto para o café descascado, a espessura de camada usada ao longo da secagem em terreiro influencia significativamente a qualidade do café. Portanto, antes da adoção de investimentos com tecnologias para processamento e revestimento de terreiros, o produtor deve priorizar o dimensionamento correto da pós-colheita, levando em consideração a capacidade de recepção diária, planejamento de colheita e o correto manejo durante a secagem.

Análise sensorial

Os resultados da prova de xícara são apresentados na forma de frequêsncia do número de ocorrências para cada tratamento, na Tabela 3.

Observa-se que as bebidas consideradas superiores estiveram mais presentes no café CD, quando submetido à secagem em camada fina. Esses mesmos cafés, quando submetidos à secagem em camadas grossas obtiveram a maior frequência de bebidas duras, comprovando dessa maneira que, além do tipo de processamento, o manejo no terreiro é de fundamental importância na preservação da qualidade do café.

Além dos resultados de frequência foi realizada também análise de correspondência, objetivando associar o tipo de bebida com os tratamentos estudados.

TABELA 3 – Frequência do número de ocorrências das bebidas do café.

Código	**Identificação**	E.M.	Mole	A.mole	Duro	Riado	Rio
RFLA RFLA	Roça Fino Lama Asfáltica	0	0	2	4	0	0
RGLA	Roça Grosso Lama Asfáltica	0	0	0	6	0	0
RFC	Roça Fino Concreto	0	1	1	4	0	0
RGC	Roça Grosso Concreto	0	0	0	4	2	0
RFTR	Roça Fino Terra	0	0	0	5	1	0
RGTR	Roça Grosso Terra	0	0	0	2	4	0
CFLA	Cereja Fino Lama Asfáltica	0	0	0	6	0	0
CGLA	Cereja Grosso Lama Asfáltica	0	0	0	4	2	0
CFC	Cereja Fino Concreto	0	0	0	6	0	0
CGC	Cereja Grosso Concreto	0	0	0	2	4	0
CFTR	Cereja Fino Terra	0	0	0	4	2	0
CGTR	Cereja Grosso Terra	0	0	0	4	2	0
BFLA	Boia Fino Lama Asfáltica	0	0	0	6	0	0
BGLA	Boia Grosso Lama Asfáltica	0	0	0	4	2	0
BFC	Boia Fino Concreto	0	0	0	6	0	0
BGC	Boia Grosso Concreto	0	0	2	2	2	0
BFTR	Boia Fino Terra	0	0	0	4	2	0
BGTR	Boia Grosso Terra	0	0	0	2	3	1
CDFLA	Cereja Desc. Fino Lama Asfáltica	1	2	3	0	0	0
CDGLA	Cereja Desc. Grosso Lama Asfáltica	0	0	0	6	0	0
CDFC	Cereja Desc. Fino Concreto	0	3	1	2	0	0
CDGC	Cereja Desc. Grosso Concreto	0	0	2	3	1	0
CDFTR	Cereja Desc. Fino Terra	0	0	0	6	0	0
CDGTR	Cereja Desc. Grosso Terra	0	0	2	4	0	0

Na Tabela 4 são apresentados os valores das contribuições dos tratamentos.

Observa-se que os cafés cereja descascado secados, em camada fina, em terreiro de lama asfáltica e concreto obtiveram as maiores contribuições, formando um grupo distinto. Já os tratamentos RGTR, CGLA, CGC, BGTR obtiveram os maiores valores de contribuição para a segunda componente formando, portanto outro grupo.

Na Tabela 5 são apresentados os valores das contribuições das classificações sensoriais em relação aos componentes. Percebe-se que as bebidas estritamente mole, mole e apenas mole foram as que tiveram as maiores contribuições para o componente 1. Já para a componente 2, as maiores contribuições foram observadas para as bebidas rio e riado caracterizando-se, dessa maneira, a formação de grupos distintos.

Para visualização dos agrupamentos foi plotado o mapa perceptual para as devidas proporções avaliadas apresentadas na Figura 4.

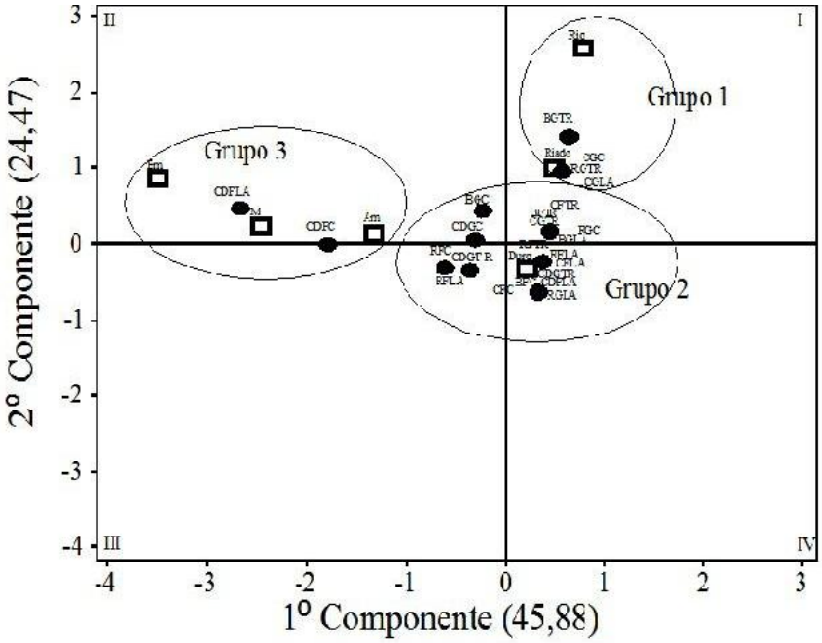
Os resultados evidenciam que a maioria dos tratamentos encontra-se associado à bebida dura e localizados perto da origem, caracterizando a formação do grupo 2.

TABELA 4 – Contribuições dos tratamentos para a formação dos componentes.

Tratamento	Contribuição (PC1)	Contribuição (PC2)
RFLA	0,010	0,015
RGLA	0,006	0,049
RFC	0,029	0,013
RGC	0,012	0,004
RFTR	0,009	0,006
RGTR	0,020	**0,125****
CFLA	0,006	0,049
CGLA	0,012	**0,105****
CFC	0,006	0,049
CGC	0,020	**0,125****
CFTR	0,012	0,004
CGTR	0,012	0,004
BFLA	0,006	0,049
BGLA	0,012	0,004
BFC	0,006	0,049
BGC	0,005	0,027
BFTR	0,012	0,004
BGTR	0,025	**0,273****
CDFLA	**0,519***	0,031
CDGLA	0,006	0,049
CDFC	**0,232***	0,000
CDGC	0,007	0,000
CDFTR	0,006	0,049
CDGTR	0,010	0,015

TABELA 5 – Contribuições das bebidas para a formação dos componentes principais.

Bebida	Contribuição (PC1)	Contribuição (PC2)
Estritamente mole	**0,146**	0,016
Mole	**0,439**	0,006
Apenas Mole	**0,270**	0,004
Duro	0,056	0,048
Riado	0,082	**0,581**
Rio	0,007	**0,144**



CLF	Cereja Lama Fino	**RLF**	Roça Lama Fino
CLG	Cereja Lama Grosso	**RLG**	Roça Lama Grossa
CTF	Cereja Terra Fino	**RTF**	Roça Terra Fino
CTG	Cereja Terra Grosso	**RTG**	Roça Terra Grosso
CCF	Cereja Concreto Fino	**RCF**	Roça Concreto Fino
CCG	Cereja Concreto Grosso	**RCG**	Roça Concreto Grosso
CDLF	Cereja Descascado Lama Fino	**BLF**	Bóia Lama Fino
CDLG	Cereja Descascado Lama Grosso	**BLG**	Bóia Lama Grosso
CDTF	Cereja Descascado Terra Fino	**BTF**	Bóia Terra Fino
CDTG	Cereja Descascado Terra Grosso	**BTG**	Bóia Terra Grosso
CDCF	Cereja Descascado Concreto Fino	**BCF**	Bóia Concreto Fino
CDCG	Cereja Descascado Concreto Grosso	**BCG**	Bóia Concreto Grosso

FIGURA 4 – Mapa perceptual dos tratamentos e qualidade do café.

A formação de outros dois grupos também pode ser observada, em função da localização dos perfis. O grupo 3 é formado pelos cafés descascados, secados em camadas finas, em terreiros de lama asfáltica e concreto. Esses cafés possuem uma alta correlação com as bebidas mole, apenas mole e estritamente mole.

O grupo 1 está associado às bebidas riado e rio. Os cafés que integram esse grupo são o roça e o boia secado em camada grossa, em terreiro de terra e o café cereja+verde, secado em camada grossa nos terreiros de concreto e de lama asfáltica. Provavelmente, essa perda de qualidade tenha ocorrido em função tanto do uso do terreiro de terra como de maiores espessuras da camada dos cafés cereja+verde , secado em camadas grossas. A interferência negativa do terreiro de terra, verificada neste trabalho, é corroborada com outros resultados encontrados na literatura (BORÉM; REINATO; PEREIRA, 2003; CHAGAS; MALTA, 2008; HASHIZUME, 1985; LACERDA FILHO, 1986; REINATO et al., 2005; SANTOS et al., 1971; VILELA, 1997). Já a perda de qualidade do café secado em camada grossa provavelmente ocorreu devido a processos fermentativos e ao aumento de temperatura na massa de café.

Neste trabalho observou-se também que a qualidade sensorial dos cafés secados em terreiro de concreto e de lama asfáltica se equivaleram. Esses resultados foram considerados de grande relevância, uma vez que vão de encontro aos resultados obtidos por Abrahão, Ferreira e Felipe (2002) e Borém, Reinato e Pereira (2003), confirmando que o terreiro de lama asfáltica não interfere negativamente na qualidade do café, dúvida frequente apresentada pelos produtores.

O café cereja, secado em camada grossa, em terreiro de concreto equiparou-se aos cafés boia, secados em terreiro de terra. Quando esse café é submetido a espessuras grossas sobre pisos impermeáveis, ocorrem rápidas elevações da temperatura da massa de café decorrentes de fermentações e processos metabólicos. Provavelmente, esses eventos contribuíram para que o café cereja secado em terreiro de concreto em camadas mais espessas se correlacionasse significativamente com bebidas inferiores.

4 CONCLUSÕES

Os cafés cereja descascado diferenciam-se dos demais em relação às características químicas, físico-químicas e sensoriais.

A qualidade dos cafés secados em terreiro é influenciada pelo tipo de terreiro, pela espessura de camada de secagem e pelo tipo de processamento usado.

O emprego da camada grossa (4cm para cereja descascado e 8 cm para café natural), durante a secagem, é um dos principais fatores que contribuem para a perda da qualidade do café.

Os cafés descascados secados em camada fina (1cm) , em terreiro de lama asfáltica e de concreto, não se diferenciam sensorialmente, proporcionando os cafés de melhor qualidade.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao CNPq, pelo suporte financeiro.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, E. J.; FERREIRA, L. F.; FELIPE, M. P. **Terreiro pavimentado com lama asfáltica**. Belo Horizonte: EMATER, 2002. 16 p.

AFONSO JÚNIOR, C. **Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 384 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grãos de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 85 f. Tese (Livre docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1978.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed. Washington, 1990. 1278 p.

BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 28, p. 467-484, abr. 1962.

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, leito suspenso e em secadores rotativos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 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: MAA/PROCAFÉ, 1999. p. 342-346.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras de análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº8**, de 11 de Junho de 2003. Aprova o regulamento técnico da identidade e de qualidade para a do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.ministerio.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2006.

BYTOF, G.; SELMAR, D.; SCHIEBERLE, P. New aspects of coffee processing: how do the different post harvest treatments influence the formation of potential flavour precursors? **Journal of Applied Botany**, Berlin, v. 74, p. 131-136, 2000.

CHAGAS, S. J. R.; MALTA, M. R. Avaliação da composição química do café submetido a diferentes formas de preparo e tipos de terreiros de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 10, p. 1-8, 2008. Edição especial.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 375-384, 2002.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. 1997. 71 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1997.

GARCIA, A. W. R.; MIGUEL, A. E.; VIANA, A. S.; JAPIASSÚ, L. B. Avaliação do desempenho da secagem de café em terreiro suspenso comparada ao concreto tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 1998. p. 159-162.

GARRUTI, R.; TEIXEIRA, C. G.; SCHMIDT, N. S.; JORGE, J. P. N. Influência da colheita e preparo do café sobre a qualidade da bebida. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 25, p. 653-657, 1961.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HASHIZUME, H. Estudo comparativo de principais tipos de terreiro pavimentado para secagem de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12., 1985, Caxambu. **Anais...** . Rio de Janeiro: IBC, 1985. p. 95-97.

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

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 223, p. 195-201, 2006.

LACERDA FILHO, A. F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influencias na qualidade do café (*Coffea arábica L.*)**. 1986. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. S.; HARA, T. Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade de café (*Coffea arabica* L.). **Acogranos**, Bogotá, v. 14, n. 161, p. 23-29, 1989.

LEITE, I. P.; VILELA, E. R.; CARVALHO, V. D. Efeito do armazenamento na composição química do grão em diferentes processamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 159-163, mar. 1996.

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

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, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial café.

MINITAB. **Minitab release software Minitab 13.0**. College Park, 2000. Software.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 375-384, 1944.

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

PIMENTA, C. J.; VILELLA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arábica* L.), lavado e submetido à diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 1, p. 3-10, 2000. Edição especial.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade de bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1992.

QUINTERO, G. I. P. Influencia de los granos de café cosechados verdes, em la calidad física y organoléptica de la bebida. **Cenicafé**, Bogotá, v. 51, p. 136-150, 2000.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; FERREIRA, R. G. F.; CARVALHO, F. M. Avaliação técnica, econômica e qualitativa do uso de lenha e GLP na secagem de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, p. 21-29, 2003.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; SILVA, P.; ABRAHÃO, E. J. Qualidade da bebida dos cafés descascado, cereja, bóia e roça secados em terreiros de terra e lama asfáltica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Anais...** Guarapari, 2005. p. 314-315.

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, p. 112-116, 2002.

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, n. 7, p. 94-107, 2003. Especial café.

SANTOS, A. C. dos; MATOS, N.; LIMA, A. R.; FONSECA, R.; CORREIA, C.; MEXIA, J. T. Estudo preliminar de terreiros para secagem de café. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 5., 1971, Lisbonne. **Annales...** Paris: ASIC, 1971. p. 235-245.

SAS INSTITUTE. **OnlineDoc SAS®**. Versão 8. Cary, 2000.

SILVA, J. de S. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 39-80.

SILVA, O. F.; COSTA, R. A.; FARIAS, A. X.; SOUZA, M. L.; CORRÊA, T. B. S.; FRAGA, M. E. Avaliação da composição química do café submetido a diferentes formas de preparo e tipos de terreiro de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 10, p. 1-8, 2008. Especial café.

SOUZA, S. M. S. de. **Produção de café de qualidade:** II., colheita, preparo e qualidade do café. Lavras: EPAMIG, 2000. 4 p. (Circular Técnica, 118).

STIRLING, H. G. Further experiments on factors affecting quality loss in stored arábica coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 40, n. 466, p. 28-35, Jan. 1975.

SUBRAHMANYAN, V.; BATISTA, D. S.; NATARAJAN, C. P.; MAJUNDER, S. K. Storage of coffee beans. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 25, n. 1, p. 26-36, Jan. 1961.

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

TOSELLO, A. Beneficiamento e armazenamento. In: GRANER, E. A.; GODOY JUNIOR, C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Melhoramentos, 1967. p. 247-257.

VIANA, A. S.; MATIELLO, J. B.; SOUZA, T. Estudo do efeito de revestimento de terreiros no tempo de seca e na qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2002. p. 53-56.

VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas: pós-colheita e qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 219-274.

VILELA, R. V. Qualidade do café: secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 55-63, 1997.

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

WILLIAMS, A. A.; FERIA, M. A. M.; KARI, P. E. Sensory and analytical examination of ground and cup coffee with particular reference to bean maturity. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE SUR LE CAFÉ, 13., 1989, Paipa. **Annales...** Paris: ASIC, 1989. p. 83-106.

ALIANÇA NO SISTEMA AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ: MODELO DE ALIANÇA PARA AGREGAR VALOR AOS CAFÉS CERTIFICADOS

Cibele Maria Garcia de Aguiar[1], Nádia Carvalho[2], Sérgio Parreiras Pereira[3], Joel Yutaka Sugano[4]

(Recebido: 22 de fevereiro de 2011; aceito 3 de outubro de 2011)

RESUMO: Com a emergência da economia digital, alianças dinâmicas de cooperação entre diferentes setores têm sido consideradas como o formato organizacional adequado para promover a geração e transferência de conhecimento e inovações. Essas transformações também ocorrem no sistema agroindustrial do café, sendo que Minas Gerais busca agregar valor ao produto por meio da certificação e integração entre setores. Com base nessa interação, foi analisada a percepção dos participantes do programa Certifica Minas Café e Cafés Sustentáveis da ABIC quanto às sinergias na integração governo, universidades e empresas, identificando o papel da articulação e da comunicação em um novo modelo de negócio. A pesquisa exploratória envolveu a aplicação de questionários *survey* entre os setores da Aliança: produção, extensão e indústria. A tabulação dos dados foi realizada no Software SPSS e foram incorporadas na análise as observações e coletas documentais. Como conclusão, verifica-se a existência de sinergias na integração governo, universidades e empresas, configurando uma relação de complementariedade em um modelo de negócio inovador, sendo reservados a cada elo benefícios que não seriam possíveis na estrutura tradicional de comercialização. No entanto, apontam-se pontos de estrangulamento nos canais de comunicação, sugerindo atenção dos gestores da aliança para que o fluxo de informação seja intensificado entre as três esferas. No período desta análise, o modelo de comunicação adotado não estimulava a integração de todos os participantes, característica que, ao longo do tempo, ao invés de criar sinergias, poderá resultar numa desordem nas relações causada por ruídos de informação.

Termos para indexação: Aliança estratégica, modelo de negócio, café.

ALLIANCE IN THE AGROINDUSTRIAL SYSTEM OF COFFEE: ALLIANCE MODEL FOR ADDING VALUE TO COFFEE CERTIFICATES

ABSTRACT: *With the emergence of the digital economy, alliances dynamics of cooperation between different sectors have been considered as the organizational format appropriate to promote the generation and transference of knowledge and innovations. These changes also occur in the coffee agribusiness system, and Minas Gerais seeks to add value to products through certification and integration between sectors. Based on this interaction, we analyzed the participants' perceptions of the program Certifica Minas Café and Cafés Sustentáveis of the ABIC, regarding integration synergies in government, universities and companies, identifying the role of coordination and communication in a new business model. The exploratory research involved the application of survey questionnaires among sectors of the Alliance: production, extension and industry. The data analysis was performed on SPSS software, and the observations and documentary collections were incorporated in the analysis. In conclusion, it appears that there is synergy in integrating government, universities and businesses, setting up a complementary relationship in an innovative business model, being reserved for each link that would not be likely benefits of the traditional pattern of trade. However, they point to bottlenecks in communication channels, suggesting to the alliance' managers attention that the flow of information be intensified among the three spheres. During this analysis, the communication model adopted did not encourage the integration of all participants; a feature that, over time, instead of creating synergies, could result in a disorder in the relations caused by an overflow of information.*

Index terms: *Strategic alliance, business model, coffee.*

1 INTRODUÇÃO

Com a emergência da economia digital, redes dinâmicas de cooperação entre diferentes agentes sociais e econômicos têm sido consideradas : o formato organizacional adequado para promover o aprendizado e para a geração, comunicação e transferência de conhecimento e inovações. Desse modo, a criação de alianças é analisada como possibilidade de se difundir conhecimentos sobre o setor, promovendo ainda a geração de novos modelos de negócios que buscam o equilíbrio entre o valor para as empresas, parceiros e para os clientes. Ao se analisar os conceitos de diversos autores sobre o termo

[1]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Assessoria de Comunicação - ASCOM/UFLA - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG – cibele.aguiar@yahoo.com.br
[2]Universidade Federal de Viçosa - Campus de Rio Paranaíba/UFV-CRP - Instituto de Ciências Humanas (ICH) - Rodovia MG-230 - Km 7 - Cx. P. 22 - 38.810-000 – Rio Paranaíba - MG -nadia.carvalho@ufv.br
[3]Instituto Agronômico de Campinas/IAC - Cx. P. 28 - 13012-970 Campinas/SP - sergiopereira@iac.sp.gov.br
[4]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Administração e Economia/DAE - Cx. P. 3037 37.200-000 - Lavras - MG - joel.sugano@dae.ufla.br

modelo de negócio, as percepções identificam características recorrentes que incluem as escolhas estratégicas para a criação de valor e a habilidade para capturar o retorno econômico gerado dentro de uma rede de valor que seja real e sustentável.

Na perspectiva de garantir a sustentabilidade do agronegócio café brasileiro, a adoção de processos inovativos de produção e comercialização em modernos arranjos institucionais são fatores que contribuem para a ampliação da competitividade. Nesse sentido, tanto o setor produtivo, por meio das certificações, quanto o setor industrial, por meio do oferecimento de produtos diferenciados aos consumidores, têm despertado para a importância da internalização dos conceitos de sustentabilidade, rastreabilidade e adoção de boas práticas em todos os elos da cadeia.

A interação entre os programas Certifica Minas Café, do Governo de Minas Gerais, e o Programa Cafés Sustentáveis, da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), resultou em um novo modelo de negócios na forma de comercialização do café certificado mineiro, sendo concretizada com o apoio do Polo de Excelência do Café. Essa aliança estratégica entre o Governo de Minas Gerais e a ABIC reforça o papel articulador do Polo de Excelência do Café (PEC/Café), em sua missão de integrar competências institucionais, por parte do Governo, Indústria e Universidade, estimulando a capacidade de inovação e geração de negócios de alto valor agregado.

Representando o elo governamental, o Certifica Minas Café é um dos programas estruturadores criados pelo Governo de Minas Gerais, coordenado pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), com a finalidade de atestar a conformidade das propriedades de café, de acordo com as exigências do comércio mundial. Com a execução técnica da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) e o gerenciamento do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), o Programa promove o aperfeiçoamento contínuo da gestão da propriedade.

Segundo dados de Minas Gerais (2009), em 2010, 1024 propriedades cafeeiras foram aprovadas nas auditorias do IMA e da certificadora internacional *IMO Control*, da Suíça, credenciada pelo governo estadual para emitir o selo do Programa. A meta é chegar em 2011 a 1.500 propriedades certificadas em todo o Estado. O Programa mantém uma equipe de 40 extensionistas dedicados a acompanhar todo o processo de certificação.

A aliança prevê a venda de lotes de cafés certificados pelo programa com ágio entre 20 e 25%, para um café com qualidade superior de bebida determinada pela metodologia da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). Esse café, ao ser vendido para o consumidor final, recebe um selo numerado, rastreável e ilustrativo do Programa. Essas informações estão disponibilizadas em um portal coorporativo desenvolvido especificamente para o Programa, onde é possível acompanhar as transações realizadas (comprador e vendedor), o ágio recebido, o volume comercializado, dentre outras informações que compõem a memória do negócio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC, 2009). Neste estudo, optou-se por avaliar a primeira fase do programa, do qual participaram 383 propriedades certificadas e 14 empresas credenciadas para receber o selo do programa.

No elo industrial, a ABIC, entidade que congrega cerca de 500 empresas de torrefação e moagem de café de todo o território nacional, tem exercido um papel importante com iniciativas de sucesso para estimular a demanda por cafés certificados. Atenta às demandas do mercado, a ABIC lançou, em 2007, o Programa Cafés Sustentáveis do Brasil (PCS), que inclui os princípios de preservação ambiental, redução do uso de recursos naturais e de agentes poluidores, valorização social e econômica dos produtores, garantindo-lhes melhores condições de vida, de trabalho, de escolarização e de cidadania. Atualmente, existem 25 marcas de café certificado com o selo PCS-ABIC (ABIC, 2009).

Representando o elo acadêmico, o Pólo de Excelência do Café – PEC/Café, uma iniciativa da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SECTES), em parceria com a Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), objetiva unir competências da cadeia agroindustrial do café, com a participação das universidades e institutos de pesquisa, para que juntos consigam produzir algo novo que não poderia ser produzido pela atuação isolada de seus atores. Isso significa focalizar os esforços para que haja um

alinhamento entre as estratégias internas de cada segmento e as estratégias do setor, potencializando a competitividade no mercado interno e externo.

Objetiva-se,neste estudo, estudar a percepção dos participantes do programa Certifica Minas Café e Abic quanto às sinergias existentes na integração Governo, Universidades e Empresas, identificando o papel da articulação e da comunicação para a criação de um novo modelo de negócio no sistema agroindustrial do café em Minas Gerais. Especificamente, pretende-se avaliar se a interação entre governo, universidades e empresas, caracteriza-se como um modelo de negócio inovador. Além disso, pretende-se analisar se o fluxo de comunicação entre esses vértices sugere uma interação e articulação estratégica, verificando se os canais de comunicação favorecem o equilíbrio da aliança em espaços sobrepostos de compartilhamento e interação.

Além das informações sobre o contexto em que se insere a aliança, o artigo apresenta as bases teóricas que serviram de suporte para o estudo. Posteriormente, apresenta-se a metodologia, o modelo de análise, os resultados e, por fim, integram-se as considerações, as limitações do trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

1.2 Fluxo de informação, alianças estratégicas e relacionamentos entre setores

A parceria entre a ABIC e as propriedades certificadas pelo programa CERTIFICA MINAS CAFÉ tem potencial para ampliar a oferta de cafés sustentáveis certificados, premiando os cafeicultores que se adequarem aos princípios norteadores da certificação mineira. Isso traz como externalidades o incentivo à profissionalização e à gestão eficiente da atividade, com redução de custos, aumento da produtividade e qualidade dos produtos, além de promover o aumento dos canais de comercialização.

Brito (2002) destaca três procedimentos que contribuem para reduzir os riscos das empresas que optam por trabalhar em estruturas colaborativas. Primeiro deve haver a identificação da estrutura da rede, ou seja, definição de critérios para o agrupamento e suas ligações, o segundo procedimento diz respeito à discussão acerca das estratégias individuais e das práticas socialmente construídas e, por último, a análise dos possíveis desdobramentos em termos de vantagens competitivas sustentadas.

Em estudo realizado por Pacagnan (2006), destaca-se que as empresas em processo de cooperação devem ter claro que os seus elos internos devem ser compartilhados com os demais componentes da aliança formada, inclusive proporcionando novos elos entre cadeias. A composição de alianças pode contribuir na medida em que fortalece as relações com fornecedores, reduz a necessidade de capital de giro e disponibiliza acesso à tecnologia e aos intercâmbios com instituições ou empresas de pesquisas. O autor ressalta ainda que uma estratégia que envolva a cooperação interorganizacional, além de impedir que a hiperconcorrência interfira de forma preponderante na rentabilidade das organizações, permite que elas se tornem unidas contra outras forças competitivas que influenciam a indústria, como por exemplo, o poder de barganha dos fornecedores.

Outra vantagem da formação de alianças é a possibilidade de se difundir conhecimentos. Muitos fatores influenciam a transferência de informação, favorecendo ou inibindo a eficácia desse fluxo. A estrutura da aliança, as formas de relações, o tempo de relacionamentos, a existência de buracos estruturais, a confiança e outros pontos podem favorecer a existência de ruído na comunicação entre os setores.

Na visão de Nakano (2005), quanto mais densa for a rede no sentido de relacionamentos, maior o fluxo de conhecimento. Entretanto, o fluxo é facilitado quando as relações são diretas, havendo mais confiança sobre o conteúdo das informações passadas. Na existência de intermediários, quando as relações são indiretas, o fluxo torna-se mais lento e impreciso, havendo um maior risco de ruídos nesse processo.

No contexto da aliança, o compartilhamento de informação e de conhecimento entre as pessoas é constante. Para Dixon (2000), cabe à organização identificar o tipo e diversidade de informação que necessita, estabelecendo ligações adequadas para facilitar as relações de cooperação, bem como os canais e linguagem apropriados para o fluxo de informação ser eficaz. Quando essa comunicação falha, toda a relação pode ser comprometida. Por esse motivo, as interfaces de comunicação e as sinergias que facilitam a interação entre os setores passaram

a chamar a atenção da academia e das organizações, que perceberam os reflexos negativos da falta de canais de comunicação eficazes.

1.3 Ausência de comunicação entre Governo, Universidade e Empresa

Na visão de Etzkowitz e Mello (2004), falta ao Brasil uma interação bem articulada entre a universidade, a indústria e o governo. Como ponto fundamental dessa falta de interação, sobretudo o reduzido fluxo de conhecimentos entre as universidades e as empresas. Paula et al. (2008) comentam também o empenho do governo e das universidades em propor medidas para promoverem um aumento nesse fluxo. Dentre as iniciativas destacam-se a criação de fundações nas universidades para gestão de contratos com empresas, a criação de Incubadoras de Empresas, Parques Tecnológicos, e Escritórios de Transferência de Tecnologia.

Leydesdorff (2003), além de ressaltar que as relações entre universidade-empresa-governo fornecem uma infraestrutura de rede de conhecimentos que favorecem os sistemas de inovação, propôs que as relações entre as instituições possam ser medidas por meio dos fluxos de interação, gerando uma entropia positiva ou negativa, isso é, uma tendência à desordem ou ao equilíbrio das relações. Segundo esse autor, a informação mútua entre as três dimensões institucionais pode fornecer um indicador desse desempenho, tendo como principal indicador a forma de comunicação entre os atores. Essas ideias foram originalmente apresentadas em sua obra *A sociological theory of comunication*.

Leydesdorff (2003) afirma que a existência de canais de comunicação que abrangem as três esferas reduziria as incertezas do sistema como um todo. Quando a comunicação ocorre apenas em duas esferas, ao longo do tempo, ao invés de criar sinergias, a comunicação poderia desenvolver uma desordem, chamada pelo autor de entropia positiva. Uma trajetória de interações recorrentes entre as subdinâmicas levaria ao surgimento de um hiperciclo simbólico de comunicação entre as esferas, conduzindo a uma tendência de equilíbrio dentro do sistema. Ainda tendo em vista que o sistema é evolucionista, e sustentado por interações recursivas, a comunicação deve acontecer entre todas as esferas.

Sob a luz desta teoria, este estudo pretende identificar a existência de canais entre universidade-empresa-governo, para que seja avaliada a sinergia entre os setores envolvidos na aliança, bem como a tendência ao equilíbrio ou desordem dessa relação.

1.4 Modelo de negócios

O novo século inaugurou um mundo sem fronteiras. Antes disso, os limites eram bem definidos, seja por meio de regulamentação, seja pela estrutura da indústria, seja pelas vantagens de escala ou barreiras de entrada. Era uma época de escolhas e de informação limitadas, sobretudo, para os clientes. Até que a Internet, a globalização e as novas tecnologias passaram a possibilitar uma grande revolução de valores, exigindo uma nova visão de negócio, que incorporasse as transformações do mundo moderno. A essa forma de pensar o mercado, sobretudo quando aliado às novas tecnologias de informação, convencionou-se chamar de modelo de negócios (OSTERWALDER; PIGNEUR; TUCCI, 2005).

Portanto, a compreensão do modelo de negócio adotado na aliança estratégica entre os setores do agronegócio café, objeto do presente estudo, poderá contribuir para orientar as decisões estratégicas. Com o modelo de negócio definido e compartilhado, torna-se mais fácil a tomada de decisões e as adaptações em ambientes de rápidas mudanças. Caso contrário, não será possível identificar os pontos fortes e fracos do negócio adotado, nem ao menos identificar as competências centrais necessárias ou as escolhas mais adequadas.

Na visão de Magretta (2002), a aplicação de um modelo de negócio, para ser eficaz, deve incluir uma definição clara e simples dos objetivos da organização. Para que a iniciativa tenha sucesso, o autor ainda complementa que deve haver motivações plausíveis e uma compreensão clara do valor adicional do modelo de negócio; e, o mais importante, deve-se descrever uma lógica econômica que seja inovadora e rentável.

Osterwalder, Pigneur e Tucci (2005) consideram que o modelo de negócio deve ser visto como um sistema, caracterizado pela criação de conceitos e ferramentas que ajudam a captar, compreender, comunicar, projetar, analisar e mudar a lógica de negócio de uma empresa. Além disso,

condiciona o sucesso a uma análise mais focada nas suas potencialidades, bem como na escolha de indicadores para monitorar o desempenho por meio de um sistema eficaz de comunicação. Estruturar os canais de comunicação, portanto, torna-se fundamental na base de um modelo de negócios integrador, com coesão e alinhamento das partes em torno da consecução de um objetivo. Como destacado por Osterwalder, Pigneur e Tucci (2005), com a interação entre os setores, torna-se possível compreender o modelo de negócio como uma base que permite projetar e identificar a relação entre a estrutura de negócios e os sistemas de informação, bem como a aplicação de um portfólio de atividades.

Keen e Qureshi (2006) destacam que a compreensão do modelo de negócio pode conduzir a efetivas transformações nas organizações. Em seus estudos, abordam uma nova realidade organizacional, sobretudo no que diz respeito ao valor das relações e parcerias interorganizacionais. Para os autores, um modelo de negócio distingue-se em termos da geração de valor, sobretudo quanto ao fluxo de informação e oferta de opções. Ao analisar-se os conceitos de diversos autores sobre o termo modelo de negócio, as respostas identificam características recorrentes que incluem as escolhas estratégicas para a criação de valor e a habilidade para capturar o retorno econômico do valor gerado, dentro de uma rede de valor que seja real e sustentável.

Por esta concepção, a parceria entre o Governo de Minas e a ABIC, com foco na relação Governo, Universidades e Empresa, será analisada tanto para identificação de sinergias entre os setores, quanto no sentido de criação conjunta de valor e da captura do retorno econômico para os participantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo adotou-se a pesquisa exploratória. A escolha desse método fundamenta-se em Gil (1999), que afirma que as pesquisas exploratórias possuem como finalidade básica desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias para a formulação de abordagens posteriores. Quanto ao método, optou-se pelo *survey*, que é descrito como a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população alvo, por meio de um instrumento de pesquisa, normalmente um questionário (FREITAS et al., 2000). Para Pinsonneault e Kraemer (1993) a pesquisa *survey* envolve o exame de um fenômeno em uma grande variedade de questões. Ainda segundo os autores, a pesquisa *survey* é apropriada quando as questões centrais de interesse sobre o fenômeno são "o que está acontecendo", ou "como e por que está acontecendo". Quanto ao tipo, o estudo é caracterizado como *survey* exploratório, em que se deseja iniciar a familiarização de algum tópico, e tentar delinear conceitos preliminares. Segundo Pinsonneault e Kraemer (1993) s*urveys* exploratórios devem ser usados como base para o desenvolvimento de conceitos e métodos mais detalhados.

Para a aplicação do *survey* foram utilizados três questionários estruturados, sendo um específico para produtores certificados, outro para representantes da Indústria e o terceiro para os representantes do Governo. Cada questionário contou, respectivamente com 16, 20 e 12 questões. Os questionários foram elaborados na ferramenta *Google Docs*, possibilitando um fluxo rápido e lógico na entrevista, que foi aplicado de forma direta e via e-mail. A amostragem foi não probabilística. Ao todo, foram analisados 98 questionários representados respectivamente por: 45 produtores certificados, 45 técnicos da Emater envolvidos no programa e oito representantes da indústria (diretores ou responsáveis pela participação da empresa no Programa). Vale destacar que foram entrevistados 11,74% dos 383 produtores certificados; 100% dos 40 técnicos da Emater envolvidos no Programa e outros cinco (05) gestores e 50% das 14 empresas credenciadas.

As entrevistas com os técnicos da Emater foram aplicadas de forma direta, em reuniões realizadas no período de coleta de dados (setembro a novembro de 2009), em diferentes regiões produtoras (Sul de Minas, Cerrado e Zona da Mata). Tanto os produtores quanto os industriais que responderam ao questionário fazem parte de uma lista de participantes do Programa Certifica Minas que possuíam e-mail de contato, sendo esse o meio escolhido para a aplicação do questionário. Foram aplicados três questionários adaptados para cada setor analisado, porém, contendo questões centrais idênticas que foram utilizadas em análises comparativas. As questões específicas para cada setor foram elaboradas com o intuito de identificar-se o perfil de cada grupo e para melhor contextualizar as análises.

Tanto o produtor, quanto os técnicos da Emater e representantes da indústria analisaram a relação entre governo, empresa e universidade no sistema agroindustrial do café, sob a ótica de suas percepções e expectativas no âmbito da aliança.

Para as análises dos resultados do trabalho, utilizou-se uma escala intervalar de seis pontos. Na apresentação dos resultados, optou-se por dividir as respostas em dois quadrantes: as respostas de 0 a 3 foram classificadas no quadrante de fluxo nulo a baixo e, o segundo, com respostas de 4 a 6, classificado como fluxo médio a permanente.

Após a coleta dos dados, foram analisadas, comparativamente, as respostas dos três questionários e foram incorporadas à análise as observações e coletas documentais, seguindo os pressupostos de Casarotto Filho e Pires (1999) e Lipnack (1996). A tabulação dos dados foi realizada no Software SPSS, pacote estatístico para as ciências sociais (***S**tatistical **P**ackage for the **S**ocial **S**ciences*).

A adição das respostas à análise do fenômeno contribuiu para ampliar a compreensão do fenômeno estudado. Vale ressaltar que o estudo foi elaborado após quatro meses do início da aliança estratégica (Certifica Minas Café e ABIC). Dessa forma, as perguntas foram dirigidas no sentido de captar a percepção dos participantes sobre o setor e sobre as expectativas para a continuidade do programa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados da pesquisa, sendo que os três segmentos opinaram sobre a existência e a intensidade dos fluxos de comunicação no âmbito da aliança, com suas percepções e expectativas quanto à sustentabilidade dessa iniciativa.

3.1. Ciência, Mercado e Governo em um novo modelo de negócio

Para analisar se o modelo de interação configura-se num modelo de negócio inovador, foram utilizadas três variáveis que abordam as relações entre os setores: a importância do conhecimento científico, a participação das universidades na relação Empresa-Governo e o novo papel das universidades para o desenvolvimento regional.

Com relação ao processo de formação desta parceria, a análise de frequência indica que o conhecimento científico foi um fator fundamental para a elaboração do documento que deu origem à parceria para 81,8% dos produtores, 86,7% dos extensionistas e 75% dos industriais (Figura 1a). Além dessa variável, 91,2% dos produtores, 95,6% dos extensionistas e 100% dos industriais (Figura 1b) concordam, em parte ou totalmente, que as universidades e institutos de pesquisa fortalecem a relação empresa-governo.

Estes dados reforçam as ideias de Osterwalder, Pigneur e Tucci (2005) ao considerarem o modelo de negócio formado a partir da interação entre governo, universidades e empresas como um sistema caracterizado pela criação de mecanismos que ajudam a compreender, comunicar, e projetar uma nova lógica de negócio. Verifica-se nesse caso, a criação conjunta de valor adicional no modelo de negócio adotado.

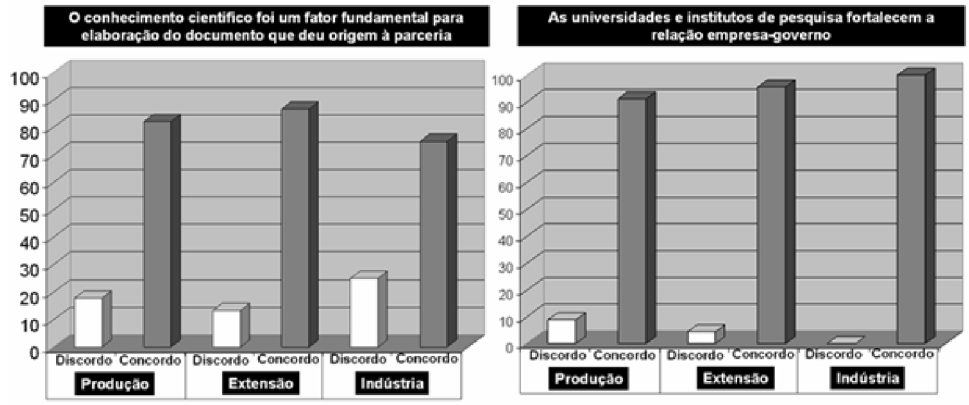


FIGURA 1 – (a,b): representação gráfica das sinergias nas relações Governo, empresa e universidades.
Fonte: elaborada pelos autores - dados da pesquisa

As percepções dos entrevistados quanto ao papel das universidades ressaltam sua importância e das instituições de ciência e tecnologia para o surgimento e crescimento de novos espaços pró-ativos nas regiões em que estão inseridas. Isso porque 100% dos produtores, 95,6% dos extensionistas e 100% dos industriais (Figura 2a) concordam totalmente ou em parte que o papel das universidades é o de aplicar o conhecimento científico em projetos que tragam desenvolvimento econômico regional.

Corrobora ainda para a defesa de Osterwalder, Pigneur e Tucci (2005) a existência de uma nova dinâmica em que a universidade participa mais ativamente no processo de desenvolvimento econômico, já que em sua visão, a interação de negócios distintos pode criar vínculos profícuos de conhecimento e de prospecção de novas oportunidades. De todos os entrevistados, 86,7% dos produtores, 71,1% dos extensionistas e 75% dos industriais (Figura 2b) discordam totalmente, ou em parte, da afirmação de que a parceria público-privada tem desempenho melhor sem a participação da pesquisa/academia.

O valor das relações interorganizacionais observado nesta aliança corrobora para as observações de Keen e Qureshi (2006) que apontam uma relação direta entre as sinergias das relações com a existência de um modelo de negócio. A análise das sinergias existentes, com a definição clara do papel de cada participante, bem como de sua importância para o modelo de negócio, sugerem estratégias para a criação conjunta de valor. Verifica-se que o pagamento de ágio ao produto certificado no âmbito da parceria, bem como a ampliação do portfólio de produtos ofertados pelas empresas participantes, demonstram a habilidade para capturar o retorno econômico do valor gerado.

Para a maioria dos produtores, a melhoria na gestão e a abertura de novos canais de comercialização foram os principais motivadores para adesão ao Programa Certifica Minas Café. Os extensionistas avaliam a motivação dos produtores como coerente, já que, segundo os dados da pesquisa, 40% apontaram a abertura de canais de comercialização e 31% apontaram a gestão mais eficiente como motivadores de adesão ao Programa. Para 62,5% dos industriais entrevistados, a motivação principal para adesão ao Programa seria diferenciar e valorizar a marca. Na visão dos extensionistas, a motivação das indústrias seria ampliar a capacidade de escolha de cafés diferenciados, opção escolhida por 42,2% dos entrevistados. Para os próximos cinco anos, a expectativa de 95,9% dos entrevistados é de crescimento na oferta de produto certificado e aumento das indústrias participantes.

Ainda na visão de Osterwalder, Pigneur e Tucci (2005), a interação entre esses setores fortalece o compartilhamento em um modelo de negócio conjunto, facilitando a identificação de prioridades comuns compatíveis com ambientes de rápida transformação. A análise da aliança estratégica sugere que cada participante dessa relação seja uma esfera independente, porém, em cooperação e interdependência.

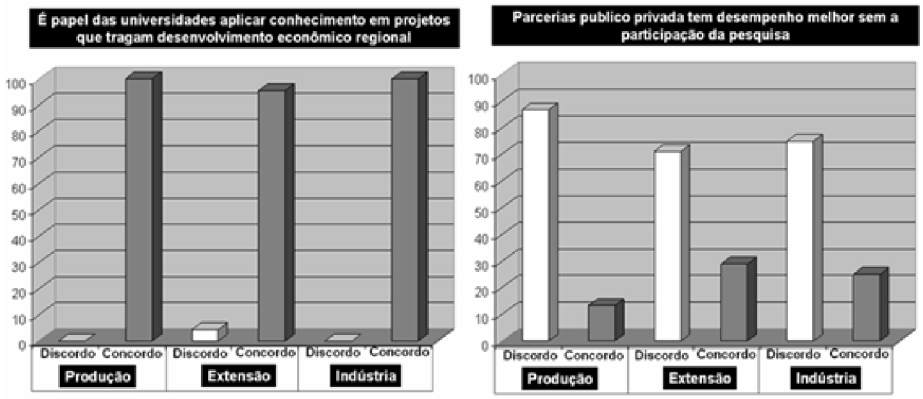


FIGURA 2 – (a, b): representação gráfica das sinergias nas relações Governo, empresa e universidades.
Fonte: elaborada pelos autores - dados da pesquisa.

Foram analisadas, ainda, as frequências das respostas quanto às sinergias do programa e existência de complementaridade entre os setores participantes. Tem-se que dos 98 entrevistados, 95% avaliam o convênio de bom a excelente, com notas superiores a 05, em uma escala de 0 a 10 pontos. Essa avaliação foi semelhante para 81,1% dos produtores, 88,9% dos extensionistas e 100% dos industriais. Pela Figura 3(a) verifica-se que a atuação do Governo no Programa foi avaliada de bom a excelente por 88,7% dos entrevistados (95,6% dos extensionistas, 71,1% dos produtores e 100% dos industriais). A atuação da ABIC no programa é avaliada positivamente (de bom a excelente) por 90% dos entrevistados, sendo representada por 84,5% dos extensionistas, 80,2% dos produtores e 100% dos industriais (Figura 3b).

Ao observar as interações no âmbito desta aliança estratégica, percebe-se uma participação ativa do Governo de Minas Gerais no que tange à política industrial setorizada em produtos de excelência, como é o caso do café, em que Minas detém a liderança nacional. Percebe-se que a parceria público-privada incorpora ações, não apenas de encorajamento à participação das empresas, como também estimula a integração, difusão e cooperação tecnológica entre os setores considerados estratégicos. Verifica-se, nesse caso, um crescente reconhecimento de que o processo inovativo, bem como as políticas para estímulo ao desenvolvimento, não são vistos como elementos isolados de seus contextos, mas reservam particular importância para cada subsistema envolvido.

3.2 O fluxo de informação entre Governo, Empresas e Universidades

Na análise do fluxo de informação, 60% dos produtores entrevistados acreditam que a comunicação entre os setores produtivo e industrial está situada no quadrante de baixa frequência, sendo que 20% apontam para a ausência total de comunicação entre eles, conforme apresentado na Figura 4. Apenas 8,8% apontam para uma comunicação permanente entre esses elos. Quanto à comunicação com o governo, os produtores apontam uma ausência ainda maior de comunicação, representada por 68,8% dos entrevistados, no quadrante de nula a baixa frequência. Essa tendência altera-se quando a comunicação é analisada entre o setor produtivo e as universidades, com 51,1% dos entrevistados situados no quadrante de frequência de comunicação média a permanente, entre os setores.

Já na visão dos técnicos da Emater envolvidos na aliança estratégica, 80% acreditam que há um fluxo médio a permanente entre o governo e as empresas. Como pode ser visualizada na Figura 5, quando a comunicação passa a ser analisada entre o governo e o setor da pesquisa, para 26,6% dos extensionistas a frequência situa-se no quadrante de comunicação baixa a nula.

Na visão do setor industrial, os entrevistados apontam para a existência de comunicação entre os setores, com uma frequência de média a permanente para 75% das respostas. Esse número é reduzido para 62,5% , quando a comunicação é

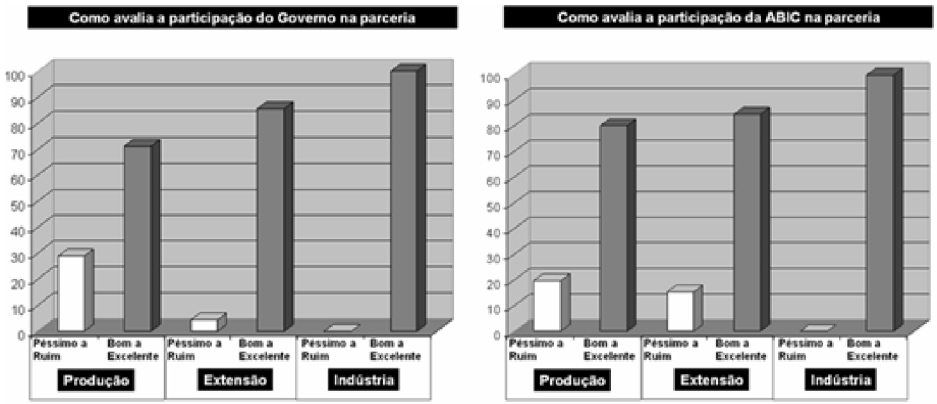


FIGURA 3 – (a, b): representação das sinergias existentes que sugerem a continuidade do Programa.
Fonte: elaborada pelos autores - dados da pesquisa

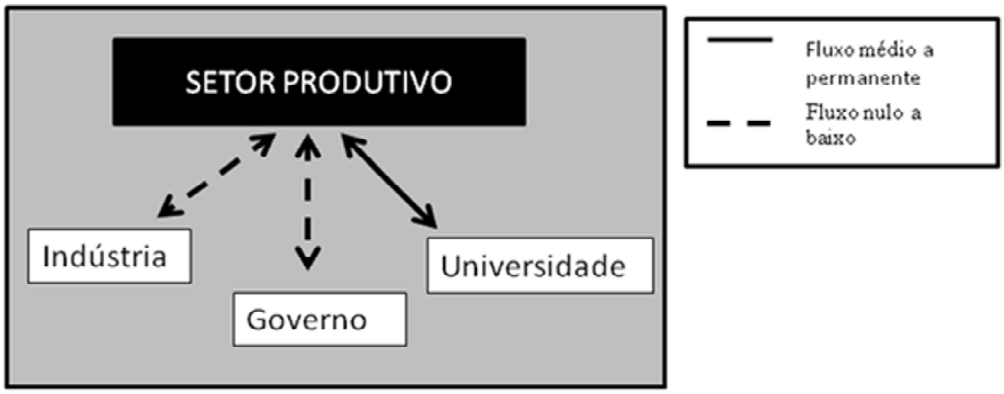


FIGURA 4 – Fluxo de informação e a interação entre Governo, Empresa e Universidade, segundo a Visão do Setor Produtivo. Fonte: elaborada pelos autores - dados da pesquisa

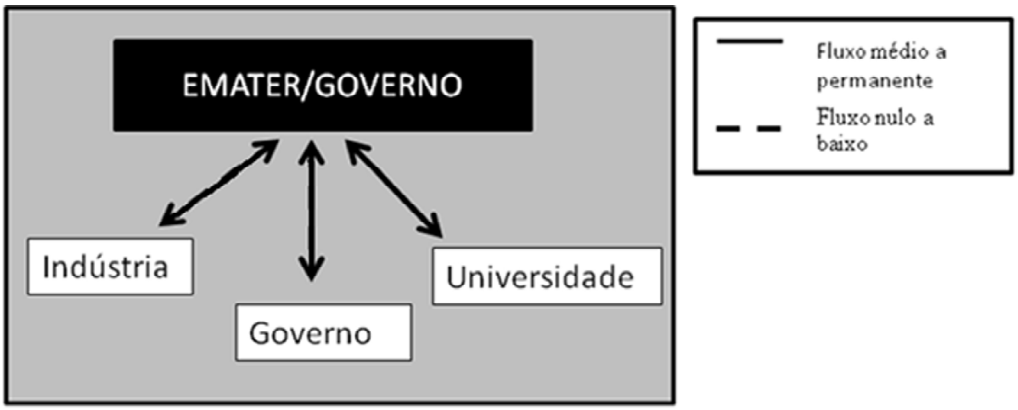


FIGURA 5 – Fluxo de informação e a interação entre Governo, Empresa e Universidade – Extensão, egundo a visão dos extensionistas da Emater.
Fonte: elaborada pelos autores - dados da pesquisa

analisada entre os setores industrial e governo. Quando o vínculo analisado passa a ser a indústria e a academia, apenas 25% dos entrevistados do setor industrial apontam para uma frequência positiva de comunicação, sendo que 75% identificam esse fluxo como baixo ou nulo, como observado na Figura 6 a seguir.

No geral, na percepção dos três setores, verifica-se que existem barreiras ao fluxo de comunicação, sendo mais acentuada na relação entre alguns setores. É o caso da comunicação entre a produção e o governo (68,8% de baixa a nula) e entre as empresas e o setor da pesquisa (75% de baixa a nula). Esse resultado corrobora com Brito (2002), Dixon (2000), Nakano (2005) e Pacagnan (2006), quando defendem a existência de uma relação entre as alianças cooperativas e a eficiência da comunicação.Assim, os gestores da aliança devem envidar esforços para que o fluxo de comunicação seja intensificado entre os três elos da aliança estratégica, para que haja um maior compartilhamento entre os componentes, proporcionando inclusive novas formas de interação, como descreve Pacagnan (2006).

Neste estudo, é possível inferir que uma interação maior entre os setores resultaria no aumento deste fluxo de comunicação, como sugere Nakano (2005), ao salientar que na ausência de relações diretas, o fluxo torna-se mais lento e impreciso, havendo mais risco de ruídos nesse processo.

Retomando Dixon (2000), para que haja uma maior comunicação entre os setores deverá ser identificado o tipo e a diversidade de informações necessárias, bem como as ligações adequadas para facilitar as relações de cooperação e criação de canais e linguagem apropriados para o fluxo de informação ser eficaz.

Os resultados deste estudo confirmam a explanação de Etzkowitz e Mello (2004), de que existe um reduzido fluxo de conhecimento entre as universidades e as empresas. Segundo o modelo de Leydesdorff (2003), que defende que as relações entre setores podem ser medidas por meio dos fluxos de interação, tem-se que a aliança estratégica estudada apresenta fluxos de comunicação bilaterais entre Governo, Universidade e Empresa. De acordo com a percepção dos participantes da aliança, o baixo fluxo de comunicação entre alguns setores, como exemplo, universidade e empresa, gera uma entropia positiva, isso é, uma tendência à desordem das relações. Conforme os dados apresentados pela pesquisa, o diagrama que melhor representaria essas relações seria o de subdinâmicas com sobreposições bilaterais, não se caracterizando na configuração de Leydesdorff (2003) que possui um ponto comum entre os três atores.

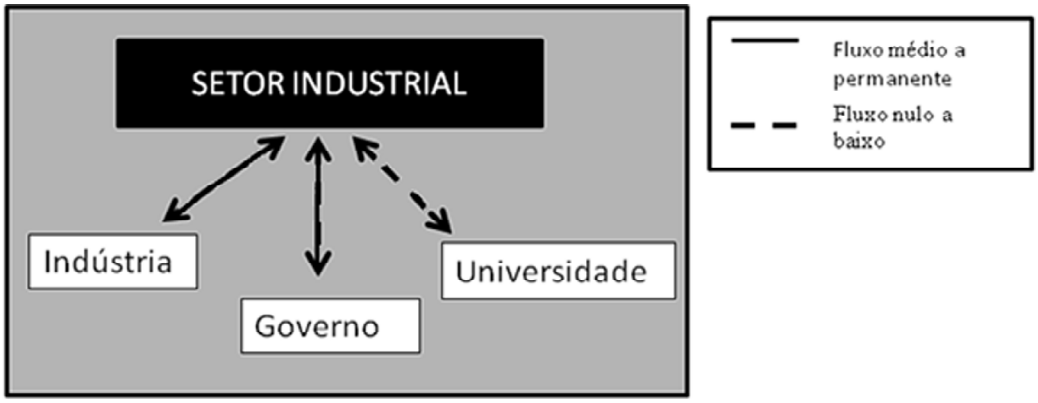


FIGURA 6 – Fluxo de informação e a interação entre Governo, Empresas e Universidades, segundo a visão do setor industrial.
Fonte: elaborada pelos autores - dados da pesquisa

4 CONCLUSÕES

• A análise da percepção dos participantes do Programa Certifica Minas Café e Abic sugere a existência de interações entre os setores, porém, com diferenças entre os fluxos de comunicação nos diferentes elos.

• Verifica-se a existência de sinergias na integração Governo, Universidades e Empresas, o que contribui para o desenvolvimento de um novo modelo de negócios, modelo esse estruturado pela forma de comercialização do café certificado mineiro,

• As percepções dos entrevistados revelam que existe espaço de crescimento mútuo para os três setores, sendo destacada a importância e o papel de cada um deles. Embora o setor da pesquisa (universidades e institutos de pesquisa) não esteja participando ativamente dos desdobramentos da aliança, esse elo foi apontado como importante tanto para a formação quanto para o desempenho da aliança.

• Os participantes identificam mecanismos para a criação conjunta de valor. Para os produtores, é destacada a melhoria na gestão e a abertura de novos canais de comercialização. Para os industriais, a diferenciação e valorização da marca são os fatores mais relevantes.

• Sobre a relação entre produção e governo, 68,8% dos entrevistados consideram os fluxos de interação como baixo a nulo, e entre as empresas e o setor da pesquisa, esta opção foi apontada por 75% dos entrevistados. Ou seja, embora existentes, estas interações demonstraram pouca efetividade.

• Os dados obtidos apontam para pontos de estrangulamento nos canais de comunicação, sugerindo maior atenção dos gestores da aliança para que o fluxo de comunicação seja intensificado. Quando a comunicação ocorre em apenas duas esferas, ao longo do tempo, ao invés de resultar em sinergias, a comunicação pode promover uma desordem, considerada como ruído, que não conduziria à sustentabilidade das relações, com comprometimento ao futuro da aliança.

Como o estudo foi elaborado após quatro meses do início da aliança estratégica (Certifica Minas Café e ABIC), as perguntas referentes ao fluxo de comunicação refletem a percepção dos participantes sobre o comportamento tradicional dos setores, não revelando a transformação nesse fluxo com a intensificação das relações. Assim, em pesquisas futuras, poderão ser avaliadas as mudanças proporcionadas pela aliança quanto à comunicação entre os setores.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Certifica Minas Café**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/certificaminas>. Acesso em: 10 nov. 2009.

BRITO, J. Cooperação Interindustrial e redes de empresas. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial:** fundamentos teóricos e práticos no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

CASAROTTO FILHO, N.; PIRES, L. H. Desenvolvimento regional: um projeto de sistemas econômicos locais para Santa Catarina. **Estudos Empresariais**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 60-63, 1999.

DIXON, N. M. **Common knowledge:** how companies thrive by sharing what they knowledge. Boston: Harvard Business School, 2000.

ETZKOWITZ, H.; MELLO, J. M. C. The rise of a triple helix culture: innovation in Brazilian economic and social development. **International Journal of Technology Management and Sustainable Development**, Lancs, v. 2, n. 3, p. 159-171, 2004.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração da USP**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

KEEN, P.; QURESHI, S. Organizational transformation through business models: a framework for business model design. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 39., 2006, Orlando. **Proceedings…** Orlando, 2006. 1 CD-ROM.

LEYDESDORFF, L. The mutual information of university-industry-government relations: an indicator of the Triple Helix dynamics. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p. 221-226, 2003.

LIPNACK, J. S. **Redes de informações**. São Paulo: Makron Books, 1996.

MAGRETTA, J. Why business models matter. **Harvard Business Review**, Cambridge, v. 5, n. 80, p. 86-92, 2002.

MINAS GERAIS. *Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. **Propriedades cafeeiras**. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2009.

NAKANO, D. N. Fluxos de conhecimento em redes interorganizacionais: conceitos e fatores de influência. In: AMATO NETO, J. (Ed.). **Rede entre organizações:** domínio do conhecimento e da eficácia operacional. São Paulo: Atlas, 2005.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; TUCCI, C. L. Clarifying business models: origins, present and future of the concept. **Communications of the Association for Information Systems**, Omaha, v. 15, p. 1-40, 2005.

PACAGNAN, M. N. Alianças estratégicas e redes colaborativas como alternativa competitiva para o pequeno varejista: um estudo de comparativo. **Revista de Gestão USP**, São Paulo, v. 13, p. 19-30, 2006. Número especial.

PAULA, A. F. A. de; GONÇALVES, S. C.; SILVA, L. N. da; LIMA, J. L. P.; MELLO, S. C. R. P.; ALMEIDA, M. F. L.; CASTAGNA, A. A.; CARVALHO, V. de F.; SEIXAS-FILHO, J. T. de. Modelo de pesquisa aplicada baseada no conceito da hélice tríplice para o aumento da competitividade dos ranicultores. **Augustus**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 25, p. 13-18, 2008.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. Survey research in management information systems: an assessment. **Journal of Management Information Systems**, New York, v. 10, n. 2, p. 75-106, 1993.

TROCAS GASOSAS E CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS ADAPTATIVAS DE CAFEEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO

Danielle Pereira Baliza[1], Rodrigo Luz da Cunha[2], Evaristo Mauro de Castro[3],
João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa[3], Marinês Ferreira Pires[3], Rodrigo Abreu Gomes[4]

(Recebido: 11 de abril de 2011; aceito 30 de agosto de 2011)

RESUMO: Diferenças nos níveis de radiação podem causar modificações nas características estruturais e funcionais das folhas, que podem responder diferencialmente por modificações anatômicas, morfológicas e fotossintéticas. Objetivou-se, no presente trabalho, verificar as possíveis modificações na anatomia foliar e características fotossintéticas de cafeeiros em fase de formação, submetidos a diferentes níveis de radiação. Após o plantio dos cafeeiros no campo, esses foram submetidos a cinco níveis de radiação (pleno sol e sob telas plásticas/sombrites de 35, 50, 65 e 90% de sombra). Os cafeeiros foram avaliados quanto às trocas gasosas e anatomia foliar dez meses após a instalação do ensaio em campo. De acordo com os resultados obtidos nesse experimento, verifica-se que a quantidade de radiação incidente influencia a estrutura interna das folhas dos cafeeiros e suas respectivas funções. O nível com 90% de sombra não é recomendado para o cultivo do cafeeiro, pois reduz a taxa fotossintética, apresentando menor espessamento do mesofilo e do parênquima paliçádico. O nível com 35% de sombra é o mais recomendado para cultivo do cafeeiro em ambiente sombreado pois, nesse nível ocorre melhoria da estrutura interna das folhas do cafeeiro, o que pode favorecer características fisiológicas interessantes para otimizar o desenvolvimento dessa cultura.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., anatomia foliar, fotossíntese, radiação, trocas gasosas.

GAS EXCHANGE AND ADAPTIVE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF COFFEE PLANTS GROWN IN DIFFERENT LEVELS OF RADIATION

ABSTRACT: *Differences in the radiation levels can cause modifications in the structural and functional characteristics of the leaves, which can respond differentially by anatomical, morphological and photosynthetic modifications. The objective of the present work was to verify the possible modifications in the foliar anatomy and photosynthetic characteristic of coffee plants in the formation phase submitted to different radiation levels. After the planting of the coffee plants in the field, they were submitted to five radiation levels (full sun and under plastic screens providing 35, 50, 65 and 90% shade). The treatments were appraised as to the gas exchange and foliar anatomy ten months after the installation of the assay in field. The amount of incident radiation influences the internal structure of the coffee plants leaves and their respective functions. The 90% shade level is not recommended for the cultivation of the coffee plant, because it reduces the photosynthetic rate, presenting lower mesophyll and palisade parenchyma thickness. The 35% shade level is more recommended for coffee plant cultivation in a shaded environment. At that level, improvement of the internal structure of the leaves occurs that can favor interesting physiological characteristics to optimize the development of that culture.*

Index terms: *Coffea arabica L., leaf anatomy, photosynthesis, shading.*

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Coffea arabica* L. é originária das florestas da Etiópia, onde cresce permanentemente sob a proteção de árvores. Sua adaptação às condições de sombreamento favorece o cultivo em sistemas agroflorestais, prática muito utilizada na maioria dos países produtores da América Latina (DAMATTA, 2004; MORAIS et al., 2004). Contudo, nas lavouras comerciais do Brasil o cafeeiro é tradicionalmente cultivado a pleno sol. Tendo em vista que as cultivares e variedades mais difundidas no país foram melhoradas geneticamente para apresentar alta produção em condições a pleno sol (DAMATTA, 2004; GOMES et al., 2008; KANTEN; VAAST, 2006).

Significativas vantagens com a utilização do sombreamento de cafeeiros têm sido observadas em lavouras instaladas em áreas marginais, ou seja, com

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Departamento de Agricultura e Ambiente - Campus Rio Pomba, s/n - 36.180-000 - Rio Pomba - MG danielle.baliza@ifsudestemg.edu.br
[2]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/Sul de Minas - Campus da UFLA, s/n - Cx. P. 176 Lavras - MG - rlc@epamig.ufla.br
[3]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG - emcastro@dbi.ufla.br , jp.barbosa@dbi.ufla.br, mari_cbpires@yahoo.com.br
[4]Cooperativa Agrícola Alto do Rio Grande - Departamento de Café - 37.200-000 - Lavras - MG - rag600@gmail.com

condições climáticas adversas, consideradas pouco adequadas ao monocultivo do cafeeiro (DAMATTA, 2004; MORAIS et al., 2004). Com o cenário do aquecimento global, em um futuro próximo, espera-se um clima mais extremo com aumento na temperatura, o que causaria aumento dessas áreas marginais no Brasil (ASSAD et al., 2004). O sombreamento das lavouras cafeeiras seria uma alternativa viável a fim de amenizar os efeitos do aquecimento, tornando possível o cultivo de café em áreas marginais.

No entanto, em lavouras cafeeiras sombreadas o nível de sombreamento não deve ser excessivo que possa reduzir a produtividade e nem muito baixo para uma proteção eficaz do café contra condições ambientais adversas (CARELLI et al., 1999; DAMATTA, 2004; KATEN; VAAST, 2006). Espera-se que ,conhecendo-se a influência dos diferentes níveis de radiação sobre as características estruturais e suas respectivas funções, possam ser determinados níveis ótimos de radiação, ou seja, níveis que proporcionem maior produtividade do cafeeiro em ambientes sombreados.

Plantas que apresentam plasticidade morfológica são capazes de responder diferencialmente aos níveis de radiação por meio de modificações anatômicas, morfológicas e fotossintéticas (GOMES et al., 2008). Várias características podem ser associadas com a adaptação à alta radiação, como: folhas mais espessas devido ao desenvolvimento dos parênquimas paliçádico e esponjoso, acarretando um aumento da área do mesofilo, além da alteração na quantidade, distribuição, tamanho, forma e mobilidade dos estômatos (LARCHER, 2000). Essas modificações estruturais têm como objetivo a otimização da captura da radiação disponível, que é a principal fonte de energia para fotossíntese.

Poucos são os estudos que relacionam as características anatômicas e as de trocas gasosas de cafeeiros submetidos às diferentes disponibilidades de radiação. Espera-se que esses estudos também auxiliem no esclarecimento dos mecanismos associados com a plasticidade morfológica do cafeeiro. Objetivou-se,neste trabalho, avaliar as características estruturais e suas respectivas funções em cafeeiros em fase de formação no campo, submetidos a diferentes níveis de radiação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, MG, cujas coordenadas geográficas são: 21º 14' S e 45º 00' W, com altitude média de 918 m. A temperatura média anual do ar dessa região é de 19,4 °C e as médias anuais de temperatura, máxima e mínima, de 26,1 e 14,8 °C, respectivamente, com precipitação anual de 1.529,7 mm (BRASIL, 1992). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb, com duas estações distintas: seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março).

As avaliações foram realizadas em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) da cultivar Catucaí Amarelo 2SL. Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de 2,5 m x 0,7 m, e três meses após o plantio foram submetidos a cinco níveis de radiação (pleno sol e sob telas plásticas/sombrites de 35, 50, 65 e 90% de sombra). Nas plantas cultivadas sob sombra a colocação dos sombrites foi realizada de modo que toda a parcela experimental ficasse encoberta pelo sombrite, incluindo as laterais da mesma. Foram utilizadas quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela foi composta de uma fileira com dez plantas, sendo as seis centrais consideradas como úteis. Os tratamentos foram avaliados quanto às trocas gasosas e anatomia foliar dez meses após a instalação do ensaio em campo.

Foram realizadas avaliações de trocas gasosas com um analisador portátil de CO_2 a infravermelho (IRGA LCA-4 ADC Hoddesdon, UK), obtendo-se a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), a taxa fotossintética (A), a condutância estomática (gs) e a transpiração (E). A avaliação dessas variáveis foi realizada em um dia típico, predominantemente claro, entre às 10 e 11 horas, sendo utilizado o terceiro par de folhas dos ramos plagiotrópicos do terço superior das plantas de café. Utilizou-se uma folha de cada planta e seis plantas por tratamento.

Os estudos anatômicos foram conduzidos utilizando-se o terceiro par de folhas dos ramos plagiotrópicos do terço superior das plantas. As folhas foram coletadas de seis plantas por tratamento e, essas foram fixadas em F.A.A. 70 (JOHANSEN, 1940) por 72 horas e posteriormente conservadas em etanol 70% (v v^{-1}). As secções transversais foram obtidas em micrótomo de mesa, tipo LPC e as secções paradérmicas à mão- livre, com uso de lâmina de aço, sendo submetidas à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplice lavagem em

água destilada, coloração com solução safrablau (azul de astra 0,1% e safranina 1% na proporção de 7:3), para as secções transversais e safranina 1% para as secções paradérmicas, sendo posteriormente montadas em lâminas semipermanentes com glicerol 50% (v v^{-1}) (KRAUS; ARDUIN, 1997).

As lâminas foram observadas e fotografadas em microscópio óptico, modelo Olympus BX 60, acoplado à câmera digital Canon A630. As imagens foram analisadas em software para análise de imagens UTHSCSA-Imagetool, com a medição de 20 campos para as variáveis das secções transversais e secções paradérmicas. Foram avaliadas: EAB= espessura da epiderme da face abaxial; EAD= espessura da epiderme da face adaxial; LIM = espessura do limbo foliar; PPA= espessura do parênquima paliçádico; CTA= espessura da cutícula da face adaxial. Para a caracterização dos estômatos, foi analisada a densidade estomática (número de estômatos por mm^2) e os diâmetros polares e equatoriais, obtidos em microscópio Olympus CBB e Ken-a-vision 2100.

Os tratamentos foram dispostos no delineamento em blocos casualisados (DBC). A análise de variância foi realizada para todas as características estudadas e quando significativas, as variáveis foram submetidas ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade para o estudo das médias, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização das telas plásticas (sombrites), com a intenção de provocar reduções gradativas na radiação solar disponível para as plantas, foi adequada para os propósitos deste trabalho, pois, verificou-se que a média sazonal de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos decresceu com o aumento do nível de sombreamento (Figura 1). Comportamento semelhante foi observado em mudas de cafeeiros sombreadas artificialmente conduzidas em viveiro (FREITAS et al., 2003).

Nota-se que os tratamentos a pleno sol, 35, 50 e 65 % de sombra favoreceram a taxa fotossintética, enquanto o nível com 90% de sombra provocou redução de 49,51% na assimilação de CO_2 (Figura 1). Resultados semelhantes foram verificados por Carelli et al. (1999), em que verificaram que a exposição das mudas de cafeeiro a 80% de sombra artificial reduziu em cerca de 50% a fotossíntes. Os autores também não constataram diferenças entre as mudas cultivadas a pleno sol e a 50% de sombra.

A fotossíntese corresponde à entrada básica de energia para as plantas e é essencial para o crescimento do vegetal, sendo ligada diretamente à estrutura das folhas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Segundo Zhou e Han (2005), a fotossíntese pode variar de acordo com o ambiente onde a planta se encontra, e, as duas principais limitações ambientais para a taxa fotossintética são a disponibilidade de CO_2 e de radiação. Dessa forma, as plantas cultivadas no maior nível de sombra (90%) tiveram menor disponibilidade de radiação e essa variação causou modificações anatômicas que limitaram a fotossíntese, como por exemplo, a redução no espessamento do limbo foliar e do parênquima paliçádico (Figura 2), que permitiu menor aproveitamento da radiação incidente.

As plantas de cafeeiro cultivadas a pleno sol apresentaram os menores valores de condutância estomática e transpiração (Figura 1). Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), as folhas de sol, tipicamente reconhecidas como possuidoras de características xeromorfas e adaptadas à condições de seca demonstram maiores densidades estomáticas e estômatos menores (Figura 3), permitindo que os estômatos permaneçam abertos durante um tempo menor para captar a mesma quantidade de CO_2, a fim de que ocorra menor perda de água pela transpiração.

Os cafeeiros cultivados a pleno sol e sob 35, 50 e 65% de sombra apresentaram maior espessura do limbo foliar e, consequentemente do parênquima paliçádico em relação ao tratamento sob maior nível de sombra (90%) (Figura 2). As folhas, quando submetidas aos maiores níveis de radiação geralmente são mais espessas que as folhas cultivadas sob denso sombreamento, sendo o espessamento do mesofilo uma característica xeromorfica, contribuindo para a esclerofilia (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Essa característica pode se modificar dependendo da condição ambiental em que as plantas são cultivadas (BATISTA et al., 2010; GRISI et al., 2008; SOUZA et al., 2010). Dessa forma, o espessamento do mesofilo pode contribuir para a esclerofilia das folhas, atribuindo características de folhas xeromorfas na presença de níveis maiores de radiação, favorecendo a estrutura interna das folhas de cafeeiro.

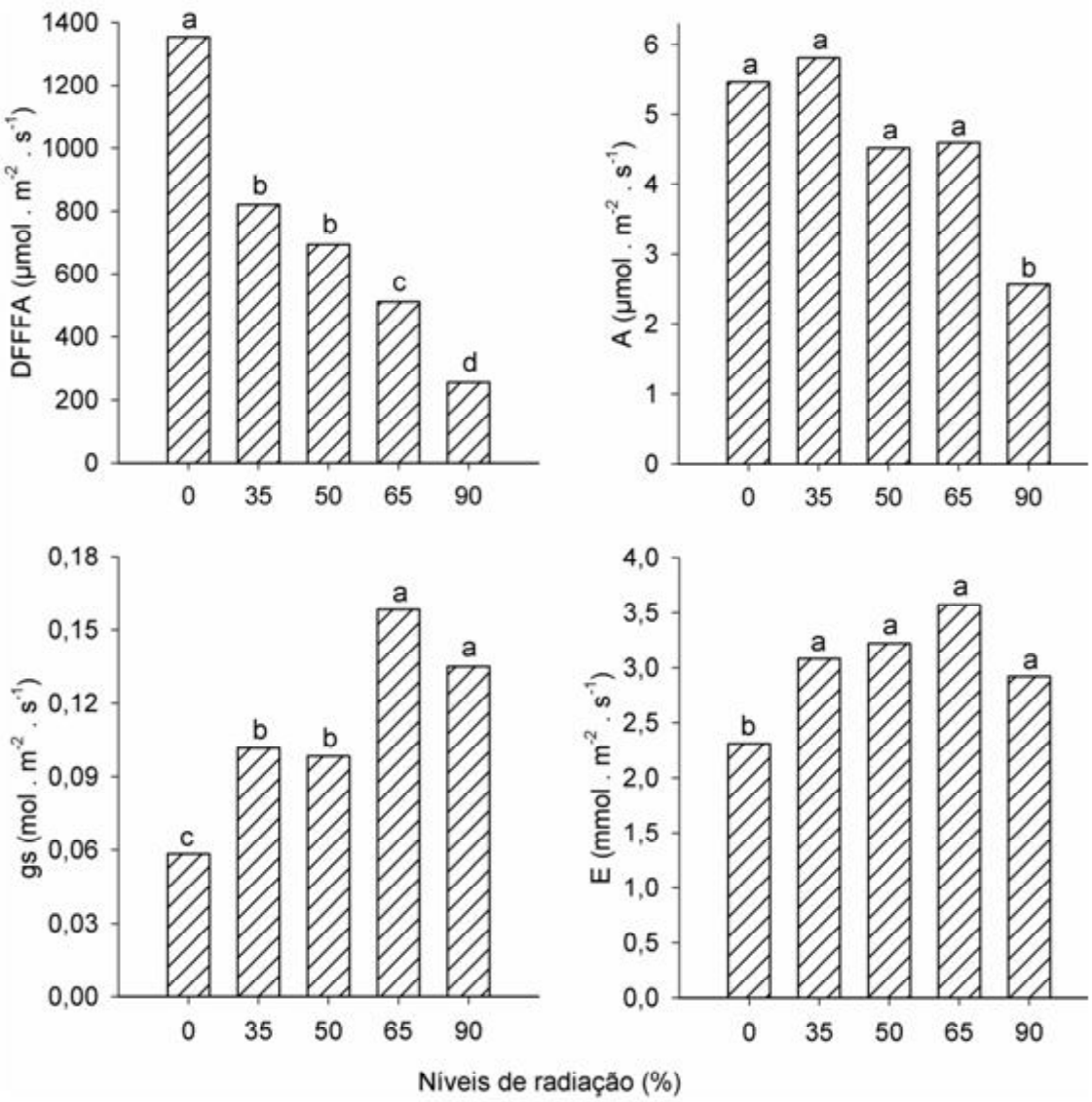


FIGURA 1 – Representação gráfica e valores médios para as variáveis: densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo (DFFFA), fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E), observados em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de radiação.

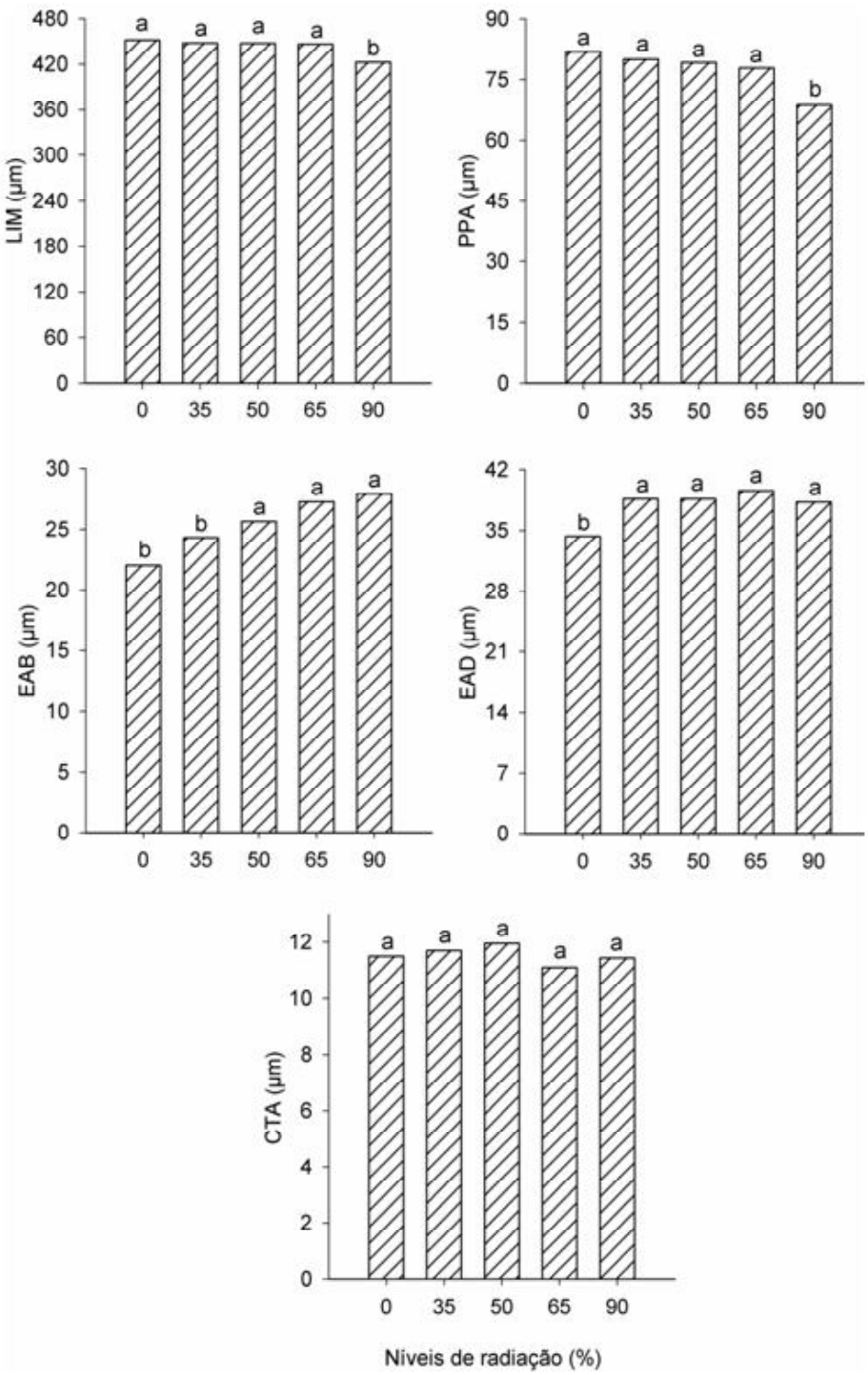


FIGURA 2 – Representação gráfica e valores médios para as variáveis: espessura do limbo (LIM), espessura do parênquima paliçádico (PPA), espessura da epiderme da face abaxial (EAB) e adaxial (EAD), espessura da cutícula da face adaxial das folhas (CTA), observados em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de radiação.

Este resultado é importante, visto que a especialização do tecido clorofiliano conduz à eficiência fotossintética da planta, onde a maioria dos cloroplastos é encontrada, pois o parênquima paliçádico é o tecido mais especializado para a fotossíntese nas folhas com estrutura dorsiventral (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Esses resultados permitem verificar que as folhas das plantas cultivadas em maiores níveis de radiação desenvolvem estruturas foliares com maior potencial para a fotossíntese possibilitando a essas plantas melhores condições de desenvolvimento em campo.

A espessura da epiderme na face abaxial foi menor para os cafeeiros cultivados a pleno sol e com 35% de sombra, enquanto a espessura da epiderme na face adaxial foi menor apenas para as plantas a pleno sol (Figura 2). Essas alterações estruturais encontradas entre folhas de cafeeiros submetidas a diferentes níveis de radiação podem ser atribuídas a diferentes concentrações de fito-hormônios, especialmente de auxina. Em folhas de plantas sombreadas, a auxina permite maior distensão de células da epiderme. Isso porque a auxina concentra-se nas regiões menos iluminadas das folhas e as folhas mais iluminadas apresentam maiores teores desse fito-hormônio no mesofilo, enquanto que, em folhas sombreadas, as auxinas são encontradas em toda a folha, inclusive na epiderme (MORAIS et al., 2004).

Estes resultados corroboram os obtidos por Fahl et al. (1994), Gomes et al. (2008), Morais et al. (2004), Oliveira et al. (2004) e Voltan, Fahl e Carelli (1992) os quais verificaram maior espessura da epiderme da face adaxial para condições sombreadas. Já para espessura da epiderme da face abaxial, encontra-se menor número de trabalhos apresentando diferenças entre folhas de sol e sombra (FAHL et al., 1994; MORAIS et al., 2004; VOLTAN; FAHL; CARELLI, 1992). A incidência de radiação, de forma geral, é maior na face adaxial das folhas e, por isso, as respostas da face abaxial podem não ser tão facilmente observadas como acontece na face adaxial.

A cutícula pode funcionar como uma barreira para o excesso de transpiração (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). No entanto, não houve influência dos diferentes níveis de radiação na espessura da cutícula, porque na estação chuvosa, época em que a avaliação foi realizada a perda de água não foi acentuada e, consequentemente a planta não necessitou investir energia no espessamento da cutícula (Figura 2). Esse resultado é semelhante ao obtido por Voltan, Fahl e Carelli (1992), em trabalho com mudas de cafeeiro sombreadas artificialmente.

Maior densidade estomática foi verificada para as plantas cultivadas a pleno sol, seguidas pelos cafeeiros sob 35% de sombra, sendo os menores valores apresentados nos maiores níveis de sombra (Figura 3). O aumento na densidade estomática pode favorecer o fluxo de CO_2 para o interior da folha (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009) e, sendo esse gás um dos fatores mais limitantes para a fotossíntese (ZHOU; HAN, 2005), uma maior captação de CO_2 pode ser favorável para a fotossíntese dos cafeeiros. Dessa forma, o aumento na densidade estomática observado para o tratamento a 35% de sombra pode ter favorecido as características fisiológicas interessantes para otimizar o desenvolvimento dessa cultura, em ambiente sombreado.

Para o diâmetro polar dos estômatos, as menores médias ocorreram sob maiores níveis de radiação (pleno sol e 35% de sombra) (Figura 3). A redução no diâmetro polar dos estômatos nesses dois tratamentos pode estar relacionada com estômatos de tamanho menor, resultado esse que possibilitou o aumento na densidade estomática observada nesses mesmos tratamentos. Para o diâmetro equatorial dos estômatos não houve influência dos níveis de radiação.

A relação entre os diâmetros estomáticos foi maior para os tratamentos submetidos aos menores níveis de radiação (65 e 90% de sombra), seguidos pelos níveis com 35 e 50% de sombra, sendo os menores valores apresentados pelas plantas conduzidas a pleno sol (Figura 3). Khan et al. (2002) afirmam que a relação diâmetro polar e diâmetro equatorial está associada ao formato das células-guarda e constitui uma importante característica sobre a funcionalidade dos estômatos, visto que favorece a abertura e fechamento dos estômatos.

Com base neste estudo, observa-se que as estruturas anatômicas das folhas de *C. arabica* e suas respectivas funções apresentam significativa plasticidade morfoanatômica aos diferentes níveis de radiação solar, adaptando sua forma de acordo com a quantidade de radiação incidente.

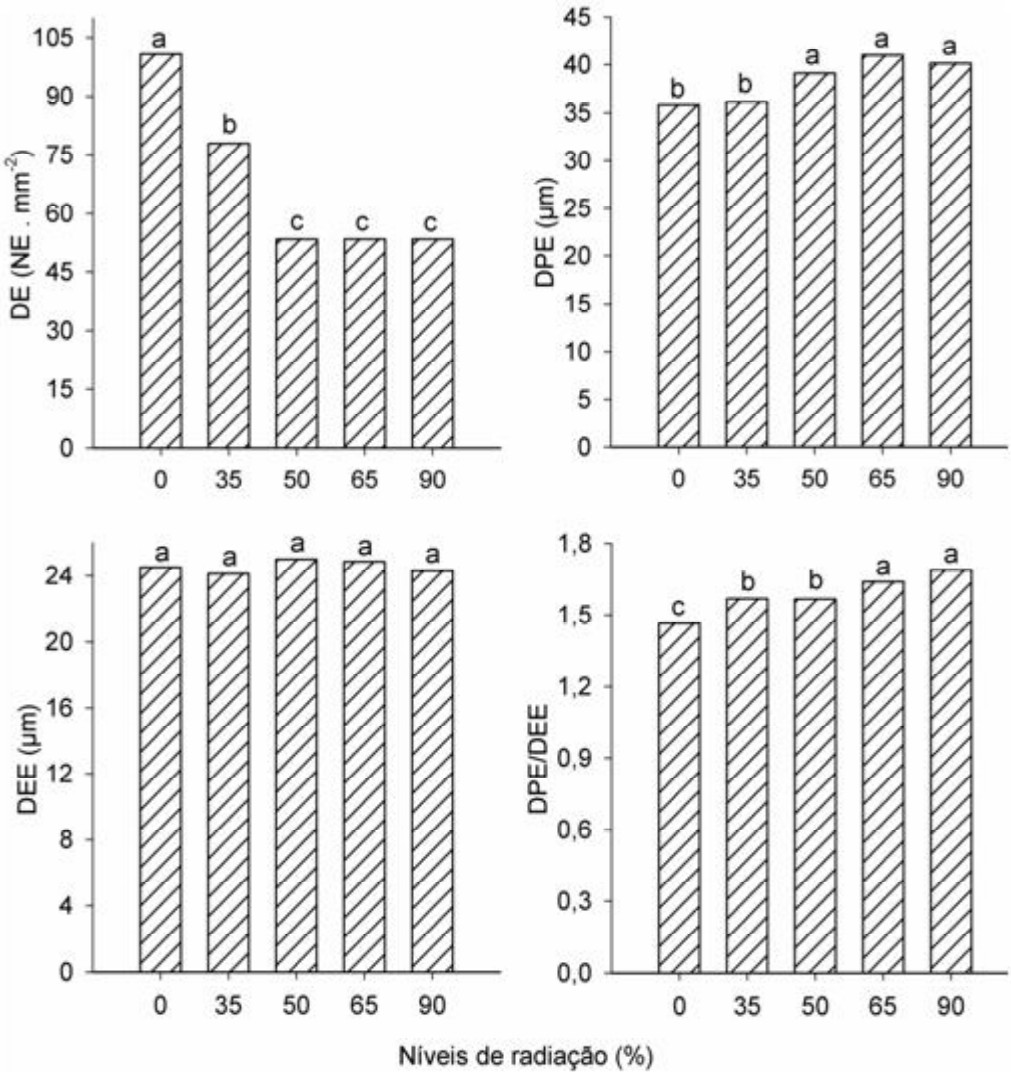


FIGURA 3 – Representação gráfica e valores médios para as variáveis: densidade estomática (DE), diâmetro polar dos estômatos (DPE), diâmetro equatorial dos estômatos (DEE), relação entre os diâmetros estomáticos (DPE/DEE), observados em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de radiação.

4 CONCLUSÕES

A quantidade de radiação incidente influencia a estrutura interna das folhas dos cafeeiros e suas respectivas funções.

O nível com 90% de sombra não é recomendado para o cultivo do cafeeiro, pois reduz a taxa fotossintética, apresentando menor espessamento do mesofilo e do parênquima paliçádico.

O nível com 35% de sombra é o mais recomendado para cultivo do cafeeiro em ambiente sombreado pois, nesse nível ocorre melhoria da estrutura interna das folhas do cafeeiro, o que pode favorecer características fisiológicas interessantes para otimizar o desenvolvimento dessa cultura.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao INCT CAFÉ, pelo auxílio financeiro na condução dos experimentos e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E. D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2004001100001&lng =pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 9 abr. 2011.

BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php ?script=sci_arttext&pid=S180666902010000300022&l=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 8 abr. 2011.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atântica) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 61-72, mar. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php ? script=sci_arttext&pid = S010084042003000100007&lng = pt&nrm= iso&tlng =pt>. Acesso em: 9 abr. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

CARELLI, M. L. C. et al. Carbon isotope discrimination and gas exchange in Coffea species grown under different irradiance regimes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 63-68, ago. 1999.

CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal:** estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Phoenix, v. 86, n. 2/3, p. 99-114, Mar. 2004.

FAHL, J. I. et al. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, p. 161-169, Jan. 1994.

FERREIRA, D. F. **Sisvar sistema para análise de variância de dados balanceados:** programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4. Lavras: UFLA, 2003.

FREITAS, R. B. et al. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 804-810, jul./ago. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php ? script=sci_arttext &pid=S141370542003000400009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 8 abr. 2011.

GOMES, I. A. C. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. "Oeiras" sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 109-115, jan./fev. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S 010384782008000100018&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 8 abr. 2011.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuaí' e 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542008000600008&lng= pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 8 abr. 2011.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill, 1940. 523 p.

KANTEN, R. V.; VAAST, P. Transpiration of arabica coffee and associated shade tree species in sub-optimal, low-altitude conditions of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 67, n. 2, p. 187-202, jun. 2006.

KHAN, P. S. S. V. et al. Growth and net photosynthetic rates of *Eucalyptus tereticornis* Smith under photomixotrophic and various photoautotrophic micropropagation conditions. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 141-146, Feb. 2002. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/rxl683334000x66m/>. Acesso em: 8 abr. 2011.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MORAIS, H. et al. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863-871, Nov. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext& pid =S151689132004000600005&lng=pt&nrm=iso&tlng =en>. Acesso em: 8 abr. 2011.

OLIVEIRA, C. R. M. et al. Crescimento e características anatômicas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo: monocultivo e consórcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 350-357, mar./abr. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid =S141370542004000200015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 9 abr. 2011.

SOUZA, T. C. et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 16-24, jan. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2010000100003&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 9 abr. 2011.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.

ZHOU, Y. M.; HAN, S. J. Photosynthetic response and stomatal behaviour of *Pinus koraiensis* during the fourth year of exposure to elevated CO_2 concentration. **Photosynthetica**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 445-449, Sept. 2005. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/u8qp176728744315/>. Acesso em: 8 abr. 2011.

ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE CAFEEIRO IMERSAS EM EXTRATO AQUOSO DE TIRIRICA

Jairo Rafael Machado Dias[1], Edilaine D'Avila da Silva[2], Gerlândio Suassuna Gonçalves[3], José Ferreira da Silva[4], Emanuel Fernando Maia de Souza[5], Elvino Ferreira[6], Rosalvo Stachiw[7]

(Recebido: 7 de julho de 2011; aceito 25 de janeiro de 2012)

RESUMO: A cultura do cafeeiro ocupa papel de elevada importância na agricultura e economia brasileira. Entretanto, para aumentar a produtividade recomenda-se a utilização de mudas sadias e de elevado vigor, sendo a propagação vegetativa uma excelente opção, pois a nova planta mantém as características genéticas da planta-mãe. O uso de reguladores de crescimento é uma técnica necessária na propagação vegetativa. Nesse caso, os reguladores de crescimento usados são os ácidos indol-3-butírico (AIB) e indol-3-acético (AIA), que podem ser obtidos também de plantas que apresentam tais hormônios em sua composição. A tiririca (*Cyperus rotundus* L.), espécie daninha de difícil controle, apresenta níveis elevados de AIB e de AIA. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar quatro concentrações de extrato aquoso de tiririca e dois tempos de imersão no enraizamento de estacas de cafeeiro. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições e 10 estacas por parcela, em esquema fatorial 4 x 2. As concentrações do extrato utilizadas foram: 0; 400; 800 e 1200 g dm^{-3}, nos tempos de imersão: 20 e 120 segundos. Após 100 dias do plantio das estacas foram analisados: volume de raízes, número de raízes, altura de plantas, número de folhas emitidas e matéria seca total. O extrato aquoso de tiririca não mostrou efeito sobre o número e volume de raízes, entretanto, as demais características avaliadas foram estimuladas ou inibidas pelas concentrações do extrato. O tempo de imersão das estacas pode induzir o crescimento de raízes, porém com 120 segundos de imersão apareceram sintomas de toxicidade.

Termos para indexação: Auxina, cafeicultura, *Cyperus rotundus* L., propagação vegetativa.

ROOTING OF COFFEE CUTTINGS IMMERSED IN TIRIRICA EXTRACT

ABSTRACT: *The cultivation of coffee trees plays an important role in Brazilian agriculture and economy. However, to increase productivity healthy plants and vigorous seedlings are needed. Vegetative propagation is an excellent option because the new plant maintains the genetic characteristics of the parent plant. To improve rooting the use of exogenous hormones is a technique widely used in this type of propagation. In this case, the hormones used are indole-butyric acid (IBA) and indole acetic acid (IAA). The purple nutsedge, a weed of difficult control, has high levels of IBA and IAA. The aim of this study was to evaluate different concentrations and immersion times of aqueous extract of purple nutsedge roots in coffee seedlings. The experimental design was completely randomized with four replicates and 10 cuttings per plot in a factorial scheme, which included four concentrations (0, 400, 800 and 1200 g* L^{-1}*) of purple nutsedge extracts and two exposure times (20 and 120 seconds). After 100 days of the planting the following characteristics were analyzed: volume and number of roots, plant height, number of leaves, and dry matter yield. The aqueous extract of C. rotundus showed no effect on the number and volume of roots. However the other evaluated characteristics were stimulated or inhibited by concentrations of the extract. The immersion time of the cuttings can induce roots growth of the cuttings, but 120 seconds of immersion showed symptoms of toxicity.*

Index terms*: Auxin, coffee growing, Cyperus rotundus L, vegetative propagation.*

---

[1]Universidade Federal de Rondônia/UNIR - Departamento de Agronomia e Engenharia Florestal - Av. Norte Sul, 7300 - 76.940-000 - Rolim de Moura - RO - jairorafaelmdias@hotmail.com
[2]Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA - PPG em Agricultura no Trópico Úmido - Av. André Araújo, 2936 - 69.060-001 - Manaus - AM - edilaine.ds@hotmail.com
[3]Universidade Federal do Amazonas/UFAM - PPG em Agronomia Tropical - Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 - 67.077-000 - Manaus - AM - gsuassunaagro@hotmail.com
[4]Universidade Federal do Amazonas/UFAM - PPG em Agronomia Tropical - Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 - 67.077-000 - Manaus - AM - ufamferreira@gmail.com
[5]Universidade Federal de Rondônia/UNIR - Departamento de Agronomia e Engenharia Florestal - Av. Norte Sul, 7300 -76.940-000 - Rolim de Moura -RO - emanuelfms@gmail.com
[6]Universidade Federal de Rondônia/UNIR - Departamento de Agronomia e Medicina Veterinária
Av. Norte Sul, 7300 -76.940-000 - Rolim de Moura - RO - elvinoferreira@yahoo.com.br
[7]Universidade Federal de Rondônia/UNIR - Departamento de Agronomia e Engenharia Florestal - Av. Norte Sul, 7300 - 76.940-000 - Rolim de Moura - RO - rosalvo_stachiw@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) ocupa papel de elevada importância na agricultura e na economia brasileira, sendo o País maior produtor e exportador desse produto. A produção de café no Brasil concentra-se em Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Rondônia e Bahia (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012). Em Rondônia, a cafeicultura é amplamente difundida, compondo uma das principais fontes de renda das famílias da zona rural. O Estado destaca-se como principal produtor da região amazônica, com uma produção média na última década, estimada em cerca de 1,8 milhões de sacas de café beneficiado (MARCOLAN et al., 2009). O mesmo autor relata que o cultivo geralmente é realizado por pequenos agricultores, utilizando mão de obra familiar com baixo nível tecnológico sendo a cultivar Conilon presente em aproximadamente 95% das propriedades rurais.

Braun et al. (2007) afirmam que a produção de mudas com características superiores é o primeiro passo para a formação de uma lavoura cafeeira. Isso é possível quando realizado por meio da propagação vegetativa, que tem como finalidade transmitir as características genéticas da planta-mãe a sua progênie. Segundo Bergo e Mendes (2000), o gênero *Coffea*, no qual se incluem as espécies *C. arábica L.* e *C. canephora*, apresenta variabilidade genética significativa, especialmente essa última, por ser alógama, para características como porte, vigor vegetativo, frutos, sementes, tolerância ou resistência à pragas, doenças e estresses ambientais.

A multiplicação vegetativa é praticada principalmente em *C. canephora* devido à impossibilidade de reprodução uniforme por via sexuada dos indivíduos escolhidos. Para facilitar e obter melhores índices de pegamento das estacas tem-se utilizado produtos à base de hormônios vegetais (ONO et al., 1994). Norberto et al. (2001) afirmam que o grupo de reguladores de crescimento usado com maior frequência é o das auxinas, que são essenciais ao processo de enraizamento por estimularem a síntese de etileno, favorecendo assim a emissão de raízes. Os reguladores de crescimento como ácido naftaleno-acético (ANA), ácido indol-acético (AIA) e ácido indol-butírico (AIB) são utilizados para melhorar o enraizamento ou nível de brotação das estacas. A aplicação do AIB é utilizada para estimular o enraizamento de estacas em diversas espécies por não ser tóxico e por ser efetivo para a maioria das espécies (PIRES; BIASI, 2003).

A tiririca (*Cyperus rotundus* L.) é considerada a planta daninha mais importante do mundo, devido à sua ampla distribuição, capacidade de competição e agressividade, bem como à dificuldade de controle e erradicação (DURIGAN; CORREIA; TIMOSSI, 2005).

A tiririca é conhecida por seus efeitos alelopáticos (ANDRADE; BITTENCOURT; VESTENA, 2009; LEÃO; FERREIRA; ANIMURA, 2004; SALGADO et al., 2006; SINGH; PANDEY; SINGH, 2009). Alguns autores já relataram a presença de algumas substâncias aleloquímicas no extrato. Catunda et al. (2002) relatam a presença de fenóis, flavononas, saponinas e taninos. Conci (2004) observou a presença de terpenos e esteróides, flavonóides, alcalóides, taninos em extrato alcoólico de tiririca.

É conhecida também por promover o enraizamento de estacas (ALVES NETO; CRUZ-SILVA, 2008; BERGO; MENDES, 2000; FANTI, 2008). De acordo com Lorenzi (2000), a tiririca apresenta nível elevado de AIB hormônio, específico para formação das raízes das plantas.

A aplicação de AIB vem sendo bem aproveitada para estimular o enraizamento de estacas em diversas espécies (ALVES NETO; CRUZ-SILVA, 2008). Esses autores afirmam que há nos tubérculos de tiririca, maiores quantidades de AIA que em outras espécies herbáceas comparativamente.

Um fator que pode influenciar na formação de raízes adventícias em estacas é a concentração do regulador de crescimento utilizada (ALMEIDA et al., 2007; TOFANELLI; ONO; RODRIGUES, 2003), assim como o tempo de imersão das estacas em determinada concentração (TOFANELLI; ONO; RODRIGUES, 2003). É de extrema importância a utilização correta das concentrações de fitorreguladores a serem aplicados na base das estacas, sendo que a concentração ideal varia com a espécie em que se está trabalhando.

Objetivou-se, neste estudo, avaliar o efeito de diferentes concentrações de extrato aquoso de tubérculos de tiririca e de tempos de imersão na promoção do enraizamento de estacas de cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro Ouro Verde, Nova Brasilândia D'Oeste - RO, na altitude média de 271 m, latitude de 11° 43' 51,34"S e longitude 62° 12' 42,97"W, onde predomina clima Tropical Úmido Chuvoso - Am (Köppen), com temperatura média anual de 26 ºC e precipitação média de 1900 mm ano^{-1} (SILVA, 2000).

As estacas foram coletadas de matrizes de oito anos de idade com bom estado nutricional, provenientes da própria localidade. As estacas preparadas com aproximadamente 7 cm e um par de folhas reduzidas à metade foram obtidas de ramos adultos (hastes principais) ortotrópicos dos ponteiros de cafeeiro conilon.

O extrato foi preparado a partir da trituração de tubérculos de tiririca, dissolvidos em uma solução composta por 665 mL de água destilada, 335 mL de álcool cereais (RONCATTO et al., 2008) e 10 g L^{-1} do fungicida do grupo mancozeb, sob as medidas de 400; 800 e 1200 g de tiririca para obtenção das concentrações.

O delineamento adotado foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2 (quatro concentrações do extrato de tiririca x dois tempos de imersão), com quatro repetições por tratamento e 10 estacas por parcela, totalizando 320 estacas em todo o experimento.

A base das estacas de cafeeiro foram imersas nos extratos de 0; 400; 800 e 1200 g dm^{-3} por um período de 20 e 120 segundos. Em seguida, as estacas foram transferidas para casa de vegetação e acondicionadas para enraizar em sacos de polietileno de 10 cm de largura por 20 cm de altura, contendo como substrato o Plantmax®. As estacas foram irrigadas, diariamente, através de sistema de microaspersão localizada, mantendo sempre a umidade do substrato, a fim de favorecer as condições para o enraizamento.

Realizaram-se quatro pulverizações, a cada quinze dias, a partir de trinta dias do estaqueamento, a fim de manter o controle nutricional e fitossanitário das mudas. Para isso, utilizou-se, o fertilizante foliar Ajifol Gold® e o fungicida sistêmico do grupo químico estrubirulina, nas concentrações de 1,5% (v/v) e 1,0 g dm^{-3} de água, respectivamente.

Decorridos 100 dias do plantio das estacas foram avaliados: volume de raízes**,** medindo-se com auxílio de proveta graduada; número médio de raízes com mais de 0,5 cm (emitido por estaca); altura de plantas, medida a partir do colo até o meristema apical; número de folhas emitidas por planta (contagem de folhas brotadas a partir do estaqueamento); massa seca da parte aérea, obtida em estufa com circulação forçada de ar a 60ºC, até atingir massa constante.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (pd ≤ 0,0), a fim de aferir a normalidade dos dados, seguido pela análise de variância. As comparações entre as médias foram feitas pelo teste de Tukey (pd ≤ 0,05). Foram ajustados modelos de regressão para as concentrações, quando as variáveis apresentaram diferenças significativas. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Assistat 7.6 Beta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados seguiram distribuição normal. As concentrações do extrato aquoso de tiririca e o tempo de imersão das estacas não influenciaram no crescimento do sistema radicular em estacas de cafeeiro. Também não foi verificada interação significativa entre esses fatores no enraizamento (Tabela 1).

Apesar das estacas terem enraizado as concentrações do extrato não foram suficientes para aumentar a quantidade de raízes emitidas. Segundo Casimiro et al. (2003) o aumento do número de raízes está ligado a ação de auxinas sobre as células-alvo que proporciona a retomada das atividades de diferenciação celular. Desse modo pode-se inferir que a concentração de auxinas presente no extrato natural de tiririca não apresenta níveis suficientes para aumentar o número de raízes. E ainda segundo Catunda et al. (2002) o extrato de tiririca apresenta fenóis que são compostos e estão relacionados com as alterações na atividade de fito-hormônios e divisão celular.

A aplicação de fitorreguladores pode induzir à formação de raízes, uma vez que o nível endógeno de auxina não é suficiente para induzir essa resposta, sendo, portanto um dos fatores limitantes (HARTMANN et al., 1997). Resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho foram observados por Fanti (2008), o qual verificou que o extrato de tubérculos de tiririca não melhorou o enraizamento de estacas caulinares de pingo-de-ouro (*Duranta*

repens L.) Em cultura de cevada, o extrato aquoso de tubérculos de tiririca causou inibição na germinação e no alongamento da radícula (FRIEDMAN; HOROWITZ, 1970). Entretanto, foi eficiente na melhoria do enraizamento de sapoti (*Achras sapota L.*) (ARRUDA et al., 2009), mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) (MAHMOUD et al., 2009), cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) (ALVES NETO; CRUZ-SILVA, 2008) e de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) (SILVA, 2007), aumentando consideravelmente o número de estacas enraizadas.

As concentrações de extrato de tiririca não influenciaram no volume radicular das estacas de cafeeiro nem foi verificada interação significativa entre os fatores (concentração versus tempo de imersão) no enraizamento (Tabela 1). Entretanto, apesar do teste estatístico não ter apontado diferença significativa, observa-se uma discreta redução para o maior tempo de imersão independente da concentração, o que, provavelmente, pode estar relacionado a substâncias aleloquímicas, que estão presentes em algumas espécies vegetais e ao serem liberadas no ambiente e entrar em contato com outras espécies, influenciam de forma favorável ou desfavorável o seu desenvolvimento (GLIESSSAM, 2000).

Em trabalho realizado por Andrade, Bittencourt e Vestena (2009) e Fanti (2008), foi observado que a tiririca possui grande potencial alelopático capaz de produzir efeitos toxicológicos oriundos de compostos secundários que afetam negativamente o crescimento de outras espécies que crescem junto a ela. Seus efeitos podem ser observados na redução do potencial de germinação de sementes, redução do crescimento de brotações e do sistema radicular, redução no potencial de enraizamento e do número de raízes, dentre outros parâmetros (ANDRADE; BITTENCOURT; VESTENA, 2009).

O número de folhas das brotações foi influenciado tanto pela concentração quanto pelo tempo de imersão das estacas ao extrato. O maior tempo de exposição proporcionou maior número de folhas e a maior concentração independente do tempo de imersão, menor quantidade de folhas emitidas (Figura 1).

Provavelmente, a redução no número de folhas nas estacas está relacionada ao desequilibrio hormonal da planta promovido pela ação fitotoquímica do extrato de tiririca, sendo potencializado sob doses crescentes. De acordo com Andrade, Bittencourt e Vestena (2009) e Rizvi e Rizvi (1992), os aleloquímicos podem afetar o balanço hormonal, principalmente quanto à produção de auxinas, especificamente o ácido 3-indolacético (AIA), pois sua biossíntese está diretamente associada aos tecidos de rápida divisão celular e crescimento, especialmente folhas jovens (TAIZ; ZEIGER, 2006).

TABELA 1 – Número de raízes emitidas por estaca e volume de raízes em plantas de *Coffea canephora*, tratadas com extrato aquoso de *Cyperus rotundus* sob dois tempos de imersão.

Tempo de imersão	Concentrações (g dm^{-3})			
	0	400	800	1200
	Número de raízes emitidas (unid.)^{ns}			
20 Segundos	5 aA	5 aA	5 aA	5 aA
120 Segundos	5 aA	5 aA	5 aA	5 aA
CV (%)	11,91			
	Volume de raízes (mL)^{ns}			
20 Segundos	3,94 aA	3,07 Aa	3,15 aA	3,47 aA
120 Segundos	2,87 bA	2,50 aA	2,86 aA	2,82 aA
CV%	20,45			

^{ns}Não significativo e; *Nível de significância (pd $\leq$ 0,05) do teste F para interação entre os tempos de imersão e concentrações. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (pd $\leq$0,05).

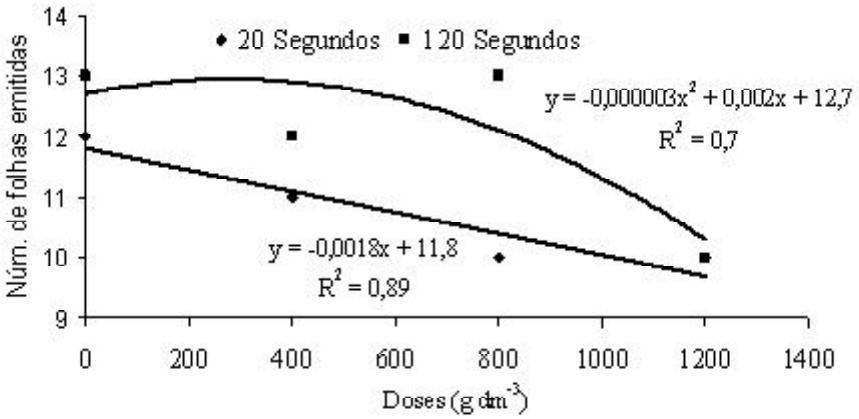


FIGURA 1 – Número de folhas emitidas em mudas de *Coffea canephora*, tratadas com extrato aquoso de *Cyperus rotundus*, sob dois tempos de imersão.

De acordo com Souza et al. (1992), a emissão de folhas é um excelente indício da capacidade de enraizamento de estacas. Nesse sentido, quanto menor a biossíntese de AIA, menor número de raízes adventícias. A presença de folhas influencia no enraizamento das estacas, sendo as auxinas muito importantes nesse processo, uma vez que são produzidas nas folhas novas e nas gemas, movendo-se naturalmente do ápice para a base dos ramos (HARTMANN et al., 1997).

Quanto à altura de plantas, a imersão das estacas por 120 segundos, sob concentração de 500 g dm^{-3} proporcionou melhor desempenho, entretanto quando as estacas foram imersas por 20 segundos, a concentração de 900 g dm^{-3} foi a que proporcionou maior altura de plantas. De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a concentração da solução foi potencializada pelo aumento do tempo de imersão, onde concentrações crescentes a partir dos melhores desempenhos, para ambos os tempos de imersão (900 g dm^{-3} e 500 g dm^{-3} a 20 e 120 segundos, respectivamente) possibilitam redução drástica na altura de plantas, podendo esse fato estar diretamente relacionado à presença de compostos alelopáticos nas condições de maiores concentrações, tendo seu efeito potencializado com o aumento do tempo de exposição da solução aquosa nas estacas de cafeeiro (Figura 2).

Dados semelhantes aos deste trabalho foram obtidos por Laynez-Garsaball e Méndez-Natera (2006) na cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.). Eles observaram redução na altura de mudas quando expostas à concentrações crescentes de extrato de tiririca. Em trabalho realizado por Chivinge (1985) foi observado que o crescimento da cultura do milho e da soja foi menor ao serem cultivadas em área que anteriormente apresentava tiririca. Isso ocorre provavelmente em função da presença de compostos aleloquimicos que foram liberados ao meio, pela tiririca. No entanto Mahamoud et al. (2009), constataram que os compostos presentes no extrato de tiririca, induziu o crescimento de brotações em estacas de mandioca (*M. esculenta*). Porém, esse fato não foi observado para a espécie do presente estudo.

Já com relação à massa seca das mudas de cafeeiro, independente das concentrações, o menor tempo de imersão das estacas possibilitou os melhores desempenhos mas, por outro lado, concentrações crescentes sob tempo de imersão de 120 segundos propiciou menor massa seca. Isso ocorreu provavelmente devido à maior exposição das estacas a agentes inibidores de crescimento (aleloquímicos). Laynez-Garsaball e Méndez-Natera (2006) também observaram diminuição progressiva da massa seca da parte aérea, em mudas de *S. indicum* , com aumento na concentração de extrato de tiririca. Esses autores também sugerem que a diminuição pode também estar associada à redução no crescimento de raízes, promovida por inibidores de crescimento presentes no extrato aquoso de folhas e tubérculos de *C. rotundus*. Entretanto, quando as estacas foram imersas por 20 segundos, a concentração de 550 g dm^{-3}, propiciou os melhores desempenhos (Figura 3).

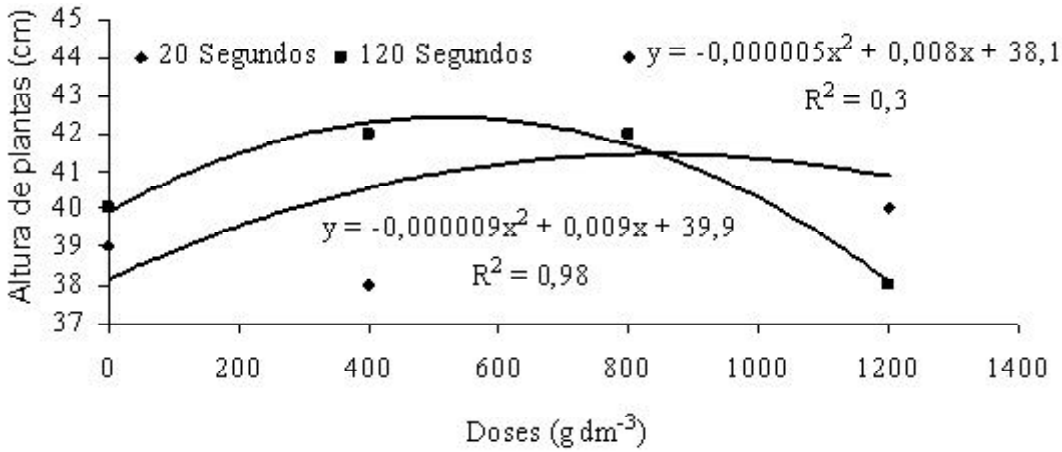


FIGURA 2 – Altura de plantas de *Coffea canephora*, tratadas com extrato aquoso de *Cyperus rotundus*, sob dois tempos de imersão.

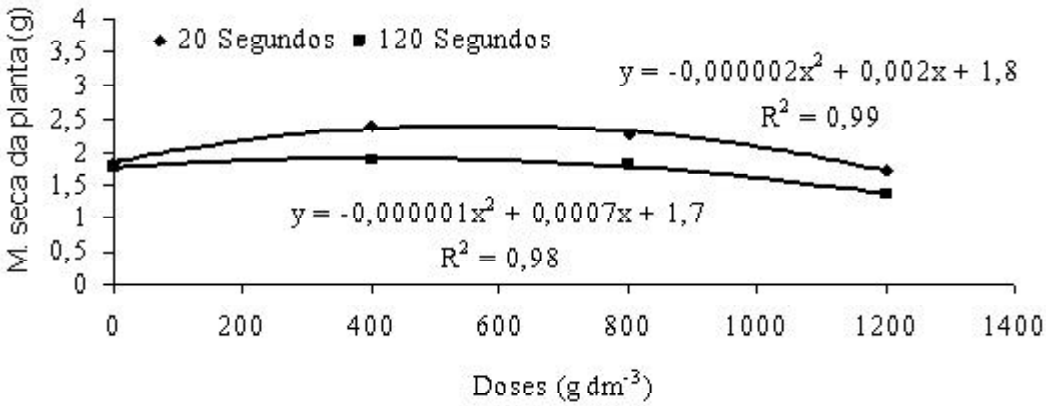


FIGURA 3 – Massa seca da planta de *Coffea canephora*, tratada com extrato aquoso de *Cyperus rotundus*, sob dois tempos de imersão.

4 CONCLUSÕES

O extrato de tubérculos de tiririca não se constitui numa alternativa viável para o enraizamento de estacas de cafeeiro Conilon.

O aumento do tempo de imersão das estacas ao extrato aquoso de tiririca não induziu no enraizamento de estacas de cafeeiro Conilon.

Estudos complementares são necessários a fim de ajustar metodologias que promovam aumento na quantidade e no volume de raízes de mudas de cafeeiro, facilitando o seu estabelecimento no campo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 455-463, 2007.

ALVES NETO, A. J.; CRUZ-SILVA, C. T. A. **Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) sobre o enraizamento de cana -de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2008. 9 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel, 2008. Disponível em: < http://www.fag.edu.br /tcc/2008/Agronomia/ efeito_de_diferentes_concentracoes_de_estratos_ aquosos_ de_tiririca_sobre_o_ enraizamento_de _cana_de_acucar. pdf >. Acesso em: 21 jan. 2012.

ANDRADE, H. M.; BITTENCOURT, A. H. C.; VESTENA, S. Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre espécies cultivadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1984-1990, 2009. Edição especial.

ARRUDA, L. A. M. et al. Atividade hormonal do extrato de tiririca na rizogênese de estacas de sapoti. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE-JEPEX, 9., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2009. 1 CD-ROM.

BERGO, C. L.; MENDES, A. N. G. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de enraizamento de estacas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 392-398, 2000.

BRAUN, H. et al. Produção de mudas de café 'Conilon' propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia**, Santiago, v. 25, p. 85-91, 2007.

CASIMIRO, I. et al. Dissecting Arabidopsis lateral root development. **Trends in Plant Science**, Madison, v. 8, p. 165-171, 2003.

CATUNDA, M. G. et al. Efeitos de extrato aquoso de tiririca sobre a germinação de alface, pimentão e jiló e sobre a divisão celular na radícula de alface. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, p. 1-11, 2002.

CHIVINGE, O. A. Alelopathic effects of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) on the growth and development of cotton, maize and soybeans. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, Pretoria, v. 82, p. 151-162, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** café, safra 2012, primeira estimativa. Brasília, 2012. 18 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_21_14_32_37_boletim_cafe_-_dezembro_-_2011.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2012.

CONCI, F. R. **Utilização de extrato aquoso e alcoólico de *Cyperus rotundus* (tiririca) como fitorregulador de enraizamento de *Lagerstroemia indica* (Extremosa) e da *Hydrangea macrophila* (Hortênsia)**. 2004. 44 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2004.

DURIGAN, J. C.; CORREIA, N. M.; TIMOSSI, P. C. Estádios de desenvolvimento e vias de contato e absorção dos herbicidas na inviabilização de tubérculos de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, Londrina, v. 23, p. 621-626, 2005.

FANTI, F. P. **Aplicação de extratos de folhas e de tubérculos de *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) e de auxinas sintéticas na estaquia caulinar de *Duranta repens* L. (Verbenaceae)**. 2008. 76 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

FRIEDMAN, T.; HOROWITZ, M. Phytotoxicity ofsubterranean residues of three perennial weeds. **Weed Research**, New York, v. 10, p. 382-385, 1970.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation principle and practices**. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770 p.

LAYNEZ-GARSABALL, J. A.; MÉNDEZ-NATERA, J. R. Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) cv. arapatol S-15. **Idesia**, Santiago, v. 24, p. 6710-6715, 2006.

LEÃO, F. P.; FERREIRA, J. B.; ANIMURA, C. T. **Interferência do extrato de tiririca na germinação e crescimento de plântulas de tomate**. 2004. 76 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

MAHMOUD, T. S. et al. Avaliação do efeito de hormônio natural, sintético e indutor no desenvolvimento da primeira fase de brotação das estacas de Manihot esculenta Crantz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 13., 2009, Botucatu. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 5, p. 621-625, 2009.

MARCOLAN, A. L. et al. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia; EMATER-RO, 2009.

NORBERTO, P. M. et al. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, p. 533-541, 2001.

ONO, E. O. et al. Enraizamento de estacas de *Platanus acerifolia*, tratadas com auxinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1373-1380, 1994.

PIRES, E. J. P.; BIASI, L. A. Propagação da videira. In: POMMER, C. V. (Ed.). **Uva:** tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 295-350.

RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. **Exploration of allelochemicals in improving crop productivity**. London: Chapman & Hall, 1992. 472 p.

RONCATTO, G. et al. Enraizamento de estacas de espécies de maracujazeiro (*Passiflora* spp.) no inverno e no verão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 4, p. 1089-1093, 2008.

SALGADO, T. P. et al. Efeitos da adubação fosfatada nas relações de interferência inicial entre plantas de milho (*Zea mays)* e de tiririca (*Cyperus rotundus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 37-44, 2006.

SILVA, C. D. **Enraizamento de estacas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L)**. 2007. 36 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel, 2007.

SILVA, M. J. G. **Boletim climatológico de Rondônia, ano 1999**. Porto Velho: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, 2000. v. 2, 20 p.

SINGH, N. B.; PANDEY, B. N.; SINGH, A. Allelopathic effects of *Cyperus rotundus* extract in vitro and ex vitro on banana. ***Acta* Physiologiae Plantarum**, New York, v. 31, p. 633-638, 2009.

SOUZA, F. X. de et al. Enraizamento de estacas de caule juvenil "Anão-precoce"(*Anacardium occidentale* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, p. 59-65, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.

TOFANELLI, M. B. D.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Método de aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 363-364, 2003.

ESTIMATIVA DO IAF DE CAFEEIRO A PARTIR DO VOLUME DE FOLHAS E ARQUITETURA DA PLANTA

João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa[1], Giordane Augusto Martins[2], Rafael Teixeira Ferreira[3], João Paulo Pennacchi[4], Vinícius Fernandes de Souza[5], Angela Maria Soares[6]

(Recebido: 22 de agosto de 2011; aceito 3 de fevereiro de 2012)

RESUMO: Os métodos de estimativa do índice de área foliar (IAF) utilizados para cafeeiros (*Coffea arabica* L.) apresentam limitações relacionadas à representação de particularidades da cultura que afetam o IAF no tempo e no espaço. Desenvolveu-se este trabalho objetivando propor um método de estimativa do IAF de forma a reduzir essas limitações. Foram utilizados cafeeiros em fase produtiva, de cultivos da região de Lavras-MG, das variedades Mundo Novo e Catuaí, coletados durante a estação seca e a estação chuvosa de 2010 a 2011. Nessas plantas avaliou-se a altura a partir do nível do solo, comprimento total de ramos plagiotrópicos, o comprimento da região sem folhas na copa e o IAF. Esses dados foram utilizados para estimar o volume de folhas das plantas e, posteriormente, para a obtenção de equações que descrevem o comportamento do IAF em função do volume de folhas. Verificaram-se três ajustes das variações de IAF em função do volume de folhas: comportamento linear, expolinear e sazonal. Os três modelos apresentaram estimativas realistas, quando aplicados em cafeeiros do município de Três Pontas-MG. Potencialmente, os modelos podem ser aplicados na estimativa do IAF de uma planta isolada ou para parcelas homogêneas. Possuem a vantagem de uma representação mais realista da forma da planta no tempo e no espaço em comparação com métodos semelhantes. Com o método proposto, espera-se atender demandas de modelos de previsão de produtividade de cafeeiros, reduzindo as limitações observadas nos métodos comumente utilizados para a determinação do IAF.

Termos para indexação: Biometria ,índice de área foliar, modelagem, volume do dossel.

ESTIMATING THE IAF OF COFFEE FROM THE VOLUME OCCUPIED BY LEAVES AND PLANT ARCHITECTURE

ABSTRACT: *The methods used for estimating the leaf area index (LAI) of coffee (Coffea arabica L.) show limitations related to the representation of some aspects of coffee crops, affecting the LAI in time and space. This work was developed to propose a method for assessing the LAI of coffee aiming to reduce those limitations. We studied plants in the production phase of the Mundo Novo and Catuaí varieties, in plantations located in Lavras-MG, during the dry season and rainy season from 2010 to 2011. The height, total length of primary branches, the length of the region without leaves in the canopy and the LAI of those plants were evaluated. These data were used to estimate the volume occupied by leaves and, subsequently, to obtain equations that describe the behavior of LAI in relation to this volume. There were three equations that described the LAI variations in relation to the volume occupied by leaves: linear, expolinear and seasonal. These three models showed realistic estimates when applied to plants from plantations located in Três Pontas-MG. Potentially, this method can be applied for estimating the LAI of a plant or canopies. It has the advantage of a more realistic representation of the shape of the plant in time and space compared to similar methods. With the proposed method is expected to meet the demands of productivity forecasting models for coffee, reducing the limitations observed in the commonly used methods for LAI determination.*

Index terms*: Biometry, Canopy volume, Leaf area index, Modeling.*

---

[1]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Setor de Fisiologia Vegetal Lavras – MG - 37200-000 - Cx. P. 3037 - jp.barbosa@dbi.ufla.br
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Setor de Fisiologia Vegetal Lavras -MG - 37200-000 - Cx.P. 3037 - giordanemartins@gmail.com
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Setor de Fisiologia Vegetal Lavras - MG - 37200-000 - Cx.P. 3037 - rafaelteixeiraferreira@gmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Setor de Fisiologia Vegetal Lavras - MG - 37200-000 - Cx.P. 3037 - jppennacchi@yahoo.com.br
[5]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Setor de Fisiologia Vegetal Lavras – MG - 37200-000 - Cx.P. 3037 - viniciusfernandes11@yahoo.com.br
[6]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Setor de Fisiologia Vegetal Lavras – MG - 37200-000 - Cx.P. 3037 - amsoares@dbi.ufla.br

1 INTRODUÇÃO

O índice de área foliar (IAF) é definido pela razão da área foliar e a área do terreno ocupada pela planta (WATSON, 1952). É uma importante variável para a estimativa dos fluxos de água, carbono e energia e é determinante para a produção primária. Além disso, o IAF é relevante em estudos de interesse de conhecimento de fenômenos em diferentes escalas, como da folha ao dossel, fornecendo informações importantes para a parametrização de modelos de base fisiológica, e também o conhecimento dessa variável é necessário para a validação de dados de produção e cobertura vegetal, obtidos por técnicas de sensoriamento remoto (BARROS et al., 1973; LUNZ, 2006; SASAKI et al., 2008; WATSON, 1952).

A estimativa dessa variável por métodos não destrutivos, de baixo custo e de fácil operação e que considere a variação temporal do IAF, durante o ciclo de uma cultura, pode garantir assertividade na predição da produtividade (GALVANI et al., 2000; POCOCK; EVANS; MEMMOTT, 2010; WATSON, 1952; WHITE et al., 2010). Em cafeeiros, variações no volume de folhas associadas à particularidades da fenologia, variedades cultivadas, técnicas de manejo e cultivo bem como respostas à disponibilidade de recursos ambientais podem influenciar na dinâmica do IAF, ao longo do tempo (CAMARGO; CAMARGO, 2001; RAKOCEVIC; ANDROCIOLI FILHO, 2011).

Apesar de sua importância, a determinação do IAF de cafeeiros não é uma tarefa simples, pois os métodos propostos são frequentemente exaustivos e, em muitos casos, é necessária a destruição de plantas. Em geral, esses métodos são desenvolvidos a partir de estudos de penetração da radiação no dossel, técnicas de sensoriamento remoto e apresentam limitações que fornecem valores subestimados de IAF (BLANCO; FOLEGATTI, 2003; CARUZZO; ROCHA, 2000; SASAKI et al., 2008; SCHLEPPI; THIMONIER; WALTHERT, 2011). No caso do cafeeiro, a utilização desses métodos pode ser limitada possivelmente devido à forma geométrica das plantas, resultante da interação genótipo-ambiente, e a variação da distribuição de folhas ao longo do tempo, associada principalmente à fenologia e manejo da cultura (MARCON, 2009; RAKOCEVIC; ANDROCIOLI FILHO, 2011).

A busca por métodos indiretos que estimem o IAF de uma planta de café, de forma precisa e não destrutiva, tem adquirido uma grande importância no cenário de pesquisas em cafeicultura. Alguns trabalhos apresentam métodos bastante específicos para plantas de café (FAVARIN et al., 2002; REY; ALVAREZ, 1991). De acordo com Marcon (2009), métodos que se baseiam em relações biométricas da área foliar com o volume e a área do dossel e, consequentemente, com a altura e o diâmetro inferior do dossel, podem ser utilizados para a estimativa do IAF em cafeeiros com precisão satisfatória. Dentre esses métodos, o proposto por Favarin et al. (2002) permite a estimativa da área foliar de uma planta isolada através de equações que descrevem essa característica, em função da forma da copa do cafeeiro. Contudo, uma das limitações dessas propostas é a representação geométrica do cafeeiro, geralmente tratado como um cone, enquanto, na realidade, possui variedade de formas dependendo do espaçamento, variedade cultivada, tipo de solo, topografia e manejo da lavoura. Assim, a aplicação desses métodos é restrita.

Um aspecto que também influencia fortemente o IAF de cafeeiros é a bienalidade e a sazonalidade, o que acrescenta mais complexidade ao problema, e limita o uso de métodos para estimativas indiretas. Essas particularidades afetam a quantidade de frutos produzidos nos ramos plagiotrópicos, em anos alternados, que resultam em diferentes forças de drenos e diferente alocação de fotoassimilados e nutrientes na planta. Desse modo, o crescimento vegetativo e, por consequência, o volume foliar são alterados em ciclos de dois anos (CAMARGO; CAMARGO, 2001; LUNZ, 2006). Além disso, existe uma resposta de retroalimentação do IAF, pois elevados valores dessa variável podem resultar em autossombreamento, com efeito sobre o balanço de carbono dos cafeeiros, resultando desde modificações morfofisiológicas das folhas até o número de folhas por ramos (CÉSAR et al., 2010).

Observa-se, portanto, que inexistem métodos de estimativa que considerem as particularidades da cultura do café que afetam o IAF no tempo e no espaço, e permitam estimar essa variável não só para plantas isoladas, mas também para cada linha de plantio e extrapolar esse valor para toda a área de um cultivo. Diante disso, este trabalho foi desenvolvido

com o objetivo de propor um método de estimativa do IAF em cafeeiros a partir de relações entre esse índice e o volume de folhas das plantas e do dossel. Com o método proposto, espera-se atender às demandas de modelos de previsão de produtividade de cafeeiros, reduzindo-se as limitações observadas nos métodos comumente utilizados para a determinação do IAF.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do método de estimativa de IAF, inicialmente foram utilizadas plantas de café (*Coffea arabica* L.) em fase produtiva, das variedades Mundo Novo Acaiá (15 anos, espaçamento de 4,0 x 0,7 m, aproximadamente 3500 plantas.ha^{-1}) e Catuaí Amarelo (8 anos, espaçamento de 3,7 x 0,6 m, aproximadamente 4500 plantas.ha^{-1}), de cultivos da região de Lavras-MG. Nessa etapa, foram selecionadas 10 plantas de cada variedade ao acaso, sendo 5 plantas coletadas durante a estação seca (abril a setembro de 2010) e as restantes da amostra foram coletadas durante a estação chuvosa (janeiro a abril de 2011), compondo uma amostra de 20 plantas.

Nessas plantas, em cada período de coleta, foram realizadas avaliações biométricas em cinco posições *i*, distintas no perfil da planta, como indicadas na Figura 1. Portanto, foram obtidos valores de altura a partir do nível do solo (h_i), de comprimento total de ramos plagiotrópicos (R_i) e comprimento da parte do ramo plagiotrópico desde o ramo ortotrópico até o primeiro par de folhas interno do ramo, ou seja, comprimento da região sem folhas na copa (r_i).

Após a obtenção dos valores das características biométricas, procedeu-se à esfolha total da planta, para a obtenção do IAF. Em uma amostra de 50 folhas foi determinada a área foliar definida pelo produto das dimensões comprimento e largura e o fator de correção 0,667, conforme apresentado em Barros et al. (1973). A massa seca da amostra de folhas e do total das folhas da planta foi determinada após as folhas permanecerem em estufa de circulação forçada de ar a 75ºC, até peso constante.

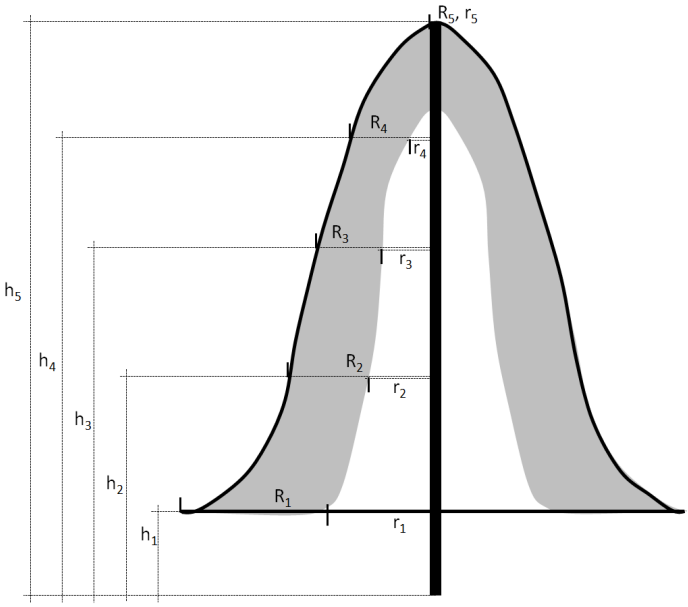


FIGURA 1 – Esquema representativo de um cafeeiro em corte transversal (perfil) e posicionamento das características biométricas obtidas para estimativa do volume de folhas: h_i - altura da planta a partir do nível do solo em cada posição *i*; R_i - comprimento total de ramos plagiotrópicos em cada posição *i*; r_i - comprimento da parte do ramo plagiotrópico desde o ramo ortotrópico até o primeiro par de folhas interno do ramo, ou seja, comprimento da região sem folhas em cada posição *i*. Nesse estudo, foram utilizadas 5 posições, portanto i variou de 1 a 5. A área cinza indica a região da copa ocupada por folhas. As medidas foram realizadas em metros.

A área foliar total de cada planta foi determinada pela razão entre o produto da área da amostra de folhas e da massa seca total, pela massa seca da amostra obtida. O IAF foi calculado pela razão entre a área foliar total e a área do terreno ocupada pela planta. Para esse cálculo levou-se em consideração o espaçamento de cada lavoura em que as plantas foram amostradas.

Os valores de R_i e r_i, com as respectivas alturas h_i, de cada planta, foram utilizados para obtenção de duas expressões que descrevessem o perfil da copa do cafeeiro ocupado pelos ramos plagiotrópicos e a área da região interna da planta sem folhas. Para normalizar a variação de altura entre as plantas, cada R_i e r_i foram divididos por h_5. As equações obtidas foram utilizadas para determinação do volume total da planta e o volume dos ramos plagiotrópicos sem folhas, sendo o volume de folhas de cada cafeeiro obtido pela diferença entre o volume total da planta e o volume sem folhas. A determinação dessas variáveis foi feita a partir da integral dessas equações ao longo da altura da planta, que permitiu gerar sólidos de revolução, representando o volume total da planta e o volume da porção sem folhas.

Esse procedimento foi realizado para cada planta e para toda a amostra, com objetivo de verificar a variabilidade entre plantas e assim validar as equações obtidas para um determinado plantio, com particularidades de manejo e sob influência da sazonalidade. Foi realizada uma análise de regressão entre os valores de volume de folhas, observado (planta) e estimado (amostra), com o valor de IAF observado. A equação obtida nessa análise de regressão foi utilizada para estimar os valores de IAF de dois cafeeiros, em fase produtiva (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Amarelo, 10 anos, 4,0 x 0,6 m, 4000 plantas.ha^{-1} e *Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo Acaiá, 14 anos, 4,5 x 0,75 m, 3000 plantas.ha^{-1}) do município de Três Pontas-MG, a fim de se verificar a validade das equações ajustadas quanto à precisão para determinação dos valores de IAF.

Todos os parâmetros das equações obtidas através das análises de regressão foram testados quanto à significância pelo teste t, a $P<0,05$, e a validade das equações ajustadas foi verificada pelo teste F, a $P<0,01$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações obtidas para a amostra (20 plantas), pelo ajuste da altura (h_i) em função do comprimento total de ramos plagiotrópicos normalizado ($R_i.h_5^{-1}$) e do comprimento da região sem folhas normalizado ($r_i.h_5^{-1}$), foram polinomiais de terceiro grau (Equações 1 e 2). Tais expressões, integradas no intervalo de h_1 a h_5, permitiram estimar a área total, a área sem folhas e a área ocupada por folhas, no perfil das plantas de café estudadas (Figura 2).

A equação associada à forma externa do cafeeiro (Equação 1) apresentou maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,70$), em comparação ao obtido para a equação que descreveu a parte interna da copa, onde não se observou a presença de folhas ($R^2 = 0,47$). Os parâmetros de ambas as equações foram significativos pelo teste t e as relações são válidas, com valores do teste F de 74,2 e 21,05, respectivamente.

$$h_i = 46,9.x^3 - 43,36.x^2 + 6.x + 2,4 \quad (1)$$

onde: $x = R_i.h_5^{-1}$

$$h_i = 15,5.x^3 - 5,13.x^2 - 4,7.x + 2,3 \quad (2)$$

onde: $x = r_i.h_5^{-1}$

Além da obtenção dessas equações, que permitiram descrever a forma do perfil da amostra estudada, o procedimento de análise de dados permitiu estimar a área de folhas, em cada planta avaliada (Figura 3). As análises de regressão entre alturas e comprimentos normalizados individualmente, resultaram em outras expressões associadas à forma da planta, que variaram de equações polinomiais de primeiro a quinto graus, e equações exponenciais. Esses diferentes ajustes obtidos para o conjunto das 20 plantas de café avaliadas refletem a variedade e a complexidade de formas da copa do cafeeiro que podem ocorrer em função das variedades cultivadas, espaçamento, idade, época do ano e formas de condução da lavoura (CAMARGO; CAMARGO, 2001; FAVARIN et al., 2002; RAKOCEVIC; ANDROCIOLI FILHO, 2011), reafirmando que a representação geométrica da copa de cafeeiros como um cone pode ser considerada inapropriada em muitas situações.

As expressões que representam as relações para uma planta (Figuras 3A e 3B) apresentaram elevados

valores do coeficiente de determinação (R^2 variando entre 0,84 e 0,99), sendo todos os parâmetros significativos pelo teste t e válidas pelo teste F. Nota-se que existe variabilidade na distribuição das folhas ao longo do perfil da planta, quando são comparados valores observados com os valores estimados, através das expressões obtidas para a amostra (Figuras 3C e 3D).

A variabilidade da forma das copas e da geometria da região sem folhas, definida pelo fator genético e pelas condições de cultivo e ambiente, refletiu-se em maior variabilidade dos volumes total e da região sem folhas, observados em relação aos estimados pelas equações obtidas para a amostra (Figuras 4A e 4B). No entanto, a variabilidade observada para o volume de folhas foi bastante semelhante à que foi estimada, indicando que essa variável pode ser mais representativa, em termos de estabilidade e sensibilidade a estes fatores, como pode ser observado na Figura 4C. Dessa forma, a análise de regressão mostrou que as equações obtidas possuem boa capacidade para estimar o volume de folhas de uma planta e de um conjunto de plantas e que essa variável pode ser utilizada na estimativa de outras variáveis biométricas.

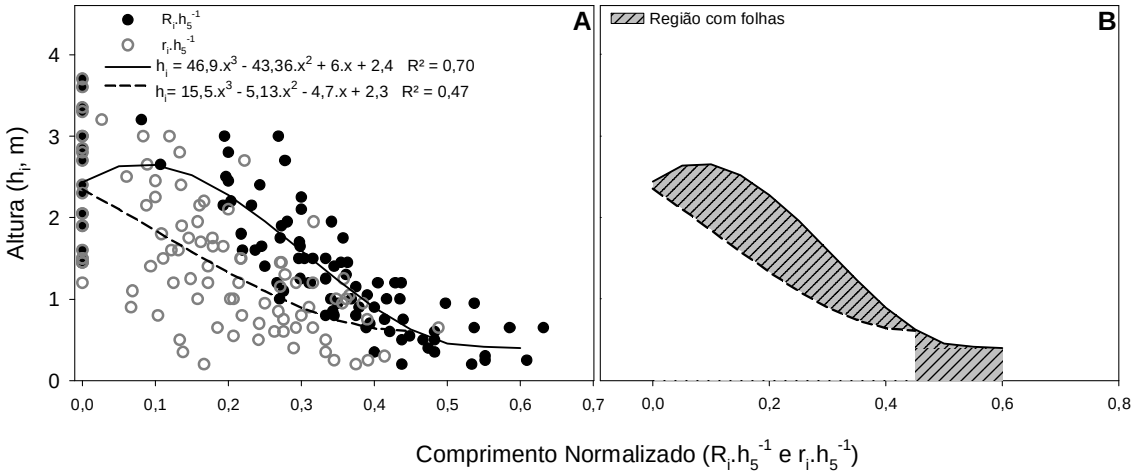


FIGURA 2 – **A:** equações de regressão e coeficientes de determinação entre altura (h_i) e comprimento normalizado total ($R_i.h_5^{-1}$) e sem folhas ($r_i.h_5^{-1}$) dos ramos plagiotrópicos de 20 cafeeiros da região de Lavras-MG. **B:** área obtida pela integral das curvas ajustadas em A, com destaque para a região do perfil da planta ocupada por folhas. Os parâmetros das equações ajustadas foram significativos pelo teste t a P<0,05 e os ajustes considerados válidos pelo teste F a P < 0,01.

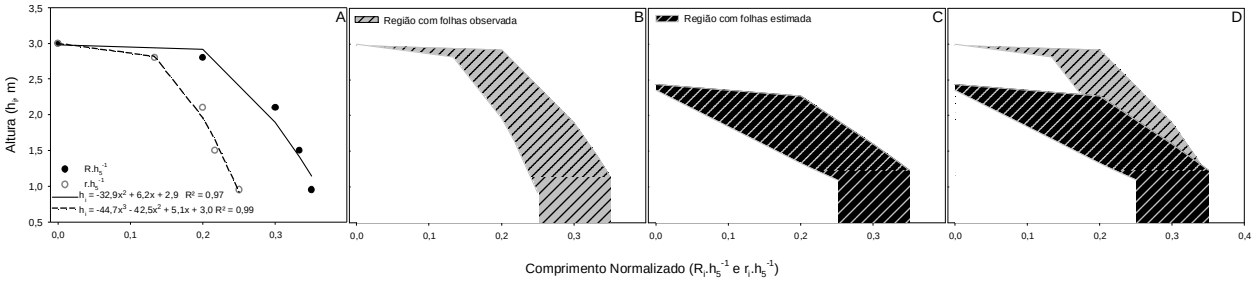


FIGURA 3 – Áreas observadas e estimadas para uma planta amostrada. **A:** ajuste das equações entre altura (h_i) e comprimento normalizado total ($R_i.h_5^{-1}$) e sem folhas ($r_i.h_5^{-1}$) dos ramos plagiotrópicos, de uma planta na época seca (agosto de 2010). **B:** região ocupada por folhas, observada através da integral das curvas ajustadas em A. **C:** integral das curvas ajustadas para a amostra com dados de entradas da planta em questão, destacando a região com folhas estimada. **D:** representação da região com folhas observada (claro) e estimada (escuro). Os parâmetros das equações ajustadas foram significativos pelo teste t a P<0,05 e os ajustes considerados válidos pelo teste F a P < 0,01.

A análise de regressão entre o IAF e o volume de folhas permitiu obter três equações distintas, válidas e com parâmetros significativos. A primeira equação representa uma relação linear entre as variáveis (Figura 5A), portanto, descreve um aumento de IAF diretamente proporcional ao volume de folhas. Outros pesquisadores, trabalhando com espécies herbáceas (BLANCO; FOLEGATTI, 2003; GALVANI et al., 2000) ou em dossel de plantas lenhosas, como o eucalipto (WHITE et al., 2010) ou florestas nativas (RYU et al., 2010; SANCHES et al., 2008; SASAKI et al., 2008; SCHLEPPI; THIMONIER; WALTHERT, 2011), também observaram tendência linear de aumento de IAF em função da quantidade de folhas, de forma direta ou indireta. Indiretamente, essa relação foi observada através de medições da quantidade de radiação difusa abaixo do dossel. As equações ajustadas por Favarin et al. (2002), específicas para cafeeiro, também refletem uma estreita relação linear, diretamente proporcional, entre IAF e características relacionadas à quantidade de folhas na planta, como massa seca de folhas, número de folhas por planta e volume do dossel.

A segunda equação descreve uma relação expolinear, com maior coeficiente de determinação em relação ao primeiro ($R^2 = 0,89$). Inicialmente, tem-se um aumento linear seguido pela estabilização do IAF, em função do aumento do volume de folhas. Após atingir um IAF com valor em torno de 5 $m^2.m^{-2}$, o incremento nos valores de volume de folhas refletiriam em pouco aumento do IAF. Esse fato pode ser associado ao aumento do comprimento dos entrenós dos ramos plagiotrópicos, ou ao número de ramos no perfil da planta, não significando necessariamente uma elevação no número de folhas dentro do perfil do cafeeiro (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007; LUNZ, 2006). É interessante observar que a equação proposta é sensível a essa característica da fenologia do cafeeiro.

A partir desse segundo modelo, foi possível observar a variação sazonal dos valores de IAF, em função do volume de folhas (Figura 5B). A análise dos valores obtidos para a estação seca e a estação chuvosa foram utilizados para propor equações específicas para cada estação, procurando assim verificar as diferenças associadas às condições ambientais e de manejo, que variam ao longo do ano e modificam a quantidade de folhas na planta (CAMARGO; CAMARGO, 2001; MARCON, 2009). As equações obtidas descrevem o incremento do IAF em função do aumento do volume de folhas por relações lineares distintas para cada estação (F = 88,4 e 20,6 para as estações seca e chuvosa, respectivamente) com parâmetros significativos e com valores de coeficiente de determinação de 0,83 e 0,53 para as épocas seca e chuvosa, respectivamente. Esse resultado evidencia a importância de se considerar, nos métodos de estimativa de IAF, variáveis que refletem as variações espaciais e temporais da distribuição de folhas no perfil da planta. Durante a época seca, a elevação dos valores da porção do dossel ocupada por folhas é muito significativa na elevação do IAF, contudo, na época chuvosa, o incremento do volume parece ter uma menor importância na distribuição de folhas pela área do terreno ocupada pela planta.

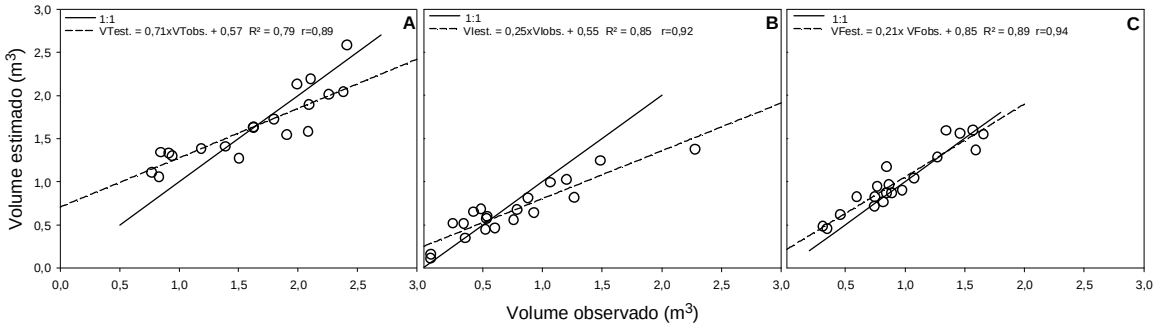


FIGURA 4 – Relações entre os volumes estimados e observados de vinte cafeeiros em Lavras-MG. **A:** Volume total da planta, **B:** Volume da região sem folhas, **C:** Volume de folhas. Os parâmetros das equações ajustadas foram significativos pelo teste t a P<0,01.

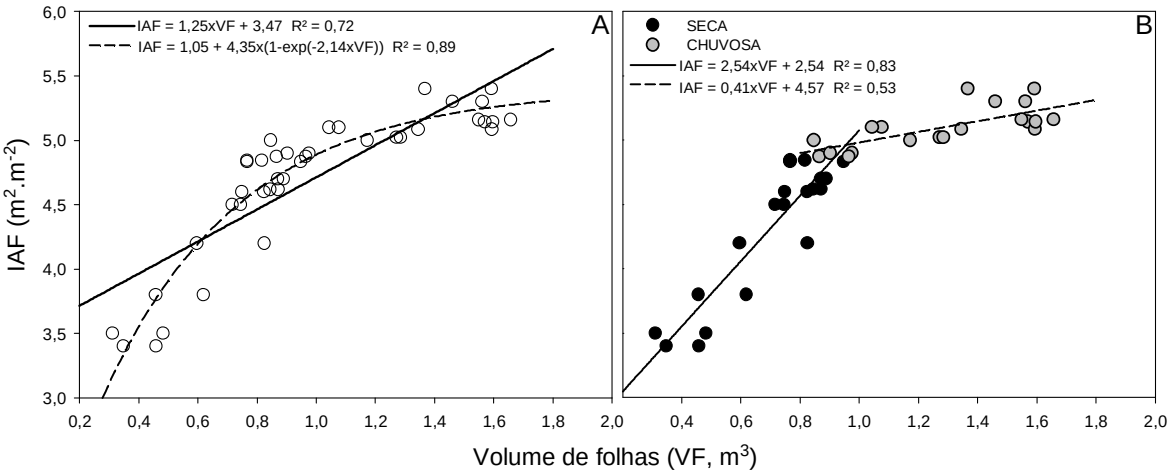


FIGURA 5 – Relações entre IAF e volume de folhas de cafeeiros. **A:** Modelos linear e Expolinear para vinte plantas, considerando-se os volumes observados para cada planta e os estimados pela equação geral apresentada na Figura 2. **B:** Modelos para as épocas seca (símbolos escuros) e chuvosa (símbolos claros).

Os resultados referentes à aplicação das equações obtidas em plantas de lavouras do município de Três Pontas-MG, indicaram que os modelos propostos são adequados para a estimativa do IAF (erros de determinação menores que 10%) (Tabela 1). As maiores diferenças entre os dados observados e os estimados foram observadas para as equações que consideraram a variação sazonal do IAF.

A proposta das equações que caracteriza um método não destrutivo de estimativa de IAF está em acordo com o estudo de Favarin et al. (2002), que encontraram melhores resultados quando foram utilizados métodos não destrutivos, baseados no volume e área lateral do dossel. Também encontraram bons resultados para métodos baseados em massa de matéria seca e número total de folhas, porém, esses apresentavam a desvantagem de maior possibilidade de erro na obtenção de dados. Marcon (2009) também encontrou melhores resultados com modelos baseados na área lateral do dossel e nas medidas de altura e largura da planta.

4 CONCLUSÕES

Os modelos propostos apresentaram comportamentos adequados para a estimativa do IAF, através de método não destrutivo e considerando-se a sua variação no espaço e no tempo. Essa estimativa mostra-se de fácil operacionalização, uma vez que necessita apenas de medidas de altura e de raio de cada planta e do espaçamento da lavoura. Além disso, a partir da análise de um número significativo de plantas, que representem a população como um todo, é possível estimar-se o IAF de toda essa população de plantas.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, R. S. et al. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv.'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, p. 44-52, 1973.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 21, n. 4, p. 666-669, 2003.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARUZZO, A.; ROCHA, A. H. Estimativa do índice de área foliar (IAF) em regiões de pastagem e floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o experimento AMB/LBA-1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 2478-2485.

CÉSAR, F. et al. Morfofisiologia foliar de cafeeiro sob diferentes níveis de restrição luminosa. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 262-271, 2010.

FAVARIN, J. L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

GALVANI, E. et al. Estimativa do índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido: cultivos de inverno e de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 8-13, 2000.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564-570, 2007.

LUNZ, A. M. P. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol**. 2006. 143 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2006.

MARCON, M. **Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de um cafeeiro por meio de análise de imagens**. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

POCOCK, M. J. O.; EVANS, D. M.; MEMMOTT, J. The impact of farm management on species-specific leaf area index (LAI): farm-scale data and predictive models. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 135, n. 4, p. 279-287, 2010.

RAKOCEVIC, M.; ANDROCIOLI FILHO, A. Características morfofisiológicas de *Coffea arabica* L. em diferentes arranjos: lições de abordagem de plantas virtuais tridimensionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 154-166, 2011.

REY, R.; ALVAREZ, P. Evaluación de diferentes ecuaciones de regresión en la estimación del área foliar del cafeto em vivero a partir de sus medidas lineares. **Agrotecnia de Cuba**, Habana, v. 23, n. 3/4, p. 69-74, 1991.

RYU, Y. et al. How to quantify tree leaf area index in an open savanna ecosystem: a multi-instrument and multi-model approach. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 150, p. 63-76, 2010.

SANCHES, L. et al. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia cerrado em diferentes médotos de estimativa. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 57-69, 2008.

SASAKI, T. et al. Estimation of leaf area index and canopy openness in broadleaved forest using an airborne laser scanner in comparison with high-resolution near-infrared digital photography. **Landscape and Ecological Engineering**, Tokyo, v. 4, p. 47-55, 2008.

SCHLEPPI, P.; THIMONIER, A.; WALTHERT, L. Estimating leaf area index of mature temperate forests using regressions on site and vegetation data. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, p. 601-610, 2011.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 4, p. 101-144, 1952.

WHITE, D. et al. Observed and modelled leaf area index in *Eucalyptus globulus* plantations: tests of optimality and equilibrium hypotheses. **Tree Physiology**, Oxford, v. 30, p. 831-844, 2010.

ORIENTAÇÃO PARA MERCADO EXTERNO DO CAFÉ BRASILEIRO

Fernanda Scharnberg Brandão[1], Alessandra Carla Ceolin[2], Miguelangelo Gianezini[3], Clandio Favarini Ruviaro[4], Eduardo Antunes Dias[5], Júlio Otávio Jardim Barcellos[6]

(Recebido: 12 de setembro de 2011; aceito 20 de janeiro de 2012)

RESUMO: Objetivou-se, neste artigo, verificar se o Índice de Orientação Regional (IOR) pode auxiliar na tomada de decisão na orientação para o mercado externo do café brasileiro. Com a abordagem da Teoria da Tomada da Decisão, por meio do método quantitativo e descritivo, é calculado o IOR para verificar se as exportações brasileiras de café estão sendo destinadas aos principais importadores. Os dados das exportações brasileiras de café verde utilizados são da Base AliceWeb, vinculada à Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC) no período de 2000 a 2009. As exportações de café são cada vez menos direcionadas para Canadá, Países Baixos, França, Itália, Bélgica e Espanha, com maior destaque para o decréscimo do IOR da Eslovênia. Os resultados demonstram que as exportações brasileiras de café verde direcionam-se cada vez mais para a Suécia, Finlândia, Japão, Alemanha, EUA, considerando que o IOR apresenta valores crescentes para tais regiões, ressaltando que a Alemanha e os EUA – importantes mercados para que o Brasil siga orientando suas exportações – representam mais de 40% das importações de café. A originalidade do estudo reside na utilização da metodologia IOR para auxiliar o tomador de decisão na orientação para o mercado externo, conhecendo-se a tendência dos principais concorrentes do produto. Tal abordagem, somada a outros indicadores econômicos pode possibilitar a implementação de políticas comerciais, no sentido de redirecionar os produtos para mercados que apresentem maior dinamismo em suas importações.

Termos para indexação: Agronegócio, Brasil, cafeicultura, exportação, IOR, tomada decisão.

EXPORT MARKET ORIENTATION FOR BRAZILIAN COFFEE

ABSTRACT: *This paper aims to verify whether the Regional Orientation Index (ROI) can assist in decision making for export market orientation for Brazilian coffee, to export the searching products from the major importers. The Decision Making Theory was adopted and through the descriptive and quantitative method, the ROI is calculated in order to determine if Brazilian coffee exports are being addressed to the main importers. The data source of Brazilian green coffee used is the ALICEWEB base, linked to the Department of Commerce (SECEX) of the Ministry of Industry and Trade (MDIC) for the period studied from 2000 to 2009 in US dollars (USD). We observed that coffee exports have been less directed towards countries like Canada, Netherlands, France, Italy, Belgium and Spain, with emphasis on decline of the ROI in Slovenia. The results also show that the Brazilian green coffee have been exported for Sweden, Finland, Japan, Germany, USA. The ROI shows increasing values for these regions, noting that over 40% of coffee imports are represented by Germany and USA, which are important markets for Brazil to follow when directing their exports. The originality of this study is to assist the decision makers through the ROI methodology for export market orientation for Brazilian coffee, according to the behavior and development of exports. This approach along with other economic indicators may indicate possibilities related to the implementation of trade policies in order to redirect products to specific markets.*

Index terms*: Agribusiness, Brazil, coffee crop, export, ROI, decision making.*

1 INTRODUÇÃO

A orientação para o mercado tem centralizado pesquisas como alternativa estratégica para aumentar o desempenho das organizações. Seu conceito e operacionalização surgem a partir de estudos (KOHLI; JAWORSKI, 1990; NARVER; SLATER, 1990) que delinearam o *market orientation* como

[1]Mestre em Agronegócios - UFRGS/Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN) - Av. Bento Gonçalves 7712 - Prédio da Agronomia - 1.º andar - Porto Alegre/RS - 91540-000 - ferbran@terra.com.br
[2]D.Sc. em Agronegócios - UFRGS/Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN) - Av. Bento Gonçalves 7712 - Prédio da Agronomia - 1.º andar - Porto Alegre/RS - 91540-000 - alessandra.acc@gmail.com
[3]Mestre em Ciências Sociais Aplicadas - Av. Bento Gonçalves 7712 - Prédio da Agronomia - 1.º andar Porto Alegre/RS - 91540-000 - miguelgianezini@hotmail.com
[4]Mestre em Zootecnia - Av. Bento Gonçalves 7712 - Prédio da Agronomia - 1.º andar - Porto Alegre/RS 91540-000 - clandioruviaro@hotmail.com
[5]Doutor em Reprodução Animal - Av. Bento Gonçalves 7712 - Prédio da Agronomia - 1.º andar - Porto Alegre/RS - 91540-000 - eduardo.dias@ufrgs.br
[6]Prof. D.Sc. em Produção Animal - UFRGS/Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN) - Av. Bento Gonçalves 7712 - Prédio da Agronomia - 1.º andar - Porto Alegre/RS - 91540-000 - julio.barcellos@ufrgs.br

um construto unidimensional constituído por três componentes comportamentais (orientação para o cliente, orientação para os concorrentes e coordenação interfuncional) que seriam as ações e os padrões de comportamento da empresa, investigando a relação da Orientação para o Mercado com o desempenho empresarial. Esse conceito, entretanto, não é restrito a orientação para consumidor com viés exclusivo do marketing, pois inclui a observância do comportamento do concorrente, bem como a coordenação que irá afetar o desempenho da organização.

Recentemente, uma nova abordagem sobre a orientação para o mercado objetiva focar em potenciais clientes, não se detendo apenas nos clientes atuais (SLATER, 2001), tornando capaz a avaliação de informações de mercado, de maneira antecipada e sistemática. Esse tipo de orientação para o mercado é uma fonte distinta de vantagem competitiva que diferencia uma empresa de seus concorrentes, conduzindo a um desempenho organizacional superior (KIRCA; HULT, 2009).

Somente depois de quase uma década, surgiu um modelo conceitual a respeito de orientação para o mercado externo (CADOGAN; DIAMANTOPOULUS; MORTANGES, 1999). Este tipo de orientação voltada ao mercado internacional complementa os trabalhos de Kohli e Jaworski (1990) e Narver e Slater (1990), inserindo uma dimensão integradora, chamada de mecanismo de coordenação para organização, incluindo atividades associadas à geração, disseminação e formulação de respostas às informações do mercado externo. As mudanças nas exportações, como a transmissão das informações, estão significativamente relacionadas com a orientação de mercado (ROSE; SHOHAM, 2002).

Diversos estudos estão focados em avaliar a relação positiva entre os construtos de orientação de mercado e o desempenho das organizações (CANO; CARRILLAT; JARAMILLO, 2004; STEINMAN; DESHPANDÉ; FARLEY, 2000; URDAN, 2004) seja através do crescimento de vendas (NARVER; SLATER, 1990) ou mesmo no número de exportações (CADOGAN; CUI; LI, 2003; RACELA; CHAIKITTISILPA; THOUMRUNGROJE, 2007). Constata-se que essa relação positiva entre orientação para o mercado e desempenho das organizações também existe entre orientação para o mercado externo e *performance* internacional (CADOGAN; CUI; LI, 2003; MACERA; URDAN, 2004).

Tanto no mercado doméstico como no mercado internacional, a escolha por determinada estratégia na busca de um melhor desempenho representa um desafio para o tomador de decisão. A tomada de decisão é um fator importante para o sucesso de empreendimentos em que ocorram exigências gerenciais, como empresas e propriedades rurais, por exemplo. No entanto, a decisão de uma organização para se orientar para o mercado é tomada somente quando os envolvidos percebem que isso é essencial para o sucesso do negócio (GRUNERT et al., 2010).

A teoria da tomada da decisão tem como objetivo selecionar as ferramentas que ajudarão os administradores na qualidade desse processo decisório (SIMON, 1978),independente do setor em questão. O tomador de decisão de uma empresa agrícola está envolvido em um ambiente mercadológico de incerteza e, portanto, sujeito a riscos de perdas substanciais para seu negócio (KIMURA, 1998).

O risco é uma variável crucial para a tomada de decisão sobre a introdução de uma técnica, mesmo quando seus resultados potenciais já são amplamente conhecidos (SIMON, 1978). Assim, a previsão de oferta e demanda para commodities deve ser cautelosa devido às características inerentes à atividade agrícola, bem como sua orientação ao mercado externo.

Pela internacionalização dos mercados e expansão notória do agronegócio brasileiro, as exportações têm ocupado um lugar de destaque como fator fundamental para o crescimento desse setor. Apesar da literatura existente sobre a orientação para o mercado externo, são incipientes os estudos voltados aos tomadores de decisão para os produtos do agronegócio. Isso provavelmente deve-se à orientação nesse setor ser mais direcionada para a produção do que para o próprio mercado.

Contudo, é possível para os produtores do agronegócio focar no mercado. No entanto, a mudança da produção de *commodity* para uma orientação para o mercado envolveria significativas alterações culturais, estratégicas e de práticas de marketing para a organização ou país envolvido (BEVERLAND; LINDGREEN, 2007). Alguns trabalhos foram realizados recentemente referindo-

se à orientação para o mercado com produtos agrícolas, dentre eles o desenvolvido por Beverland e Lindgreen (2007), na Nova Zelândia e o de Micheels e Gow (2008), nos EUA.

O Índice de Orientação Regional (IOR) é um importante indicador que vem sendo utilizado no estabelecimento de prioridades para matriz econômica de determinadas regiões e respectiva tomada de decisão em múltiplos setores, dentre os quais o agronegócio.

No Brasil, diversos trabalhos relativos ao agronegócio foram publicados nos últimos anos, aplicando-se a metodologia do IOR a vários produtos. Nos anos recentes, é possível encontrar pesquisas com distintos produtos agrícolas que utilizam o IOR, como: *a)* carne de frango (BARBOSA; WAQUIL, 2001; COSTA; WAQUIL, 1999; SOUZA; ILHA, 2005; WAQUIL et al., 2004); *b)* carne bovina (GRÜNDLING et al., 2009; RUBIN; ILHA; WAQUIL, 2008; SOUZA; ILHA, 2005; WAQUIL et al., 2004); *c)* açúcar de cana (BARBOSA; WAQUIL, 2001; WAQUIL et al., 2004); *d)* café (BARBOSA; WAQUIL, 2001; WAQUIL et al., 2004); *e)* fumo (BARBOSA; WAQUIL, 2001; TILLMANN; SILVA, 2008; WAQUIL et al., 2004) ; *f)* soja (BARBOSA; WAQUIL, 2001; CORONEL et al., 2008; SILVA et al., 2010; SOUZA; ILHA, 2005; WAQUIL et al., 2004); *g)* milho (SILVA et al., 2010); *h)* suco de laranja (BARBOSA; WAQUIL, 2001; WAQUIL et al., 2004); *i)* uva, melão e mamão (BRATKOWSKI; ILHA; MACHADO, 2010).

A partir dessa contextualização referente à tomada de decisão e à orientação ao mercado internacional no setor do agronegócios. Objetivou-se, neste artigo, verificar se a metodologia do Índice de Orientação Regional (IOR) pode auxiliar na decisão da orientação para o mercado externo do café brasileiro. Assim, considerando a tradição e representatividade que o Brasil possui, a aplicação dessa metodologia torna-se relevante para o setor cafeeiro, por ser capaz de verificar se as exportações de um determinado produto estão sendo direcionadas aos principais importadores do mesmo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa e descritiva. Para verificar se as exportações brasileiras de café estão sendo destinadas aos principais importadores calcula-se o Índice de Orientação Regional (IOR), que atua como um sinalizador de como estão se direcionando as exportações de café.

O IOR deve ser observado ao longo do tempo sendo que seu resultado situa-se entre zero e infinito - valor igual a um -que indica a mesma tendência de exportar para dentro e para fora do bloco ou país. Se os valores do IOR forem crescentes ao longo do tempo, isso demonstrará uma tendência a exportar intrabloco (país). Se, por outro lado, o IOR for decrescente, indicará que as exportações estão se direcionando para fora do bloco (país) (YEATS, 1997).

O Índice de Orientação Regional (IOR) é dado pela seguinte equação:

$$IOR = (X_{jr} / X_{tr}) / (X_{jo} / X_{to})$$

X_{jr} = Valor das exportações brasileiras do produto *j* para a região *r*;
X_{tr} = Valor total das exportações brasileiras (*t)* para a região *r*;
X_{jo} = Valor das exportações brasileiras do produto *j* para fora da região (*o*);
X_{to} = Valor total das exportações brasileiras (*t*) para fora da região (*o*) .

A fonte dos dados das exportações brasileiras de café é da Base AliceWeb, vinculada à Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC), considerando-se o período estudado de 2000 a 2009, em dólares estadunidenses (USD).

A base de dados AliceWeb classifica os produtos de acordo com a Nomenclatura Comum do MERCOSUL (NCM). Neste artigo, a nomenclatura utilizada foi a de "café verde", justificada pela representatividade de 88% do total de café brasileiro exportado (BRASIL, 2010). O IOR foi calculado para os principais países importadores de café verde do Brasil que totalizaram mais de 80% das importações de café brasileiro em 2009 (BRASIL, 2010), quais sejam: Alemanha, Estados Unidos, Itália, Japão, Bélgica, Espanha, França, Suécia, Eslovênia, Finlândia, Países Baixos e Canadá.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os produtos do agronegócio brasileiro, os que lideram a pauta de exportações, são: a soja e derivados, a carne de frango, a carne bovina, seguido do café (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2010). Assim, o café é considerado uma das mais importantes *commodities* agrícolas visto que, no Brasil (BARBOSA et al., 2010), a contribuição da sua produção para a formação econômica foi uma constante ao longo do tempo. Porém, sua participação relativa diminuiu gradativamente, dada a contínua diversificação da pauta de exportações brasileira (SANTOS et al., 2009). Dessa forma, a atuação no mercado de café, hoje em regime de liberdade e caracterizado pela intensa competitividade internacional, requer competência e eficácia de seus participantes (FERREIRA; WAQUIL; GONÇALVES, 2009). A busca pela certificação do café, em algumas regiões brasileiras, pode apresentar novas oportunidades para inserção em mercados (CAMPOS; VALENTE, 2010).

O setor cafeeiro constitui importante atividade econômica, posto que gera renda e trabalho para milhares de pessoas nos países produtores. Atualmente, o Brasil é o maior produtor de café, seguido pelo Vietnã, Colômbia, Indonésia e Etiópia (FAO, 2010). O Brasil também aparece como maior exportador de café indicando a relevância de tal produto para o agronegócio nacional, seguido do Vietnã, Colômbia, Alemanha e Indonésia (FAO, 2010). A evolução nas exportações de café do Brasil consta da Tabela 1.

As exportações de café do Brasil vêm crescendo na última década, com exceção do ano de 2009, fato que coincide com a crise econômica mundial. Nesse ano de 2009, houve uma desvalorização do produto com uma redução em torno de 13% no preço do café, não ocorrendo, entretanto, diminuição da quantidade exportada em toneladas.

Conforme mencionado anteriormente, a partir da evolução das exportações de café foi calculado o Índice de Orientação Regional (IOR), que permite avaliar a capacidade brasileira de inserção das exportações dos seus produtos em um bloco específico. A seguir é apresentada a Tabela 2 que traz a evolução do IOR das exportações de café verde, no período de 2000 a 2009 dos principais países importadores do produto.

Observa-se que o valor do IOR é superior a 1, ou seja, as exportações estão orientadas para essa região durante todo o período, quando se trata da Alemanha, Itália, Japão, Bélgica, Espanha, França, Suécia, Eslovênia e Finlândia. Apesar das exportações estarem orientadas para tais regiões, o IOR vem decrescendo para Canadá, Países Baixos,

TABELA 1 – Evolução das Exportações de café do Brasil de 2000-2009

Ano	Exportações		Variação (%)		Preço Médio	
	Mil USD	Toneladas	Valor	Quant.	USD/t	Var. (%)
2000	1.784.142	1.021.500	-27,6%	-22,8%	1.747	-6,1%
2001	1.416.974	1.320.101	-20,6%	29,2%	1.073	-38,5%
2002	1.384.822	1.620.448	-2,3%	22,8%	855	-20,4%
2003	1.546.458	1.444.832	11,7%	-10,8%	1.070	25,2%
2004	2.058.001	1.493.849	33,1%	3,4%	1.378	28,7%
2005	2.928.684	1.444.297	42,3%	-3,3%	2.028	47,2%
2006	3.364.154	1.556.779	14,9%	7,8%	2.161	6,6%
2007	3.891.534	1.574.231	15,7%	1,1%	2.472	14,4%
2008	4.763.069	1.657.117	22,4%	5,3%	2.874	16,3%
2009	4.278.940	1.715.209	-10,2%	3,5%	2.495	-13,2%

Fonte: AgroStat Brasil, a partir de dados de Brasil (2010).

França, Itália, Bélgica e Espanha, com maior destaque para o decréscimo do IOR da Eslovênia. Como a análise deve ser feita ao longo do período, pode-se inferir que as exportações de café vêm decrescendo, ou seja, vêm sendo cada vez menos direcionadas para esses países com IOR decrescente.

O alto valor encontrado para o IOR da Eslovênia explica-se pelo fato de que nos anos 2000, dos USD 74 milhões exportados pelo Brasil para essa região, cerca de 70 milhões eram referentes a café verde. Já em 2009, as exportações totais do Brasil para Eslovênia alcançaram USD 280 milhões, sendo que desses, apenas 76 milhões referem-se ao café verde importado pelo país. Nessa década, as exportações totais do Brasil para Eslovênia cresceram H" 200%, enquanto que as exportações de café verde pouco se alteraram.

Além dessas constatações, destaca-se que o IOR dos Países Baixos apresenta valor inferior à unidade, indicando que o café brasileiro está cada vez menos sendo direcionado para tal região. Os Estados Unidos também apresentam, inicialmente, o IOR abaixo da unidade, mas nos últimos anos, a partir de 2006, aumentou o IOR para 2,09 indicando uma tendência de o Brasil exportar café para esse país.

A partir da análise da Figura 1, pode-se inferir que as exportações brasileiras de café verde vêm se direcionando cada vez mais para a Suécia, Finlândia, Japão, Alemanha, EUA, visto que o IOR apresenta valores crescentes para tais regiões. Cabe ressaltar que, dentre eles, a Alemanha e os EUA representam mais de 40% das importações de café, sendo os dois importantes mercados para que o Brasil siga orientando suas exportações.

A partir da análise dos resultados, observa-se que as dificuldades na tomada de decisão no setor do agronegócio podem ser minimizadas com o auxílio da abordagem da análise da decisão. Com essa abordagem, a incerteza ou complexidade inerentes à decisão (KIMURA, 1998; SIMON, 1978) podem ser minimizadas para orientação para o mercado externo, através da ferramenta específica do IOR para lidar com dificuldades, minimizando os possíveis riscos da negociação e aperfeiçoando a qualidade do processo decisório. Ao estudar a eficiência comercial da cadeia do fumo no Rio Grande do Sul (TILLMANN; SILVA, 2008), valeram-se do IOR para constatar o tamanho da importância da União Europeia como importadora de fumo para os produtores regionais e sugerir contribuições no processo decisório, com a garantia dos mercados conquistados na última década, diminuindo assim os riscos desse processo.

Em âmbito brasileiro, a orientação para o mercado externo do País, como uma organização pode ser facilitada pelo IOR, especialmente no nível de orientação para os concorrentes (nesse caso os países exportadores de café), de maneira a formular respostas às informações disponíveis sobre o mercado

TABELA 2 – Evolução do IOR dos principais importadores de café verde brasileiro (países em ordem decrescente da participação nas importações de café verde)

INDICE DE ORIENTAÇÃO REGIONAL										
País/Ano	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
ALEMANHA	4,32	5,5	6,53	5,17	6,04	5,78	6,33	5,43	5,34	6,9
ESTADOS UNIDOS	0,52	0,43	0,62	0,83	0,84	0,92	1,05	1,14	1,28	2,09
ITALIA	3,10	3,93	3,49	4,32	3,79	4,84	4,21	4,38	5,30	5,10
JAPAO	2,32	2,69	2,33	2,95	2,78	3,39	3,43	3,18	2,43	2,90
BELGICA	1,60	1,77	1,57	1,66	2,55	2,78	2,26	2,25	4,23	3,91
ESPANHA	1,93	2,04	2,29	1,62	1,40	1,86	1,97	1,52	1,89	1,79
FRANCA	1,26	1,64	1,60	1,76	1,82	1,80	1,98	1,49	1,22	1,30
SUECIA	7,48	9,85	9,26	6,80	5,29	7,11	8,55	7,13	8,20	12,13
ESLOVENIA,REP.	34,50	40,36	31,31	25,81	36,11	25,65	23,93	25,20	22,49	11,19
FINLANDIA	9,62	10,04	10,02	9,00	8,04	6,18	6,08	5,72	8,82	8,70
PAISES BAIXOS	0,52	0,56	0,40	0,40	0,36	0,53	0,69	0,53	0,29	0,29
CANADA	2,20	2,34	1,75	1,41	1,23	0,85	0,86	0,88	1,38	1,41

externo (CADOGAN; DIAMANTOPOULUS; MORTANGES, 1999). A orientação para o concorrente pressupõe o conhecimento de suas competências ou potenciais produtivos que, no longo prazo, podem afetar sua dinâmica mercadológica e melhorar o desempenho da organização pela relação positiva encontrada entre *performance* internacional e orientação para mercado externo (CADOGAN; CUI; LI, 2003; MACERA; URDAN, 2004).

Portanto, o IOR pode auxiliar no conhecimento dos concorrentes atuais e, mais importante, dos concorrentes potenciais, podendo ser somado a outros indicadores econômicos. Waquil et al. (2004) publicaram estudo no qual aliam o IOR com o Índice de vantagens comparativas reveladas, aplicando-os às exportações agrícolas brasileiras para a União Europeia. Essa combinação permitiu expressar maiores vantagens comparativas do Brasil, com valores estáveis ou crescentes ao longo da década pesquisada e ilustrar a elevada orientação das exportações brasileiras para a UE.

Souza e Ilha (2005) também aplicaram o IOR combinado com o índice de vantagem comparativa revelada para produtos como a soja, carne bovina e carne de frango, no período de 1992 a 2002, no intuito de demonstrar que as exportações dos mesmos estão mais direcionadas para a UE do que para o Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA), colocando a Europa como mercado potencial para acordos comerciais referentes a esses produtos. Em outro estudo, Coronel et al. (2008), ao analisarem as exportações de soja (grão, farelo e óleo), concluiram que o país apresenta Vantagens Comparativas Reveladas para essas commodities, mas no que se refere à orientação regional constataram que as exportações de grão estão fortemente orientadas para a União Europeia e China, as do farelo para a União Europeia e Tailândia e as do óleo de soja para China, Irã e Índia.

Recentemente, Bratkowski, Ilha e Machado (2010) analisaram a evolução da competitividade e orientação das exportações brasileiras de uva, melão e mamão no comércio internacional, no período de 1997 a 2007, utilizando o Índice de Vantagens Comparativas (IVC) e o IOR. Dentre os resultados apresentados, o estudo demonstra uma evolução positiva da competitividade brasileira, mesmo tendo

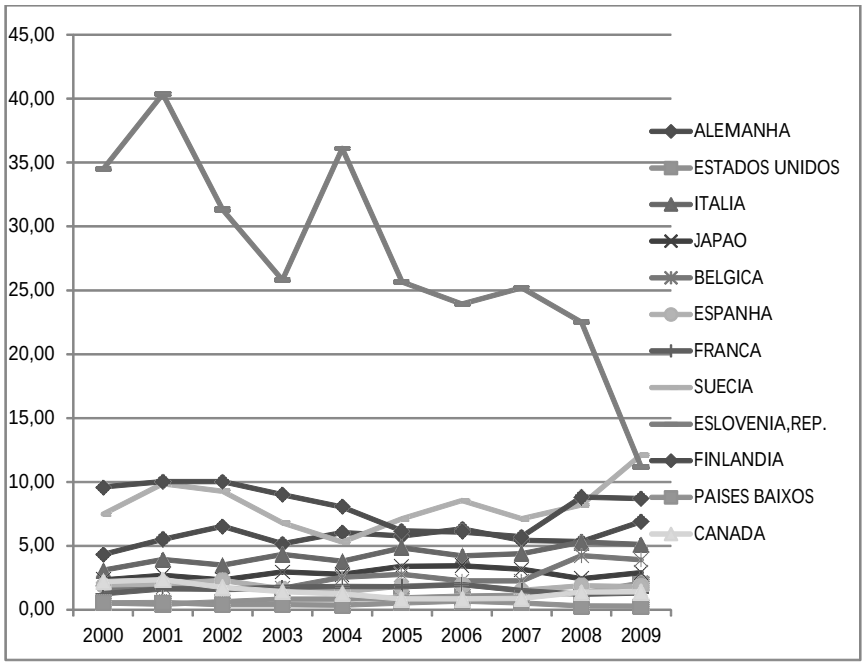


FIGURA 1 – Evolução do Índice de Orientação Regional (IOR) das exportações brasileiras de café verde do Brasil, no período de 2000-2009, para os principais países importadores.

identificado retração em alguns anos. Quanto ao IOR, verificou-se que as frutas analisadas estão orientadas mais para o mercado europeu do que para o NAFTA.

Assim, o IOR pode ser igualmente utilizado para indicar possibilidades relacionadas à implementação de políticas comerciais, como apontado nas conclusões de Coronel et al. (2008), no sentido de redirecionar os produtos para mercados que ofereçam maior dinamismo em suas importações.

Assim, o Brasil poderia antever as necessidades de demanda dos importadores, firmando as negociações com os maiores importadores do produto, orientando suas exportações conforme o IOR, mantendo ou buscando conquistar novos mercados para exportação do café. Dessa forma, compete ao país exportador conhecer as tendências de importação e direcionar-se adequadamente com a finalidade de valorizar seu produto e responder às necessidades do mercado.

O Brasil, como principal exportador de café, pode utilizar-se da ferramenta do IOR para passar a ter o domínio das demandas do mercado e, assim, ser capaz de suscitar nos países importadores o valor superior de seus produtos em relação àqueles oferecidos pela concorrência, focando especialmente na Alemanha e EUA - principais importadores do café brasileiro.

O aumento no número de exportações poderá proporcionar ao Brasil um melhor desempenho produtivo (CADOGAN; CUI; LI, 2003). O IOR é capaz, portanto, de amparar a tomada da decisão para orientação ao mercado internacional do café brasileiro, especialmente por destacar os principais importadores do produto e a tendência dessa dinâmica mercadológica favorecendo a *performance* do país e o crescimento nas exportações.

4 CONCLUSÕES

A utilização da metodologia do IOR, para as exportações de café do Brasil demonstra que tal ferramenta pode auxiliar a conhecer o comportamento dos países importadores de café e orientar as exportações desse produto pelo Brasil, melhorando o desempenho do país.

Acredita-se que, com este artigo, foi possível contribuir com os estudos sobre a temática do café, a partir da apresentação de resultados que descreveram a evolução das exportações, e identificaram os países de destino desse importante produto do agronegócio nacional.

Por fim, como observado na análise dos resultados e discussão, conclui-se que a pesquisa socioeconômica pode ser incrementada dentro do sistema agroindustrial do café, valendo-se do IOR associado a outros indicadores.

5 AGRADECIMENTOS

À Câmara de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agência financiadora da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. E.; WAQUIL, P. D. O rumo das exportações agrícolas brasileiras frente às negociações para a formação da Área de Livre Comércio da Américas (ALCA). **Indicadores Econômicos FEE,** Porto Alegre, v. 29, n. 3, p. 71-85, nov. 2001.

BARBOSA, J. N. et al. Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade. **Coffee Science,** Lavras, v. 5, n. 3, p. 189-193, 2010.

BEVERLAND, M. B.; LINDGREEN, A. Implementing market orientation in industrialfirms: a multiple case study. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 36, p. 430-442, 2007.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Estatísticas**. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acesso em: 25 ago. 2010.

BRATKOWSKI, P.; ILHA, A. S.; MACHADO, T. A. Competitividade e orientação das exportações brasileiras de uva, melão e mamão no período de 1997 a 2007. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. **Anais…** Campo Grande: SOBER, 2010. 1 CD-ROM.

CADOGAN, J. W.; CUI, C. C.; LI, E. K. Y. Export market-oriented behavior and export performance. **International Marketing Review**, Bradford, v. 20, p. 493-513, 2003.

CADOGAN, J. W.; DIAMANTOPOULUS, A.; MORTANGES, C. P. A measure of export market orientation: scale development and cross-cultural validation. **Journal of International Business Studies**, Columbia, v. 30, n. 4, p. 698-707, 1999.

CAMPOS, J. I.; VALENTE, A. L. E. F. Vantagem estratégica da agricultura familiar de Alto Paraíso de Goiás no mercado do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 97-106, maio/ago. 2010.

CANO, C. R.; CARRILLAT, F. A.; JARAMILLO, F. A meta-analysis of the relationship between market orientation and business performance: evidence from five continents. **International Journal of Research in Marketing**, Chicago, v. 21, p. 179-200, 2004.

CORONEL, D. A. *et al.* Vantagens comparativas reveladas e orientação regional das exportações do complexo soja brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais…** Rio Branco: SOBER, 2008. 1 CD-ROM.

COSTA, T. V. M.; WAQUIL, P. D. Comércio intra-mercosul de frangos: intensidade, orientação regional e vantagens comparativas. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 7, n. 12, p. 9-35, 1999.

FERREIRA, G. M. V.; WAQUIL, P. D.; GONÇALVES, W. M. Governança na cadeia do café: um caso no sul de Minas Gerais. **Custos e Agronegócio Online**, Recife, v. 5, n. 3, set./dez. 2009. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v5/governanca%20cafe.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Statistics**. Disponível em: <http://www.fao.org/corp/statistics/en/>. Acesso em: 10 ago. 2010.

GRÜNDLING, R. D. P. *et al.* A evolução e a orientação regional das exportações brasileiras de carne bovina no período de 1996-2006. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009. 1 CD-ROM.

GRUNERT, K. G. *et al.* Market orientation in the mental models of decision makers: two cross-border value chains. **International Marketing Review**, Bradford, v. 27, n. 1, p. 7-27, 2010.

KIMURA, H. Administração de risco em empresas agropecuárias e agroindustriais. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 101-106, 1998.

KIRCA, A.; HULT, G. T. M. Intra-organizational factors and market orientation: effects of national culture. **International Marketing Review**, Bradford, v. 26, n. 6, p. 633-650, 2009.

KOHLI, A. K.; JAWORSKI, B. J. Market orientation: the construct, research propositions, and managerial implications. **Journal of Marketing**, Chicago, v. 54, n. 2, p. 1-18, Apr. 1990.

MACERA, A. P.; URDAN, A. T. Orientação para o mercado externo: teste de um modelo no Brasil e sua aplicação a uma amostra de empresas exportadoras brasileiras. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 73-76, abr./jun. 2004.

MICHEELS, E. T.; GOW, H. R. Market orientation, innovation and entrepreneurship: an empirical examination of the Illinois beef industry. **International Food and Agribusiness Management Review**, New York, v. 11, n. 3, p. 326-330, 2008.

NARVER, J. C.; SLATER, S. F. The effect of market orientation on business profitability. **Journal of Marketing**, Chicago, v. 54, n. 4, p. 20-35, 1990.

RACELA, O. C.; CHAIKITTISILPA, C.; THOUMRUNGROJE, A. Market orientation, international business relationships and perceived export performance. **International Marketing Review**, Bradford, v. 24, n. 2, p. 144-163, 2007.

ROSE, G. M.; SHOHAM, A. Export performance and market orientation: establishing an empirical link. **Journal of Business Research**, Athens, v. 55, p. 217-225, 2002.

RUBIN, L. da S.; ILHA, A. da S.; WAQUIL, P. D. O comércio potencial brasileiro de carne bovina no contexto de integração regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 1067-1093, 2008.

SANTOS, V. E. dos *et al.* Análise do setor de produção e processamento de café em Minas Gerais: uma abordagem matriz insumo-produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 63-69, 2009.

SILVA, F. A. *et al.* Padrão da inserção brasileira no mercado internacional de grãos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SOBER, 2010. 1 CD-ROM.

SIMON, H. A. Rational decision making in business organization. **American Economic Review**, Nashville, v. 69, n. 4, p. 493-513, 1978.

SLATER, S. F. Market orientation at the beginning of a new millennium. **Managing Service Quality**, Chicago, v. 11, p. 230-232, 2001.

SOUZA, M. J. P.; ILHA, A. S. **Índices de vantagem comparativa revelada e de orientação regional para alguns produtos do agronegócio brasileiro no período de 1992 a 2002**. 2005. Dissertação (Mestrado em Integração Latino Americana) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://www.ufsm.br/mila/adayr/publicacoes/cientificos/vantagemcomparativa.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2012.

STEINMAN, C.; DESHPANDÉ, R.; FARLEY, J. U. Beyond market orientation: when customers and suppliers disagree. **Academy of Marketing Science**, Greenvale, v. 28, n. 1, p. 109-119, 2000.

TILLMANN, E.; SILVA, E. X. da. A eficiência comercial da cadeia do fumo no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 10., 2008, Pelotas. **Resumos Expandidos...** Pelotas: UFPEL, 2008. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2008 /cd/pages/pdf/SA/SA_00180.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2012.

URDAN, F. T. Medindo a orientação para o mercado: empresas brasileiras versus empresas estrangeiras. **FACEF Pesquisa**, Franca, v. 7, n. 1, p. 13-18, 2004.

WAQUIL, P. D. et al. Vantagens comparativas reveladas e orientação regional das exportações agrícolas brasileiras para a União Europeia. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 137-160, 2004. Disponível em: <http://www.economia-aplicada.ufv.br/revista/pdf/2004/Artigo1_V2N2.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2012.

YEATS, A. **Does Mercosur's trade performance raise concerns about the effects of regional trade arrangements?** Washington: World Bank, 1997.

EFFICIENCY OF RNA EXTRACTION PROTOCOLS IN DIFFERENT TYPES OF COFFEE PLANT TISSUES

Márcia Fabiana Barbosa de Paula[1], Solange Aparecida Ságio[2], Fabiane Lazzari[3], Horllys Gomes Barreto[4], Luciano Vilela Paiva[5], Antonio Chalfun-Junior[6*]

(Recebido: 29 de setembro de 2011; aceito 1 de fevereiro de 2012)

ABSTRACT: In order to use sensitive techniques of molecular biology, such as the study of differentially expressed genes, a high-quality RNA in suitable quantities is necessary. Due to the presence of several varieties and often expressive quantities of secondary compounds in plants, there is no standard method for the isolation of nucleic acids that can be used for all species. Polyphenols and polysaccharides are the compounds that interfere the most in the extraction process, and when they are present, a low-quality RNA is produced. Four RNA extraction methods (CTAB method, Hot Borate, CONCERT and Tri Reagent), in four different coffee tissues (root, leaf, flower and fruit) were tested in this work, aiming at determining which method is more efficient. It was observed that the CTAB and Hot Borate methods, in which PVP and/or β-mercaptoethanol were added and precipitation with LiCl was performed, presented more pure RNA, with no degradation observed in any of the tissues, being suitable for further gene expression analysis. High-quality RNA was not obtained from any tissue in the extraction with Tri Reagent, which includes the use of phenol, and thus expression analysis was disturbed. The CTAB macroextraction method presented samples with the highest RNA quality and largest quantities in all tissues. Future works need to be carried out aiming the standardization of this macroextraction method.

Index terms: Gene expression, *Coffea arabica*, RT-qPCR.

EFICIÊNCIA DE PROTOCOLOS DE EXTRAÇÃO DE RNA EM DIFERENTES TECIDOS DO CAFEEIRO

RESUMO: *Para a utilização de técnicas sensíveis de biologia molecular, como o estudo de genes diferencialmente expressos, é necessário a obtenção de um RNA de boa qualidade e em quantidades adequadas. Devido à presença de grandes variedades, e frequentemente grande quantidade de compostos secundários em plantas, não existe um método padrão para o isolamento de ácidos nucléicos que possa ser utilizado para todas as espécies. Os polifenóis e os polissacarídeos são os compostos de maior interferência no processo de extração, e quando presentes geram um RNA de baixa qualidade. Nesse trabalho foram testados quatro métodos de extração de RNA (Método CTAB, Borato quente, CONCERT e Tri Reagente), em quatro diferentes tecidos de café (raiz, folha, flor e fruto), objetivando-se determinar qual método é mais eficiente. Foi observado que os métodos, CTAB e Borato quente, que possuíam a adição PVP e/ou β-mercaptoetanol, e precipitação com LiCl, foram os que apresentaram RNAs mais puros e sem degradação em todos os tecidos, e puderam ser utilizados para a análise de expressão gênica. Com a extração utilizando o TriReagente, que tem como base o fenol, não foi obtido RNA de boa qualidade em todos os tecidos e consequentemente não foi possível a análise de expressão. O método de macroextração CTAB foi o que apresentou amostras com RNA de melhor qualidade e em grandes quantidades em todos os tecidos. Trabalhos posteriores precisam ser realizados a fim de padronizar esse método para microextração.*

Termos para indexação*: Isolamento de RNA, Coffee arabica, RT-qPCR.*

1 INTRODUCTION

Coffee is one of the most important and valuable agricultural commodities in the world, with Brazil being the largest producer and exporter (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2011). Although the Coffee genus encompasses ~100 species, only two

[1]Universidade Federal de Viçosa/UFV - Laboratório de Biotecnologia e Melhoramento Vegetal - 36570-000 Viçosa - MG - fabianadpaula@yahoo.com.br
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Laboratório de Fisiologia Molecular de Plantas - Departamento de Biologia/DBI - Cx. P. 3037 37.200-000 - Lavras - MG - solsagio@gmail.com
[3]Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola/COODETEC - BR 467, Km 98 - Cx.P. 301 - 85813-450 Cascavel - PR - fabylazzari@gmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Laboratório de Fisiologia Molecular de Plantas - Programa de Biotecnologia Vegetal - Cx. P. 3037 37.200-000 - Lavras - MG - horllys@hotmail.com
[5]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Laboratório Central de Biologia Molecular/LCMB Cx. P. 3037 37.200-000 - Lavras - MG - luciano@dqi.ufla.br
[6*]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Laboratório de Fisiologia Molecular de Plantas - Departamento de Biologia/DBI - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - chalfunjunior@dbi.ufla.br

of these have major economical significance: C. arabica (arabica) and C. canephora (robusta), with the former producing a drink of better quality and being responsible for most of the world's production, despite its more demanding production system.

Although coffee physiology has been extensively studied, with the objective to produce a coffee with higher productivity and quality of drinking (MARTINS NETO; MATSUMOTO, 2010; PAIVA et al., 2010; PEDROSO et al., 2009; REZENDE et al., 2010), there are production constraints which are still unresolved. This includes its sequential flowering pattern (i.e., flowering time is not simultaneous in the same plant) which causes uneven fruit maturation. As a result, berry harvest becomes more difficult and causes losses in yield and drink quality (CHALFOUN, 2010; FARNEZI et al., 2010). There are also a panoply of biotic factors that affect both productivity and the quality of coffee (DIAS et al., 2009; MIRANDA et al., 2010; SERA et al., 2010).

However, future studies focusing on genetic analysis can lead to a better comprehension of the coffee flowering regulation process, with potential implications for molecular breeding programs (BARRETO et al., 2012; LIMA et al., 2011), as well as for the development of cultivars resistant to biotic factors. Quality RNA isolation is a mandatory requirement for studies of gene expression, including reverse transcriptase (RT), real-time quantitative PCR (RT-qPCR), construction of cDNA libraries, or microarray analyses (CARDILLO; GIULIETTI; MARCONI, 2006).

The main problem is that plant tissues are characterized by a large variation in their composition, with RNA isolation being particularly difficult in some (GEUNA; HARTINGS; SCIENZA, 1998). An efficient RNA extraction method is extremely important for works that use different tissues, regardless of their composition, in order to minimize the variations that may exist when different protocols are used.

Due to the presence of secondary metabolites, polysaccharides, and polyphenols, standardization of a quality RNA extraction for different coffee plant tissues is very difficult; also, the obtainment of high-quality RNA may be complicated because of RNA susceptibility to RNase degradation. Furthermore, one of the essential stages is the complete elimination of any DNA present after the extraction, since a DNA copy is theoretically capable of originating a false positive in studies based on gene expression (BIRTIC; KRANNER, 2006).

Studies describe extraction techniques for polyphenol- or polysaccharide-rich plant tissues that present problems for the isolation of high-quality RNA in large quantities (AZEVEDO; LINO-NETO; TAVARES, 2003; SALZMAN et al., 1999). However, these methods have been developed for specific plant tissues, since each method depends on tissue composition, and some have been inadequate in the reduction of polysaccharide contamination.

Among the most reported extraction techniques for species with a high content of secondary metabolites are the methods that use soluble polyvinylpyrrolidone (PVP) and ethanol precipitation (SALZMAN et al., 1999), hot borate (WAN; WILKINS, 1994), phenol extraction (KOMJANC et al., 1999), calcium precipitation (DAL CIN et al., 2005), 2-butoxyethanol (MALNOY et al., 2001; MANNING, 1991), or cetyltrimethyl-ammonium bromide (CTAB) in the extraction buffer (MEISEL et al., 2005).

In these techniques, a few substances are added to eliminate contaminants, including antioxidant agents such as PVP, polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), and β-mercaptoethanol, organic solvents such as chloroform and phenol, which separate RNA from proteins, guanidine thycyanate, widely used to inhibit RNase activity (CHOMCZYNSKI; SACCHI, 1987; VALENZUELA-AVENDAÑO et al., 2005), among others.

Aiming at obtaining an ideal protocol for quality RNA extraction for diverse coffee plant tissues, this work had the objective of identifying the most adequate methodology to isolate RNA samples from leaves, flowers, fruits, and roots for use in sensitive molecular studies.

2 MATERIAL E METHODS

Plant material

The plant material used was collected in the experimental field of the Federal University of Lavras (UFLA) in Lavras, MG. Four plant tissues of *Coffea arabica*, Rubi cultivar, collected in September 2008, were used for RNA extraction:

young leaves, flowers in the G4-G5 stages as described by Morais et al. (2008), fruits in different stages of development, and secondary roots. The material was collected in liquid nitrogen and stored at -80°C until the moment of extraction. The tissues were submitted to four different RNA extraction methods: Concert™ (Invitrogen), TRI Reagent® (Sigma), hot borate (BIRTIC; KRANNER, 2006; WAN; WILKINS, 1994), and CTAB (CHANG; PURYEAR; CAIRNEY, 1993).

All the materials used in the extractions were treated with a 0.5% diethylpyrocarbonate solution (DEPC) to inactivate RNases, and the solutions used were prepared with distilled, autoclaved, RNase-free water.

RNA isolation

Concert Reagent™

The RNA extraction protocol with Concert was performed according to the Concert™ Plant RNA Reagent (Invitrogen) manual. Microtubes containing approximately 100 mg of ground tissue and 500 µL of cold Concert reagent (4°C) were homogenized in a vortex mixer and incubated for 5 minutes at room temperature in a horizontal position in order to maximize RNA extraction. After this period, the material was submitted to centrifugation for 2 minutes at room temperature and speed of 12,000 x g, and the supernatant was transferred to a new tube. After the addition of 100 µL of 5 M NaCl and homogenization in a vortex mixer, 300 µL of chloroform were added and the tubes were mixed by inversion. For phase separation, the samples were submitted to centrifugation for 10 minutes at 4°C (12,000 x g) and the superior aqueous phase was transferred to a new tube. Next, isopropanol was added in a volume equivalent to the aqueous phase (approximately 400 µL) and the tubes were shook in a vortex mixer for 5 seconds. The samples were then kept at room temperature for 10 minutes and subsequently submitted to centrifugation for 10 minutes at 4°C (12,000 x g). After centrifugation, the supernatant was discarded, the pellet was washed with 1 mL of 75% ethanol, and the tubes were submitted to another centrifugation for one minute at room temperature (12,000 x g). The residual liquid was removed from the tube with a pipette and the RNA was resuspended in 20 µL of autoclaved ultrapure water. Finally, the samples were stored at -20°C.

Tri Reagent®

Total RNA was obtained using Tri reagent® (Sigma), according to manufacturer's recommendations. Microtubes containing approximately 100 mg of ground tissue and 1 mL of Tri Reagent were homogenized in a vortex mixer and incubated for 5 minutes at room temperature. After this period, the material was submitted to centrifugation for 10 minutes at 4°C and speed of 12,000 x g. The supernatant was then transferred to a new tube, which received 200 µL of chloroform and was homogenized for 15 seconds. For phase separation, the samples were submitted to centrifugation for 20 minutes at 4°C (12.000 x g), and the upper aqueous phase was transferred to a new tube (approximately 750 µL). Next, 500 µL of isopropanol were added and the tubes were homogenized by inversion and incubated for 60 minutes at -20°C. The samples were then centrifuged for 10 minutes at 4°C (12,000 x g) and the supernatant was discarded. The pellet was washed with 1 mL of 75% ethanol and the tubes were submitted to an additional centrifugation for 5 minutes at 4°C (12,000 x g). The residual liquid was removed from the tube with a pipette and the RNA was resuspended in 20 µL of autoclaved ultrapure water. Finally, the samples were stored at -20°C.

Hot borate method

The hot borate method was adapted from the protocol described by Birtic and Kranner (2006), where the extraction buffer is formed by 0.2 M sodium tetraborate decahydrate, 30 mM EGTA - ethylene glycol bis (2-aminoethyl ether)-N,N,N2 ,N2 - tetraacetic acid, 1% sodium dodecyl sulfate (SDS), and 1% sodium deoxycholate, adjusted to a pH of 9.0 with sodium hydroxide. The addition of 0.06 g of polyvinylpyrrolidone (PVP) and 2% of dithiothreitol (DTT) was made for every 1 mL of buffer, which was heated for the complete dissolution of the reagents. Approximately 100 mg of each tissue sample were ground in liquid nitrogen with the addition of 1 mL of extraction buffer, immediately followed by the addition of 1 mg of Proteinase K, agitation, and water bath at 45°C for 90 minutes. Afterwards, 80 µL of 2 M potassium chloride were added and the samples were kept on ice for 45 minutes, followed by centrifugation for 20 minutes at 4°C (12.000 x g) and

collection of the supernatant. Cold 8 M lithium chloride was added at one-third of the supernatant volume, and the samples were incubated at -20°C for at least one hour for RNA precipitation. After this period, the samples were centrifuged for 20 minutes at 4°C (12.000 x g) and the supernatant was discarded. The pellet was washed with 750 µL of 2 M lithium chloride twice, followed by a final centrifugation for 10 minutes, removal of the residual liquid with a pipette, and RNA resuspension in 20 µL of autoclaved ultrapure water. Finally, the samples were stored at -20°C.

CTAB method

This RNA macroextraction method was first described by Chang, Puryear e Cairney (1993). For each tube containing 2 g of the material ground in liquid nitrogen, 25 mL of extraction buffer were added 2% (w/v) CTAB (cethyltrimethylammonium bromide), 2% (w/v) PVP, 100 mM Tris-HCL, 25 mM EDTA, 20 mM NaCl, and 2% β–mercaptoethanol).The samples were incubated for 20 minutes at 65°C and then 20 mL of chloroform were added to each tube. After a centrifugation step at 7500 x g for 5 minutes at room temperature, approximately 20 mL of the sample supernatant were transferred to a new tube and the same volume of chloroform was added. Then, samples were homogenized and the centrifugation step was repeated. The top aqueous phase, approximately 15 mL, was transferred to a new tube and 12 M lithium chloride was added for a final concentration of 2.5 M. The samples were left overnight at 4°C for precipitation. Posteriorly, the material was centrifuged during 30 minutes at 4°C (7,500 x g) and the supernatant was discarded. The pellet was washed with 2.5 M lithium chloride, followed by centrifugation for 15 minutes at 4°C (10,000 x g). After discarding the supernatant, the pellet was washed with 1 mL of 70% ethanol, transferred to microtubes and centrifuged for 10 min at 4ºC (11,000 g). The supernatant was discarded and the residual liquid was removed from the tube with a pipette. Finally, the RNA was resuspended in 50 µL of autoclaved ultrapure water and the samples were stored at -20°C.

Treatment with DNase

All samples were treated with DNA-free DNase (Ambion) in a reaction containing 10 µg of total RNA, 1 U of the rDNAseI enzyme, 0.1 volume of the 10 x DNaseI buffer, and DNase/RNase-free water to complete the volume to 50 µL. This reaction was incubated at 37 °C for approximately 30 min and 5 µL of DNase inactivation solution was added to inactivate DNase. The samples were incubated for 2 minutes, centrifuged at 10,000 x g for 1.5 minutes, and their supernatants (approximately 50 µL) were transferred to new tubes.

In order to evaluate the integrity of the extracted samples, RNA was submitted a 1.2% agarose gel electrophoresis stained with 2 µL of ethidium bromide (0.5 µg/mL). Posteriorly, the gels were visualized under ultraviolet light and photographed with the Kodak® Photodocumentation EDAS 290 system. The samples were quantified in a Nanodrop® ND-1000 Spectrophotometer at A_{260} nm with the objective of determining quantity and quality.

cDNA Synthesis and RT-qPCR

cDNA synthesis and RT-qPCR analysis were only performed with the objective of determining if the extracted RNAs possess good enough quality to be submitted to more sensitive analysis.

The *High-Capacity cDNA Reverse Transcription Kit* (Applied Biosystems) was used for cDNA synthesis. Initially, RNA was prepared at a concentration of 1 µg in a final volume of 10 µL. After this step, a mix containing 2 µL of the 10x enzyme buffer, 2 µL of the 10X RT Random Primers primer, 0.8 µL of 100 mM dNTP mix, 1 µL *MultiScribe™* Reverse Transcriptase, and water for a final volume of 10 µL per sample was prepared and 10 µL were added to the prepared RNA solution. The tubes were submitted to an *Eppendorf Mastercycler gradient* thermal cycler programmed for three steps: 10 min at 25°C for primer annealing, 2 h at 37°C for enzyme action, and 5 min at 85°C for enzyme inactivation. The samples were then stored in a freezer at -20°C.

cDNA was used as template for analysis of quantitative gene expression through the ABI PRISM 7500 Real-Time PCR (Applied Biosystems) using the SYBR Green detection system.

First, an absolute quantification assay was performed, with the determination of the standard curve, primer efficiency, and best dilution presented by the samples. cDNAs were diluted at 1:10, 1:25, and 1:50.

After determining the 1:10 dilution and primer efficiency between 94 and 97%, the relative expression assay was performed through the comparative C_T method. The samples were processed in triplicates with three biological repetitions. Expression of the genes GAPDH and 14.3.3 was analyzed, both genes considered efficient endogenous controls for coffee according to Barsalobres-Cavallari et al. (2009). Expression of the gene GAPDH was normalized with the control gene 14.3.3, and expression of the gene 14.3.3 was normalized with the control gene GAPDH.

The thermal conditions of the reaction were as follows: 2 min at 50°C, 10 min at 95°C, followed by 40 cycles of 15 s at 95°C and 1 min at 60°C, finalizing with 1 s at 95°C. The data were analyzed in the program 7500 *Fast Software* (Version 2.1). For each reaction, 1 μL of cDNA, 1.5 μM of each *primer*, and 5 μL of *Master Mix SYBR Green* (Applied) were used for a final volume of 10 μL per sample.

To calculate the expression, each sample was first normalized with the endogenous control using the equation $\Delta C_T = C_T$ (target gene) - C_T (endogenous control), while the relative quantification was obtained through the formula $2^{-\Delta\Delta CT}$. Threshold was defined manually.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The same collected material was used in the extraction procedures and the same quantity of tissue was standardized in the microextractions. All the methods yielded enough quantity of RNA for posterior works. As a macroextraction, the CTAB method was the only one that used a larger quantity of plant tissue and thus yielded a high amount of RNA. However, only sample quality is considered when comparing methods.

For a successful RNA isolation, it is necessary to prevent that polysaccharides and polyphenols, which are found in different quantities in different tissues of distinct species, bind to the nucleic acids, contributing to the determination of RNA quantity, quality, and integrity (SUZUKI; KETTERLING; MCCARTY, 2003; ZAMBONI; PIERANTONI; FRANCESCHI, 2008). Therefore, these parameters were evaluated to determine the most efficient RNA extraction method for coffee.

Purity relations and RNA concentrations from all the evaluated extraction methods are on Table 1. To evaluate purity, the absorbance levels at 280 nm, 260 nm, and 230 nm are observed. The A260/A230 absorbance ratio indicates potential contamination with polysaccharides and polyphenols, while the A260/A280 ratio indicates potential contamination with proteins (LOGEMANN; SCHELL; WILLMITZER, 1997; MANNING, 1991). According to Asif et al. (2006), when these values are between 1.8 and 2.1, they indicate decontamination of the samples.

Comparison of the methods described in this work shows that the hot borate and CTAB methods generally present a better sample quality, especially the CTAB method. As can be observed in Table 1, this method presented the best results with ideal absorbance relations, indicating samples with little or no contamination with proteins and polysaccharides.

This may be related to the use of substances like PVP and β-mercaptoethanol, which have the function of reducing oxidant substances and phenolic compounds (JAAKOLA et al., 2001), and to the precipitation with lithium chloride, which has the function of retaining protein substances, thus aiding in sample decontamination. The use of lithium chloride was described by Rubio-Piña and Vázquez-Flota (2008) as the best substance for RNA precipitation protocols. The use of the CTAB detergent in the extraction buffer in the CTAB method is the basis for separating polysaccharides from nucleic acids (CHANG; PURYEAR; CAIRNEY, 1993; ROGERS; BENEDICH, 1994), as well as being a differential for the obtainment of high-quality RNA.

According to the absorbance value ratios, the Concert and Tri Reagent methods presented proteins and polyphenols contaminated samples, with lower values than those recommended, especially the Tri method (Table 1). Low yield among tissues and, consequently, high contamination are observed in the extraction using the Tri Reagent according to the manufacturer's recommendations, possibly due to the presence of proteins and polyphenolic compounds. A similar result was observed in *Vaccinium myrtillus* fruits by Jaakola et al. (2001). This reagent is composed of phenol, which may cause damage to the poly-A tail of the extracted mRNA (AZEVEDO; LINO-NETO; TAVARES, 2003) and thus hinder the synthesis of DNA and future analyses. Nevertheless, it may be observed in the individual tissue analyses (Table 1) that leaf tissue presents the best quality in almost all the methods, with the presence of few polyphenols.

Fruits, with high levels of phenolic compounds, polysaccharides, and RNases (JAAKOLA et al., 2001), hinder the extraction process. These polysaccharides form a gelatinous structure that precipitates during extraction, affecting both the quantity and the quality of RNA (SHARMA; GILL; SINGH, 2003). However, only the hot borate and CTAB methods efficiently removed these contaminants, presenting A260/A230 ratios larger than 1 (Table 1) as found in the same tissues by Oliveira et al. (2010) due to the action of previously discussed substances added to these methods.

In terms of sample integrity, a relation between integrity and quality may be observed in Figure 1, showing that the methods with satisfactory quality also exhibited integrity of the 28S and 18S bands, characteristic of rRNA.

An expression profile was visible in the methods extracted with the Concert, hot borate, and CTAB methods, determining the quality of these samples (Figures 2 and 3). After treatment with DNase and cDNA synthesis, the samples extracted with the Tri Reagent, despite low quantity and quality, were good enough to perform RT-qPCR; nevertheless, expression patterns characteristic of degraded samples were observed in a few samples, possibly in consequence of the Tri Reagent inaptitude to remove all the contaminants from the sample, hindering the amplification of the desired fragment. Alternatively, the protocol was not efficient enough to wash away all the interfering substances for the reaction, considering that real-time PCR has high detection sensitivity and that these contaminants may interfere in observing expression.

Figures 2 and 3 show that the hot borate, Concert, and CTAB extraction methods efficiently eliminated any contaminant that could potentially obstruct the reaction, because the expression of genes GAPDH and 14.3.3 was observed (as expected for constitutive genes of coffee) (BARSALOBRES-CAVALLARI et al., 2009).

TABLE 1 – Comparison of the quality of RNAs isolated from different tissues through four methodologies. The data represent the SE of three biological replicates.

	Hot Borate			*CTAB*		
Tissues	**Quantity (ng/µL)**	**Purity A_{260}/A_{280}**	**Purity A_{260}/A_{230}**	**Quantity (ng/µL)**	**Purity A_{260}/A_{280}**	**Purity A_{260}/A_{230}**
Root	301 ± 52	1,5 ± 0,12	1,2 ± 0,01	176 ± 37	2,1 ± 0,02	2,1±0,18
Leaf	635 ± 60	2,1 ± 0,02	2,0 ± 0,03	2796 ±761	2,0 ± 0,06	2,1 ± 0,08
Flower	782 ±179	2,0 ± 0,04	1,1 ± 0,07	4176 ± 52	1,4 ± 0,14	1,5 ± 0,16
Fruit	225 ± 46	1,9 ± 0,08	1,5 ± 0,19	3109± 74	2,1 ± 0,03	1,7 ± 0,08
	Concert™			*Tri Reagent®*		
Tissues	**Quantity (ng/µL)**	**Purity A_{260}/A_{280}**	**Purity A_{260}/A_{230}**	**Quantity (ng/µL)**	**Purity A_{260}/A_{280}**	**Purity A_{260}/A_{230}**
Root	776 ± 106	1,6 ± 0,04	0,6 ± 0,08	327 ± 53	1,3 ± 0,03	0,7 ± 0,13
Leaf	2045 ± 176	1,9 ± 0,06	1,1 ± 0,16	647 ± 80	1,6 ± 0,06	0,5 ± 0,09
Flower	1141 ± 20	1,9 ± 0,10	0,7 ± 0,02	1197± 149	1,3 ± 0,07	0,5 ± 0,03
Fruit	430 ± 33	1,4 ± 0,06	0,5 ± 0,11	481 ± 175	1,0 ± 0,03	0,7 ± 0,24

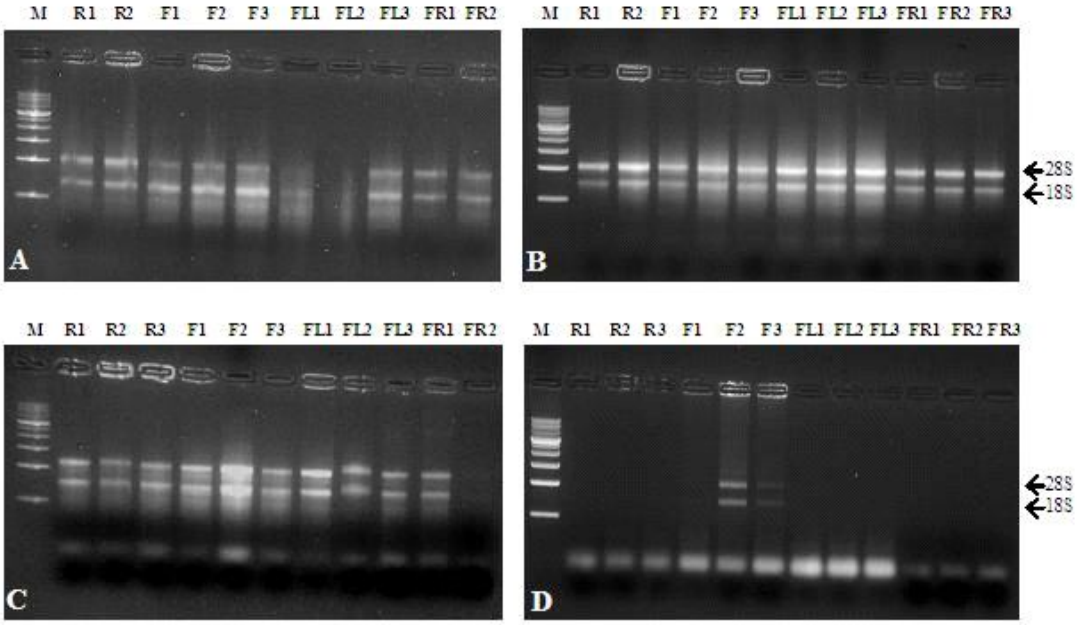


FIGURE 1 – 1.2% agarose gel stained with ethidium bromide. The used samples were treated with DNase and 2 µL were applied to the gel. A – extraction through the hot borate method; B – CTAB; C – Concert; D- Tri Reagent. M –1 Kb molecular marker; *Coffea arabica* tissues: 1-3 (biological repetitions). R (1-3) root; F (1-3) leaf; FL (1-3) flower; FR (1-3) fruit.

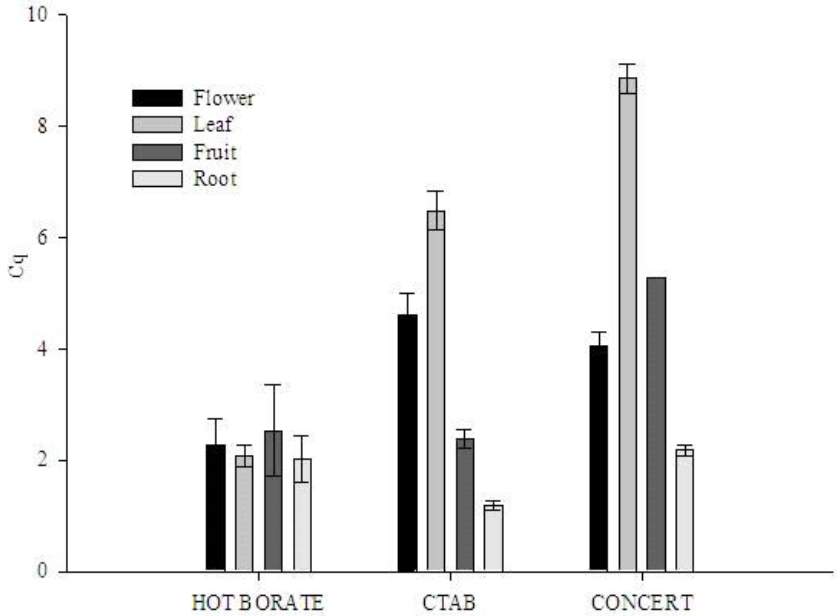


FIGURE 2 – Example expression pattern of the endogenous gene GAPDH, normalized with 14.3.3, in coffee tissues (flower, leaf, fruit, and root), using different extraction methods. The values represent the average of the expression values of the biological triplicates.

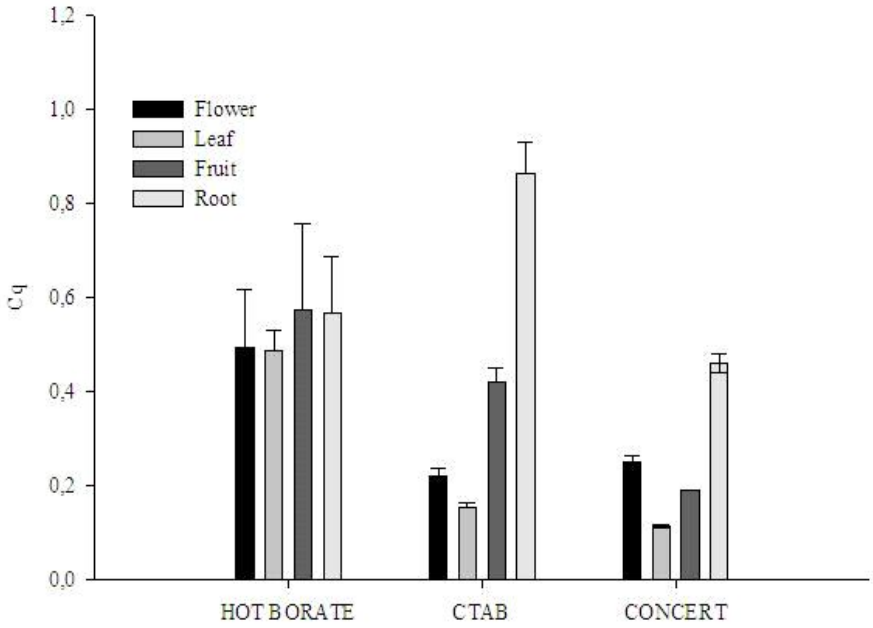


FIGURE 3 – Example expression pattern of the endogenous gene 14.3.3, normalized with GAPDH, in coffee tissues (flower, leaf, fruit, and root), using different extraction methods. The values represent the average of the expression values of the biological triplicates.

Although the extraction from a few coffee tissues using the Tri Reagnet method did not produce RNAs with good enough quality to be submitted to real-time PCR analysis, it was observed that the leaf RNA samples were sufficient for this analysis (data not shown). This may be explained by the fact that coffee leaf tissue does not present as many metabolic compounds and contaminants as the other tissues used in this work.

It may be inferred through the analysis of Table 1 and Figure 1 that the coffee leaf tissue generated quality RNA samples when all four protocols were used. However, when comparing the extraction methods for coffee leaf, flower, root, and fruit tissues, the best results were observed for the CTAB method. Considering it is a macroextraction method, the availability of a larger quantity of plant material is necessary. The Concert and hot borate methods were also efficient in quality RNA extraction for real-time PCR analysis, but besides being cheaper, the hot borate also presented samples with superior quality than those from the Concert extraction method.

4 CONCLUSIONS

The use of certain components in the hot borate, CTAB, and Concert extraction methods yielded RNAs of root, leaf, flower, and fruit with few contaminants, not interfering in the RT-qPCR quantitative analysis.

The CTAB method was considered as the one that generated RNAs with the best quality in all tissues and during the entire manipulation process.

Extraction with Tri Reagent presented contamination on most of the samples, being considered an inefficient method for obtaining high-quality coffee RNA.

All methods efficiently extract RNA from coffee leaf, including the Tri Reagent method, and may be used to obtain high-quality RNA.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to acknowledge the Central Laboratory of Molecular Biology (LCBM) for the support as well as Gabriel Sérgio Costa Alves for his helping with the analysis.

6 REFERENCES

ASIF, M. et al. Isolation of high-quality RNA from apple (*Malus domestica*) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 15, p. 5227-5229, June 2006.

AZEVEDO, H.; LINO-NETO, T.; TAVARES, R. M. An improved method for high quality RNA isolation from needles of adult maritime pine trees. **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 21, n. 4, p. 333-338, Dec. 2003.

BARRETO, H. G. et al. In silico and quantitative analyses of the putative FLC-like homologue in coffee (*Coffea arabica* L.). **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 30, p. 29-35, Feb. 2012.

BARSALOBRES-CAVALLARI, C. F. et al. Identification of suitable internal control genes for expression studies in *Coffea arabica* under different experimental conditions. **BMC Molecular Biology**, Bethesda, v. 10, n. 1, p. 1-11, Jan. 2009.

BIRTIC, S.; KRANNER, I. Isolation of high-quality from polyphenol, polysaccharide and lipid-rich seeds. **Phytochemical Analysis**, Kew, v. 17, n. 3, p. 144-148, Mar. 2006.

CARDILLO, A. B.; GIULIETTI, A. M.; MARCONI, P. L. Analysis and sequencing of h6hmRNA, last enzyme in the tropane alkaloids pathway from anthers and hairy root cultures of *Brugmansia candida* (*Solanaceae*). **Electronic Journal of Biotechnology**, Cambridge, v. 9, n. 3, p. 196-198, June 2006.

CHALFOUN, S. M. Controle biológico e metabólitos microbianos bioativos: uma perspectiva da qualidade do café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1071-1085, set./out. 2010.

CHANG, S.; PURYEAR, J.; CAIRNEY, J. A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 11, n. 2, p. 113-116, June 1993.

CHOMCZYNSKI, P.; SACCHI, N. Single-step method of RNA isolation by acid guanidium thiocyanate-phenolchloroform extraction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 162, n. 1, p. 156-159, Apr. 1987.

DAL CIN, V. et al. RNA extraction from plant tissues: the use of calcium to precipitate contaminating pectic sugars. **Molecular Biotechnology**, Totowa, v. 31, n. 2, p. 113-119, July 2005.

DIAS, P. P. et al. Avaliação do desenvolvimento vegetative e do comportamento de mudas de café (*Coffea arabica*) infectadas ou não por uma população fluminense de *Meloidogyne exigua.* **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 1-10, jan./jun. 2009.

FARNEZI, M. M. M. et al. Levantamento da qualidade da bebida do café e avaliação do estado nutricional dos cafeeiros do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais, através do DRIS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1191-1198, set./out. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Country rank in the world, by commodity.** Disponível em: <http://www.faostat.fao.org>. Acesso em: 10 jan. 2011.

GEUNA, F.; HARTINGS, H.; SCIENZA, A. A new method for rapid extraction of high quality RNA from recalcitrant tissues of grapevine. **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 16, n. 1, p. 61-67, Mar. 1998.

JAAKOLA, L. et al. Isolation of high quality RNA from bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruit. **Molecular Biotechnology**, Washington, v. 19, n. 2, p. 201-203, Oct. 2001.

KOMJANC, M. et al. A leucine-rich repeat receptor-like protein kinase (LRPKm1) gene is induced in *Malus* x *domestica* by *Venturia inaequalis* infection and salicylic acid treatment. **Plant Molecular Biology**, Athens, v. 40, n. 6, p. 945-957, Aug. 1999.

LIMA, A. A. et al. In silico characterization of putative members of the coffee (*Coffea arabica*) ethylene signaling pathway. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 2, p. 1277-1289, June 2011.

LOGEMANN, J.; SCHELL, J.; WILLMITZER, L. Improved method for isolation of RNA from plant tissue. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 163, n. 1, p. 16-20, May 1987.

MALNOY, M. et al. A method for isolating total RNA from pear leaves. **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 19, n. 1, p. 69a-69f, Mar. 2001.

MANNING, K. Isolation of nucleic acid from plants by differential solvent precipitation. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 195, n. 1, p. 45-50, May 1991.

MARTINS NETO, F. L.; MATSUMOTO, S. N. Qualidade do solo e nutrição de plantas em sistemas de produção de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 206-213, set./dez. 2010.

MEISEL, L. et al. A rapid and efficient method for purifying high quality total RNA from peaches (*Prunus persica*) for functional genomics analyses. **Biological Research**, Santiago, v. 38, n. 1, p. 83-88, Jan. 2005.

MIRANDA, J. C. et al. Progresso da ferrugem na cafeicultura orgânica e convencional. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 1-9, jan./abr. 2010.

MORAIS, H. et al. Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 257-260, jan. 2008.

OLIVEIRA, R. R. et al. In silico and quantitative analyses of MADS-Box genes in *Coffea arabica* . **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 28, n. 3, p. 410-416, Jan. 2010.

PAIVA, R. N. et al. Comportamento agronômico de progenies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, jan./abr. 2010.

PEDROSO, T. Q. et al. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 155-164, jul./dez. 2009.

REZENDE, F. C. et al. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 229-237, set./dez. 2010.

ROGERS, S. O.; BENEDICH, A. J. **Plant molecular biology manual**. Netherlands: Kluwer Academic, 1994. 8 p.

RUBIO-PIÑA, C.; VAZQUEZ-FLOTA, D. Isolation of functional total RNA from Argemone mexicana tissues. **Plant Biotechnology**, Santiago, v. 11, n. 4, p. 1-5, Oct. 2008.

SALZMAN, R. A. et al. An improved RNA isolation method for plant tissues containing high levels of phenolic compounds or carbohydrates. **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 17, n. 1, p. 11-17, Mar. 1999.

SERA, G. et al. Resistência à ferrugem alaranjada em cultivares de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 94, set. 2010.

SHARMA, A. D.; GILL, P. K.; SINGH, P. RNA isolation from plant tissues rich in polysaccharides. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 314, n. 2, p. 319-321, Mar. 2003.

SUZUKI, M.; KETTERLING, M. G.; MCCARTY, D. R. Quantitative statistical analysis of *cis*-regulatory sequences in ABA/VP1- and CBF/DREB1-regulated genes of arabidopsis. **Plant Physiology Review**, Washington, v. 139, n. 1, p. 437-447, Aug. 2005.

VALENZUELA-AVENDAÑO, J. P. et al. Use of a simple method to isolate intact RNA from partially hydrated Selaginella lepidophylla plants. **Plant Molecular Biology Reporter**, New York, v. 23, n. 2, p. 199-201, June 2005.

WAN, C. Y.; WILKINS, T. A. A modified hot borate method significantly enhances the yield of high-quality RNA from cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Analytical Biochemistry**, New York, v. 233, n. 1, p. 7-12, Jan. 1994.

ZAMBONI, A.; PIERANTONI, L.; FRANCESCHI, P. de. Total RNA extraction from strawberry tree (*Arbutus unedo*) and several other woody-plants. **Journal of Biogeosciences and Forestry**, Bologna, v. 1, n. 1, p. 122-125, Aug. 2008.