ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Volume 8, Número 4, 2013

ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Endereço/*Address*

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 e 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*
Embrapa Informação Tecnológica - Brasília, DF.

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
Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA

Coffee Science. – Vol . 8, n. 3 (jul./set. 2013)- . – Lavras:
Universidade Federal de Lavras, 2013- .
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. Trimestral: a partir do v. 8, n. 1, 2013. Início: 2006.
ISSN: 1809-6875

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

CDD-633.73

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*
Patrícia Carvalho de Moraes, Renata de Lima Rezende

Revisão de Português/*Portuguese language review*
Jane Cherem

Revisão de Inglês/*English language review*
Gustavo Moreira de Mattos

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

Nomenclatura Científica/*Scientific Nomenclature*
Douglas Antônio de Carvalho

COFFEE SCIENCE, Lavras, v. 8, n. 4, p. 389-538, out./dez. 2013

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
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 Atributos físicos do solo e sua relação espacial com aprodutividade do café Arábica
Physical attributes of soil and its relation with spaceproductivity of coffee arabic
Samuel de Assis Silva, Julião Soares de Souza Lima..... 395

02 Controle químico da broca-do-café com cyantraniliprole
Chemical control of the coffee berry borer with cyantraniliprole
Júlio César de Souza, Paulo Rebelles Reis[2], Rogério Antônio Silva, Thiago Alves Ferreira de Carvalho, Andreane Bastos Pereira..... 404

03 Características vegetativas e produtivas de cafeeiros em diferentes supressões de irrigação e faces de exposição.
Coffee productive and vegetative traits characteristics under different deletions of irrigation and side exposure to sun.
Anselmo Augusto de Paiva Custódio, Leandro Borges Lemos, Fábio Luiz Checchio Mingotte, Tatiana Pagan Loeiro da Cunha, Antônio Carlos de Almeida Carmeis Filho, José Carlos Barbosa..... 411

04 Planejamento amostral de propriedades químicas do solo em lavoura de café Conilon
Planning sample of chemical soil properties on a Conilon coffee plantation
Eduardo Oliveira de Jesus Santos, Ivoney Gontijo, Marcelo Barreto da Silva..... 423

05 Vegetative vigor conilon coffee and its potential for *in vitro* callus induction
Vigor vegetativo de café conilon e seu potencial para indução de calos *in vitro*
Maurício Reginaldo Alves dos Santos, Maria das Graças Rodrigues Ferreira, Carla Liegi Lonardoni Gomes de Oliveira, André Rostand Ramalho, Marcelo Curitiba Espíndula..... 432

06 A decision support system to aid the calculation of the cost of the post-harvest processing of coffee
Pós-Café: um sistema de apoio à decisão para o cálculo do custo da pós-colheita do café
Rafael Vargas Mesquita dos Santos, Henrique Duarte Vieira, Flávio Meira Borém, Eder Pedroza Isquierdo..... 439

07 Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo de café, na região sul do Espírito Santo
Physical soil atributes in different coffee management systems in the southern region of espirito santo
André Thomazini, Humberto Carlos Almeida de Azevedo, Patrick Leal Pinheiro, Eduardo de Sá Mendonça..... 450

08 Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros
Influence of cultivation spacing and two pruning times on stem carbohydrate levels in coffee
Sérgio Parreiras Pereira, Danielle Pereira Baliza, Meline Oliveira Santos, José Donizeti Alves, Rubens José Guimarães..... 460

09 Atributos químicos do solo em sistemas de adubação orgânica de café conilon
Chemical attributes of soil organic fertilizer on systems of coffee conilon
Victor Maurício da Silva, Alex Fabian Rabelo Teixeira, Edvaldo Fialho dos Reis, Antônio Carlos Benassi, Eduardo de Sá Mendonça..... 469

10 Caracterização e uso da variabilidade genética de banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner
Characterization and use of genetic variability of bank active germplasm *Coffea canephora* Pierre ex Froehner
Rodrigo Barros Rocha, Diogo dos Santos Vieira, André Rostand Ramalho, Alexsandro Lara Teixeira..... 478

11 Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco de galinha, em substituição à adubação mineral
Fertilizers organic coffee, with use of chicken manure in replacing the mineral fertilizer
André Luís Teixeira Fernandes, Felipe Santinato, Rodrigo Ticle Ferreira, Roberto Santinato..... 486

12 Crescimento e qualidade de mudas de café conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento
Growth and quality of conilon coffee seedlings produced at different containers and shading levels
Maria Christina J. D. Dardengo, Elias Fernandes de Sousa, Edvaldo Fialho dos Reis, Geraldo de Amaral Gravina..... 500

13 Avaliação do grau de conformidade visando à inserção dos cafeicultores na certificação e comércio justo (*fair tarde*)
Assessing the degree of conformity aiming at integration of farmers in the certification and fair trade
Sara Maria Chalfoun de Souza, Samantha Brettas Oliveira, Fernanda Carvalho Costa, Paulo Cesar Avelino Novais..... 510

14 Viabilidade técnica e econômica da cafeicultura consorciada com mamão no norte de Minas Gerais
Economic and technical feasibility of coffee intercropped with papaya in Northern Minas
Vânia Aparecida Silva, Matheus de Figueiredo Braga Colares, Fabrício Teixeira Andrade, Luiz Antonio Lima..... 519

15 Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes primários para cafeeiros fertirrigados no primeiro ano pós-plantio
Critical ranges of levels for primary leaf macronutrient coffee fertirrigated during the first year after planting
Clayton Grillo Pinto, Rubens José Guimarães, Gabriel Mendes Villela, Myriane Stella Scalco..... 530

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO ESPACIAL COM A PRODUTIVIDADE DO CAFÉ ARÁBICA

Samuel de Assis Silva[1], Julião Soares de Souza Lima[2]

(Recebido: 16 de julho de 2012; aceito: 28 de junho de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, determinar a distribuição dos atributos físicos do solo e avaliar a sua relação espacial com a produtividade do café arábica, utilizando para isso, métodos de geoestatística multivariada. O experimento foi realizado em uma área cultivada há cinco anos com *Coffea arabica* L. cv. Catuaí, em um Latossolo Vermelho-amarelo húmico. Para o mapeamento do solo e o levantamento da produtividade da cultura, construiu-se uma malha de amostragem, totalizando 100 pontos georreferenciados. Os atributos físicos estudados foram as frações granulométricas (areia grossa, areia fina, silte e argila) e a densidade do solo. A produtividade foi avaliada pontualmente, determinando-se os valores de produção de café beneficiado. Os dados foram analisados pela estatística descritiva e exploratória, e a relação entre os atributos físicos e a produtividade foram analisadas pela correlação linear de Pearson. Em seguida, os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência e, nesse caso, quantificar o grau de dependência espacial dos atributos e da produtividade e da relação entre esses. A produtividade do café se correlacionou com os atributos físicos do solo, com exceção do silte, uma vez que foi registrada correlação positiva com as demais frações granulométricas e negativa com a densidade do solo. Tanto a produtividade quanto os atributos físicos do solo apresentaram distribuição espacial, com elevada continuidade espacial. A cokrigagem foi eficiente para mapear a distribuição espacial da produtividade, utilizando-se como covariáveis os atributos físicos do solo.

Termos para indexação: Geoestatistica, variabilidade espacial, cokrigagem, *Coffea arabica* L.

PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND ITS RELATION WITH SPACE PRODUCTIVITY OF COFFEE ARABIC

ABSTRACT: *The aim of this study was to determine the distribution of soil physical properties and assess their spatial relationship to the productivity of arabica coffee, using it, multivariate geostatistics. The experiment was conducted in a cultivated area five years ago with Coffea arabica L. Catuaí in an humic dystrophic Red-Yellow. For mapping soil and raising crop productivity, we constructed a sampling grid, totaling 100 georeferenced points. The physical attributes studied were the fractions (coarse sand, fine sand, silt and clay) and soil bulk density. Data were analyzed using descriptive statistics and exploratory, and the relationship between physical attributes and yield were analyzed by Pearson correlation. hen the data were subjected to geostatistical analysis in order to verify the existence and, if so, to quantify the degree of spatial dependence of attributes and productivity and the relationship between them. The productivity of coffee correlated with soil physical properties except silt, since it was recorded positive correlation with the other textural and negative fractions with soil density. Both productivity and physical soil properties showed spatial distribution with high spatial continuity. The "cokriging" was efficient to map the spatial distribution of productivity, using as covariates the physical attributes of the soil.*

Index terms: *Geostatistics, spatial variability, cokriging, Coffea arabica L.*

1 INTRODUÇÃO

Os atributos físicos, como a textura e a densidade dos solos, são considerados bons indicadores da qualidade dos sistemas agrícolas (SANCHEZ et al., 2005). A sua variação tem potencial para influenciar, de forma decisiva, o manejo a ser adotado nas áreas cultivadas, além de ter importante papel na expressão produtiva das culturas (NUNES et al., 2010).

O conhecimento sobre a distribuição granulométrica de partículas sólidas do solo é essencial em várias situações, como na determinação da textura, em estudos sobre compactação e movimentação de água e, consequentemente, para compreensão dos processos erosivos que envolvem transporte e deposição de partículas, inclusive de nutrientes essenciais ao desenvolvimento e produtividade das plantas (SILVA; LIMA; ZUCOLOTO, 2011).

Nas paisagens naturais, os solos apresentam heterogeneidade tanto no sentido vertical (profundidade) como no sentido horizontal, resultante das interações dos seus fatores de formação, dados por clima, organismos, relevo, material de origem e tempo (NOVAIS FILHO et al., 2007). Em diferentes estudos, no entanto, o comportamento desses atributos é, erroneamente, considerado como aleatório (WEBSTER, 2000), e sua influência sobre as características das culturas agrícolas considerados como sistemático.

[1]Universidade Estadual de Santa Cruz/UESC - Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais/DCAA - 54.662-900 - Ilhéus - BA sasilva@uesc.br
[2]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de engenharia Rural/ERU - 29.000-500 - Alegre - ES limajss@yahoo.com.br

Em razão do comportamento regionalizado dos atributos de solo, a caracterização da variabilidade espacial é essencial para um melhor entendimento das inter-relações existentes entre solo e planta, principalmente no que diz respeito à produtividade das culturas. Dessa forma, avaliar de forma conjunta a variação espacial desses diferentes atributos tem se tornado importante ferramenta na determinação de estratégias de manejo do solo, que procuram aumentar a produtividade agrícola (MINASNY; MCBRATNEY, 2007; SILVA; LIMA, 2012; SILVA; LIMA; SOUZA, 2010).

A cokrigagem descreve a variação espacial e/ou temporal simultânea de duas variáveis aleatórias que estão fortemente associadas entre si, sendo aplicada em situações em que existe dependência espacial para cada variável em estudo e também entre elas (SILVA et al., 2010). Han, Schneider e Evans (2003) sugerem que a técnica da cokrigagem fornece estimativas melhores do que o método de krigagem ordinária, desde que as funções do variograma cruzado sejam definidas de forma precisa.

Objetivou-se, neste estudo, determinar a distribuição dos atributos físicos do solo e avaliar a sua relação espacial com a produtividade do café arábica, utilizando, para isso, métodos de geoestatística multivariada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área cultivada há cinco anos com *Coffea arabica* L. cv. Catuaí, com espaçamento de 1,0 x 0,50m. A área apresenta diferença de nível acentuada com 30º de declividade média, e está localizada no município de Reduto, região leste do estado de Minas Gerais, a 20º 45’ 45,4’ de latitude S e 41º 32’ 9,75’ de longitude W. O solo é um Latossolo Vermelho Amarelo húmico com horizonte A bastante espesso e rico em matéria orgânica, conforme classificação apresentada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006).

A área vem sendo cultivada há vários anos com café, entretanto a lavoura atual foi implantada há cerca de cinco anos. O cultivo da área sempre foi realizado no sistema convencional, com fertilização química, utilização de produtos fitossanitários e ausência de sistemas de irrigação e mecanização. Por se tratar de área inclinada, sujeita a processos de erosão, o plantio do café é feito em curvas de nível, de forma a evitar a perda de solo provocada pelo escoamento superficial.

O manejo da fertilização é realizado anualmente, em três parcelamentos, com base nos resultados obtidos na análise de solo, sendo a suplementação feita através de formulados contendo os macronutrientes N, P e K. Na última adubação, utilizou-se o formulado 20-00-20, na dosagem de 350g por planta.

Para o mapeamento do solo e o levantamento da produtividade da cultura, construiu-se uma malha de amostragem, totalizando 100 pontos georreferenciados (Figura 1). Cada ponto amostral, com uma área de 6 m^2, foi composto de três plantas, sendo as amostragens de solo, na profundidade de 0-0,20 m, realizadas na projeção da copa de cada planta com o auxílio de uma sonda inoxidável, gerando três subamostras, as quais foram homogeneizadas para formar uma amostra composta representativa do ponto.

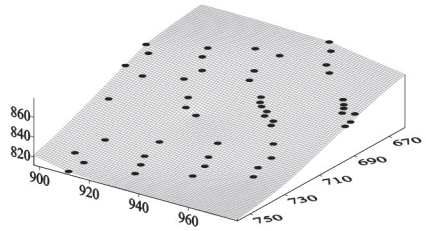


FIGURA 1 - Modelo digital de elevação (MDE) da área em estudo, com a distribuição dos pontos amostrais.

Os atributos físicos estudados foram as frações granulométricas (areia grossa, areia fina, silte e argila) e a densidade do solo. A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta com agitação lenta, seguido pelo ensaio de sedimentação em tubos de ensaio, de acordo com a lei de Stokes. A densidade foi determinada pelo método do anel volumétrico. As análises físicas do solo foram realizadas conforme metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997).

A colheita do café foi realizada em cada ponto amostral por derriça manual. Para tal foram coletados todos os grãos de café das três plantas que compunham o ponto amostral, gerando três subamostras, as quais foram homogeneizadas para formar uma amostra composta representativa do mesmo.

A produção foi avaliada, fazendo-se a pesagem do café colhido de cada pono amostral. Para converter a produção de café úmido em café beneficiado, foi retirada da massa colhida, em cada ponto amostral, uma amostra de 1,0 kg, que foi colocada em estufa a 70º C até atingir ±12%

de umidade. Com o café já seco, efetuou-se o beneficiamento e o cálculo do rendimento (relação café úmido/café beneficiado), convertendo os valores de produção em produtividade de café beneficiado por hectare, de acordo com Tomaz et al. (2005).

Os valores encontrados foram analisados por meio das medidas de posição e dispersão na análise da estatística descritiva e exploratória, bem como o teste Shapiro-Wilk's ($p<0,05$), para testar a normalidade (SHAPIRO; WILK, 1965). Realizou-se também uma análise de correlação de Pearson, de forma a verificar a relação entre os atributos físicos do solo e a produtividade do café.

Em seguida, os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência e, neste caso, quantificar o grau de dependência espacial, a partir do ajuste de funções teóricas aos modelos de variogramas experimentais, com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca, conforme equação 1:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que: *N(h)* é o número de pares experimentais de observações *Z(xi)*, *Z(xi+h)*, separados por um vetor *h*. No ajuste dos modelos teóricos aos variogramas experimentais, determinou-se os coeficientes efeito pepita (C_0), patamar (C_0 + C_1), variância estrutural (C_1) e alcance (A_0) pelo software GS^+. Na análise geoestatística, testaram-se os modelos experimentais gaussiano, esférico, exponencial e linear. Na escolha dos modelos utilizou-se o critério dos mínimos quadrados, optando-se na seleção dos modelos com maior valor de R^2 (coeficiente de determinação), menor SQR (soma de quadrado dos resíduos) e maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada (VIEIRA, 2000).

Para análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizada a relação $C_1/(C_0 + C_1)$ e os intervalos propostos por Cambardella et al. (1994), que considera a dependência espacial forte (IDE < 25%); moderada (25% ≤ IDE < 75%) e fraca (IDE ≥ 75%).

Para estimar valores dos atributos físicos do solo e a produtividade do café em locais não amostrados e confeccionar os mapas temáticos, utilizou-se a krigagem ordinária. Esse interpolador geoestatístico utiliza-se de um estimador linear não viciado com mínima variância e leva em consideração a estrutura de variabilidade espacial encontrada para o atributo, sendo definido pela seguinte equação:

$$z^*(x_i, x_i + h) = \sum_{i=1}^{n} \lambda i Z(x_i, x_i + h) \quad (2)$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{i=1}^{n} \lambda i = 1 \quad (3)$$

em que *Z*(xi, xi+h)* é o estimador para um ponto *(xi, xi+h)* da região, e *λi* são os pesos usados na estimativa (VIEIRA, 2000).

Para espacialização da produtividade em função dos atributos físicos do solo, utilizou-se a extensão multivariada da krigagem, conhecida como cokrigagem. Essa estimativa pode ser mais precisa do que a krigagem de uma variável simples, quando o variograma cruzado mostrar dependência entre as duas variáveis (VIEIRA, 2000).

Na cokrigagem, para estimar valores, Z_2*, para qualquer local, X_0, o valor estimado deve ser uma combinação linear de ambos Z_1 e Z_2 , ou seja:

$$z_2^*(x_0) = \sum_{i=1}^{N1} \lambda_{1i} z(x_{1i}) + \sum_{j=1}^{N2} \lambda_{2j} z_2(x_{2j}) \quad (4)$$

em que N_1 e N_2 são os números de vizinhos de Z_1 e Z_2 , respectivamente, e l_1 e l_2 são os pesos associados a cada valor de Z_1 e Z_2 . Tomando $z_1(x_{1i})$ e $z_2(x_{2j})$ como sendo uma realização das funções aleatórias $Z_1(X_{1i})$ e $Z_2(X_{2j})$, respectivamente, e assumindo estacionaridade de ordem 2, o estimador pode ser reescrito em:

$$Z_2^*(x_0) = \sum_{i=1}^{N1} \lambda_{1i} Z(X_{1i}) + \sum_{j=1}^{N2} \lambda_{2j} Z_2(X_{2j}) \quad (5)$$

expressando que a estimativa da variável Z_2 deverá ser uma combinação linear de ambos Z_1 e Z_2, com os pesos λ_1 e λ_2 distribuídos de acordo com a dependência espacial de cada uma das variáveis entre si e a correlação cruzada entre elas (VIEIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados obtidos pela análise estatística descritiva (Tabela 1), observa-se que os valores das medidas de tendência central (média e mediana) foram bem próximos, indicando distribuição simétrica, confirmada pelos valores de simetria próximos de zero. De acordo com Isaaks

e Srivastava (1989), o coeficiente de assimetria é mais sensível a valores extremos do que a média, mediana e o desvio padrão, uma vez que um único valor pode influenciar fortemente o coeficiente de assimetria, pois os desvios entre cada valor e a média são elevados à terceira potência. Igualmente ao coeficiente de assimetria, os coeficientes de curtose foram próximos de zero. Tais resultados indicam distribuição normal dos dados, o que foi confirmado pelo teste de Shapiro-Wilks, ao nível de significância de 5%.

A variabilidade dos dados, analisada exclusivamente pelos valores do coeficiente de variação (CV), apresentou baixa variação para todas as variáveis com exceção do silte e da produtividade em que a variação foi média, de acordo com a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), de baixa para CV < 12% ; média de 12% < CV < 60% e alta para CV > 60%. Esses resultados corroboram, de forma geral, com os obtidos por Kitamura, Carvalho e Lima (2007), Lima e Carvalho (2009), Montezano, Corazza e Muraoka (2006) e Souza et al. (2004).

Com base nos valores médios de proporção de argila, silte e areia e baseado no modelo de identificação de classes texturais de amostras de solo (triângulo textural) apresentada por EMBRAPA (2006), é possível classificar o perfil do solo como textura argilosa, porém próximo à classe franco-arenosa.

O valor médio de densidade do solo foi baixo, o que, de acordo com Stone, Guimarães e Moreira (2002) é um indicativo de bom volume de macroporos no solo, reduzida resistência à penetração das raízes, aumento na concentração de oxigênio, difusão mais rápida de nutrientes e de oxigênio e maior taxa de mineralização da matéria orgânica.

A análise de correlação de Pearson evidencia correlação linear significativa (Figura 2) entre a produtividade da cultura e as frações granolométricas areia grossa, areia fina, argila e densidade, ao nível de significância de 5%, pelo teste t de Student.

A correlação foi negativa apenas para o conjunto densidade-produtividade, indicando maior produção em locais onde a densidade do solo foi menor. No caso da granulometria, a correlação positiva da produtividade com a fração areia, bem como com a fração argila, está muito relacionada à extruturação do solo. Lima e Carvalho (2009) afirmam que, outras propriedades físicas, como a consistência, estabilidade dos agregados, infiltração e aeração, são bastante afetadas pela granulometria do solo, promovendo, no geral, alterações na produtividade vegetal.

Em geral, solos de textura argilosa, são solos pesados, que apresentam baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água, com maior força de coesão entre as partículas (SANTOS et al., 2005). Entretanto, a relação argila/areia total do solo em estudo foi de 0,99, e o teor de silte praticamente insignificante, o que confere a esse solo boa estrutura e condições físicas ideais para o bom desenvolvimento vegetal. Resende et al. (2002) afirmam que a fração silte, pelo tamanho diminuto da partícula, tem grande potencialidade para a obstrução de poros, porém em solos, mesmo de textura argilosa, se o teor de silte for baixo, os problemas de permeabilidade são reduzidos. Além disso, solos com elevado teor de areia permitem um acréscimo nas taxas de infiltração de água, bem como nas características físicas relacionadas a essa (SPOHR et al., 2009).

TABELA 1 - Estatística descritiva dos atributos físicos do solo e produtividade de café arábica.

Atributos	Estatística							
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV(%)	C_s	C_k	w
AG	335,37	336,89	236,29	427,62	10,37	0,17	1,52	ns
AF	130,86	130,69	86,86	205,91	16,51	0,41	1,89	*
SIL	71,53	69,89	20,78	185,05	46,11	0,83	1,31	*
ARG	462,25	463,51	341,20	555,98	9,19	-0,38	0,55	ns
DS	1,00	0,99	0,88	1,19	7,11	0,70	0,65	ns
PROD	6,83	7,07	2,37	10,46	25,80	-0,26	0,27	ns

Areia grossa (AG), Areia Fina (AF), Silte (SIL) e Argila (ARG) em g kg^{-1}; Ds em kg dm^{-3}, CV (%) – coeficiente de variação; s – desvio padrão; C_s – coeficiente de simetria; C_k – coeficiente de curtose; ^{ns} – distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilks, ao nível de significância de 5%.

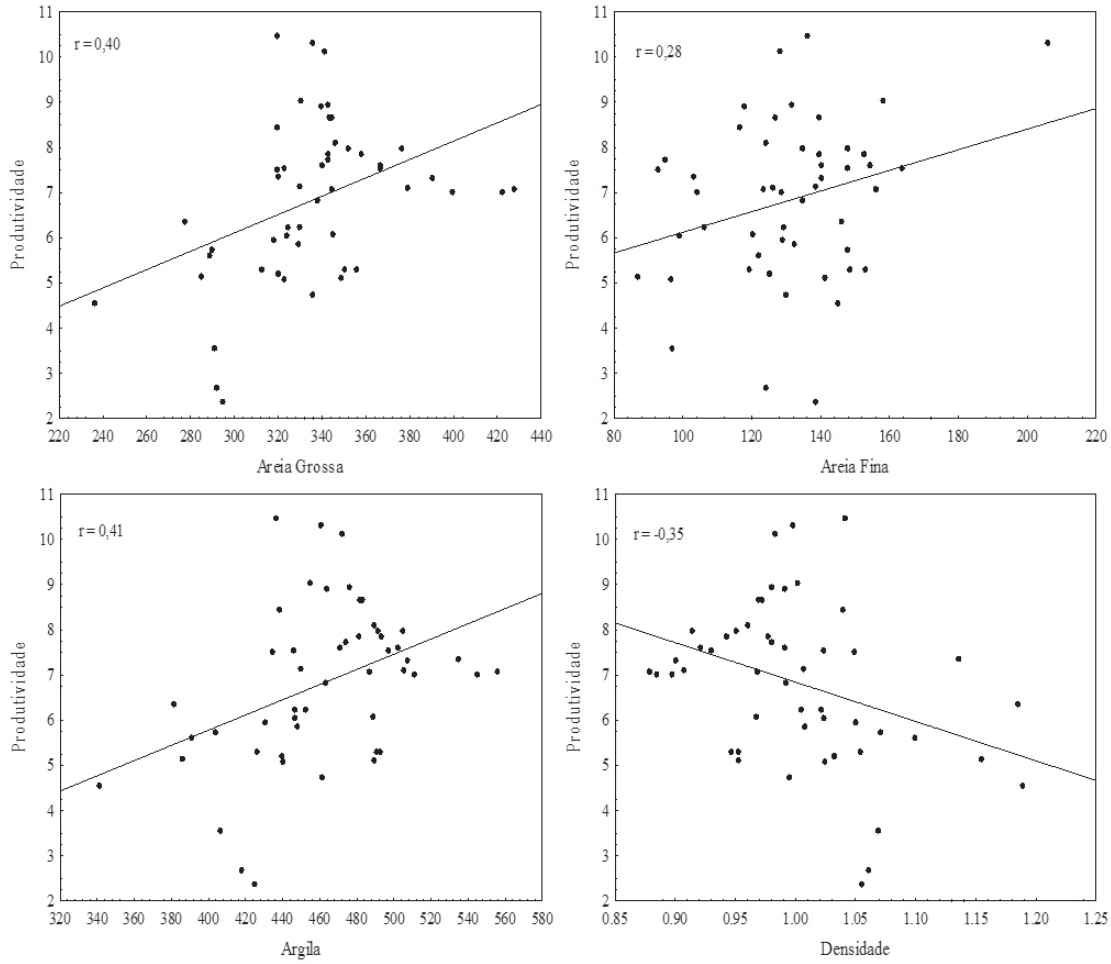


FIGURA 2 - Análise de correlação entre os atributos físicos do solo e a produtividade do café arábica.

Satisfeita a exigência da cokrigagem de que exista correlação linear entre variáveis e co-variáveis, a informação das frações granulométricas e da densidade foram utilizadas como auxiliares na estimativa da produtividade. No caso específico da granulometria, sua utilidade para a cokrigagem eleva-se, uma vez que trata-se de um atributo praticamente estável, dependendo pouco do uso e manejo do solo, e com variabilidade proveniente da sua formação natural (SOUZA et al., 2004) e, dessa forma, exime a necessidade de avaliações anuais, o que reduz muito os custos com amostragem e análise.

Através da análise geoestatística (Tabela 2), verficou-se que, com exceção do silte, existe dependência espacial para todas os atributos físicos, ajustando-se a eles variogramas experimentias univariados. A produtividade, analisada individualmente e em associação com os atributos físicos do solo, também apresentou variabilidade espacial ajustando-se, respectivamente, variograma univariado e variogramas multivariados a essa.

Com exceção da AF e PROD, cujos alcances de semivariância foram baixos (11 e 15 m, respectivamente), os demais atributos e relações apresentaram elevada continuidade espacial, com alcances variando de 70 m (PROD-AF) até 95 m (PROD-ARG). É comum a granulometria apresentar elevada continuidade espacial (SILVA et al., 2010), principalmente devido à sua estabilidade, e a irrisória influência do manejo. O fator decisivo para alteração da distribuição da granulometria do solo é o escoamento superficial, capaz de transportar as partículas texturais para regiões mais baixas da paisagem. Entretanto, Prochnow et al. (2005), constataram que a cultura do cafeeiro é eficiente no controle das perdas de solo, as quais são reduzidas já nos primeiros anos de cultivo, tornando-se insignificantes do quinto ano em diante, independentemente dos espaçamentos empregados.

TABELA 2 - Modelos e parâmetros dos variogramas e crosvariogramas ajustados aos dados.

Atributos	Modelo e Parâmetros						
	Modelo	C_0	C_0+C	A_0	R^2	IDE	R^2 (VC)
AG	Gaussiano	0,07	1,96	75	88	06	78
AF	Esférico	0,35	0,89	11	56	40	35
ARG	Gaussiano	0,07	1,88	80	88	06	60
DS	Gaussiano	0,01	2,08	85	89	01	90
PROD	Gaussiano	0,14	0,91	15	88	15	53
PROD-AG	Gaussiano	0,08	3,30	90	86	02	43
PROD-AF	Esférico	0,29	2,31	70	72	13	43
PROD-ARG	Gaussiano	0,15	2,85	95	89	05	45
PROD-DS	Gaussiano	-0,01	-0,12	90	92	09	40

AG – areia grossa; AF – areia fina; ARG- argila; DS – densidade do solo; PROD – produtividade.

O alcance de 85 m, observado para a DS, indica a sua baixa variação em toda a área de estudo, discordando dos resultados encontrados por Andrade et al. (2005), Roque et al. (2010) e Souza et al. (2004), que encontraram elevada variabilidade para esse atributo. O comportamento obtido da DS na área, dentre outros fatores, pode ser atribuído à ausência de tráfego na área, principalmente de máquinas, o qual é considerado como principal agente compactante (COLLARES et al., 2008).

Para o índice de dependência espacial, apenas a AF foi classificada como de moderada dependência, de acordo com classificação proposta por Cambardella et al. (1994), sendo os demais agrupados na classe de forte dependência. Uma justificativa para o comportamento da AF frente ao IDE, está relacionada ao seu elevado valor de efeito pepita (C_0), o qual reflete a descontinuidade entre valores separados por distâncias menores que o usado no intervalo de amostragem, e também à variação ao acaso (VIEIRA, 2000).

Para a PROD, estimada pelos atributos do solo, os variogramas cruzados apresentam ajuste considerável, reforçando o discutido anteriormente sobre a potencialidade de utilizar esses como covariáveis na estimativa da primeira. Independente do atributo utilizado, o padrão espacial da PROD é mantido, com ajuste ao mesmo modelo de semivariância e com alcances muito próximos, com exceção da AF, em que o alcance foi menor. Tais comportamentos reforçam o discutido anteriormente acerca da potencialidade desses atributos no estudo da produtividade da cultura, permitindo que essa seja estimada de forma satisfatória, como se observa na Figura 3.

A distribuição espacial da produtividade do café na área em estudo segue o mesmo padrão de suas respectivas covariáveis areia (grossa e fina) e argila, sendo inversamente proporcional à distribuição da densidade do solo.

Os mapas de PROD estimados por cokrigagem, tendo como covariáveis a AG, ARG e DS se apresentaram de forma muito semelhante, com valores mínimos e máximos de classe coincidindo praticamente nas mesmas regiões, visto que os variogramas cruzados para esses apresentaram o mesmo padrão espacial. Por outro lado, conforme mencionado anteriormente, em relação ao mapa de cokrigagem, tendo a AF como covariável, houve uma superestimativa da produtividade na região central da área, devido principalmente à elevada variabilidade espacial observada para essa covariável.

Os maiores valores de produtividade são observados nas porções superiores da área em estudo, onde os teores de argila e areia são igualmente superiores. Miranda et al. (2006) associaram a correlação existente entre as frações granulométricas com a produtividade vegetal aos processos de retenção de água no solo, entretanto, para Silva, Lima e Souza (2010a), essa correlação se deve, principalmente, à dinâmica e disponibilidade dos nutrientes minerais, à estruturação do solo e desenvolvimento do sistema radicular das plantas e às relações de adsorção e sorção de nutrientes.

Para a DS, os limites de classes foram muito estreitos devido à sua reduzida variabilidade (maior valor de alcance de semivariância). Esses resultados, associados ao baixo valor médio indicam que, apesar da correlação inversa, a DS não foi um fator limitante para a produtividade da cultura. Stone, Guimarães e Moreira (2002) afirmam que valores reduzidos de DS são um indicativo de boa qualidade do solo.

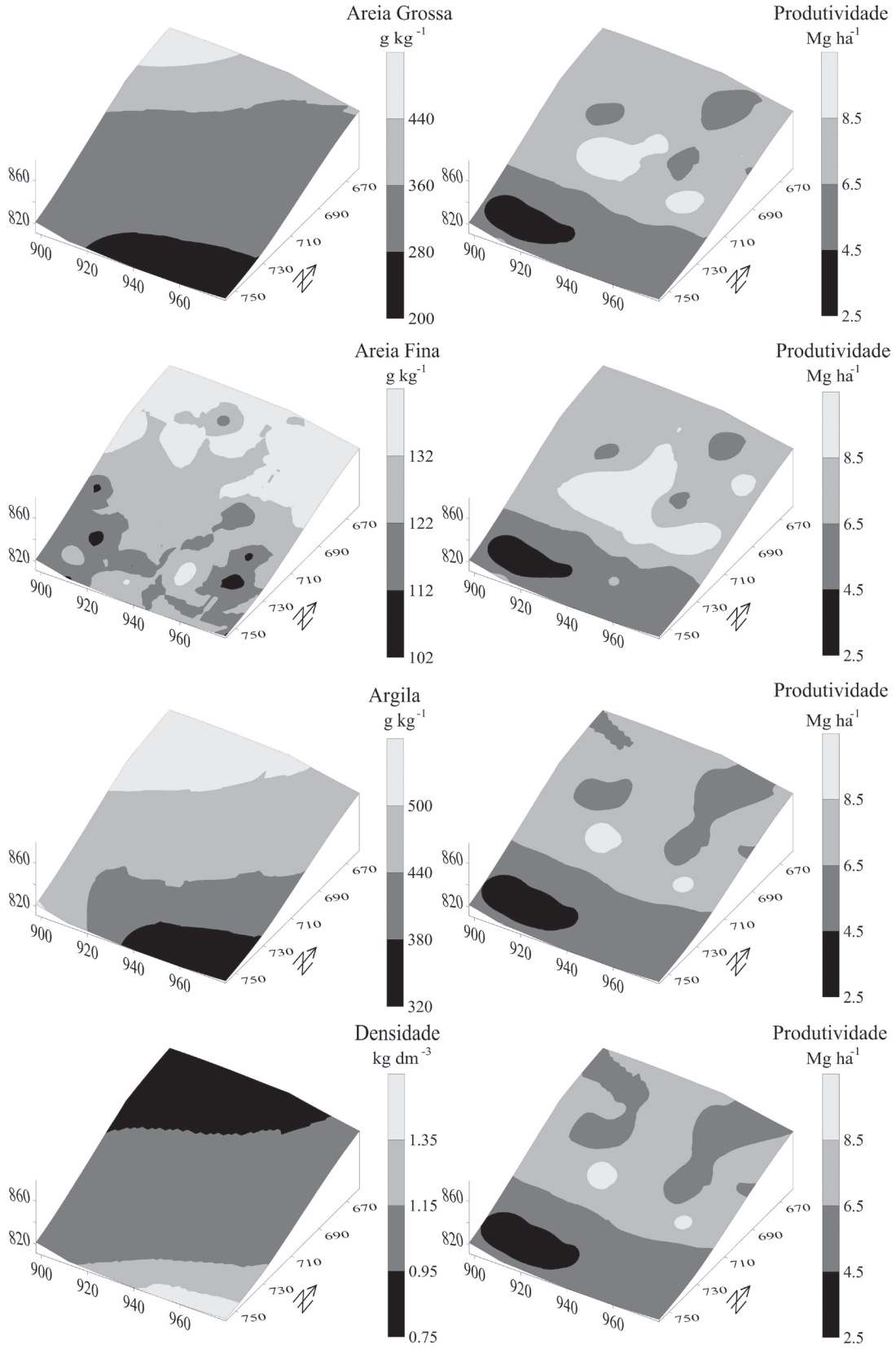


FIGURA 3 - Distribuição espacial dos atributos físicos do solo e as respectivas estimativas de produtividade através da cokrigagem.

No que tange à utilização da cokrigagem para estimativa da produtividade do café, os mapas da Figura 3 não deixam dúvidas da vantagem de utilizar tal técnica, evidenciando a possibilidade de redução de custos em agricultura de precisão, mantendo-se a confiabilidade da informação. Soares (2006) afirma que, com a utilização da cokrigagem, é possível a obtenção de erros de estimativa menores do que os gerados pela krigagem normal, principalmente quando as variáveis envolvidas tiverem variâncias significativamente diferentes, com reduzido desnível de valores entre linhas consecutivas.

4 CONCLUSÕES

A produtividade se correlacionou com os atributos físicos do solo, indicando a existência de uma relação de causa e efeito entre esses.

A produtividade do café é maior em áreas cuja proporção de areia grossa e argila é mais equilibrada.

Práticas de manejo da cafeicultura devem contemplar a redução da densidade do solo, visto que essa contribui para diminuir a produtividade da cultura.

Tanto a produtividade quanto os atributos físicos do solo apresentaram distribuição espacial, com elevada continuidade espacial.

A cokrigagem é eficiente para mapear a distribuição espacial da produtividade tendo como covariáveis os atributos físicos do solo.

5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R. S. et al. Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 322-329, mar./abr. 2005.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

COLLARES, G. L. et al. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 933-942, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

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

HAN, S.; SCHNEIDER, S. M.; EVANS, R. G. Evaluating cokriging for improving soil nutrient sampling efficiency. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 46, n. 3, p. 845-849, 2003.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geoestatistics**. New York: Oxford University, 1989. 560 p.

KITAMURA, A. E.; CARVALHO, M. P.; LIMA, C. G. R. Relação entre a variabilidade espacial das frações granulométricas do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 361-369, 2007.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem de milho e frações granulométricas de um Latossolo vermelho distrófico. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 985-990, 2009.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Spatial prediction of soil properties using EBLUP with the Matérn covariance function. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, n. 4, p. 324-336, 2007.

MIRANDA, N. O. et al. Causas da variação em produtividade e qualidade do melão em um Latossolo vermelho-amarelo fertirrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 487-493, mar./abr. 2006.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 839-847, 2006.

NOVAIS FILHO, J. P. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 91-100, 2007.

NUNES, L. A. P. L. et al. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 71-78, 2010.

PROCHNOW, D. et al. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 91-98, 2005.

RESENDE, M. et al. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. 4. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. 338 p.

ROQUE, M. C. et al. Correlação da variabilidade espacial entre a produtividade do feijoeiro irrigado e a densidade do solo. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 3, p. 22-30, 2010.

SANCHEZ, R. B. et al. Variabilidade espacial de propriedades de Latossolo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 489-495, 2005.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, London, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA, S. A. et al. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2010.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a humic rhodic hapludox under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 212-216, mar./abr. 2012.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S. Estudo da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cultivo de café arábica por meio de geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 560-567, 2010.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; ZUCOLOTO, M. Distribuição espacial das frações granulométricas em um Latossolo Vermelho amarelo utilizando krigagem indicativa. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 195-202, 2011.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. 2. ed. Lisboa: IST, 2006. 214 p.

SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho eutroférrico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, p. 309-319, 2004.

SPOHR, R. B. et al. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 74-81, jan./fev. 2009.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: I., efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

TOMAZ, M. A. et al. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de plantas de *Coffea arabica* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 570-575, maio/jun. 2005.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p. 319-344.

WEBSTER, R. Is soil variation random? **Geoderma**, Amsterdam, v. 97, n. 3/4, p. 149-163, 2000.

CONTROLE QUÍMICO DA BROCA-DO-CAFÉ COM CYANTRANILIPROLE

Júlio César de Souza[1], Paulo Rebelles Reis[2], Rogério Antônio Silva[3], Thiago Alves Ferreira de Carvalho[4], Andreane Bastos Pereira[5]

(Recebido: 23 de julho de 2012; aceito: 24 de outubro de 2012)

RESUMO: *Hypothenemus hamp*ei é praga da cafeicultura mundial. É considerada a primeira em importância para *Coffea canephora* e a segunda para *C. arabica* no Brasil. O método de controle mais eficiente é o químico, e o produto considerado mais eficaz é o endosulfan, de uso permitido no Brasil até julho de 2013. Considerando esse fato, objetivou-se, neste trabalho, conhecer a eficiência do inseticida cyantraniliprole 100 OD, em pulverização no controle da broca, em comparação com o inseticida endosulfan 350 EC. O cyantraniliprole foi aplicado nas doses de 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0 e o endosulfan a 1,5 e 2,0 litros p.c. /hectare, ambos com duas aplicações espaçadas de 30 dias na época de "trânsito" da broca. A avaliação da eficiência dos produtos foi feita com a contagem de brocas vivas no interior de frutos broqueados, contidos em um litro de café (cerca de 700 frutos), colhidos ao acaso em cada parcela. Todos os tratamentos diferiram do tratamento testemunha e foram iguais entre si. A testemunha apresentou 35,7% de brocas vivas, enquanto que as doses de 1,75 e 2,0 litros por hectare de cyantraniliprole apresentaram 3,5 e 4,0% de brocas vivas, respectivamente. Os tratamentos com endosulfan a 1,5 e 2,0 litros por hectare, apresentaram 1,0 e 0,8% de brocas vivas, respectivamente, não diferindo estatisticamente do cyantraniliprole. Os resultados permitem concluir que o cyantraniliprole 100 OD é eficiente no controle de *H. hampei* nas dosagens entre 1,75 e 2,0 litros/ha, em duas pulverizações.

Termos para indexação: *Hypothenemus hampei, Coffea* spp., rianodina, Cyazypyr™, Benevia™

CHEMICAL CONTROL OF THE COFFEE BERRY BORER WITH CYANTRANILIPROLE

ABSTRACT: *Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) is a worldwide coffee pest. It is the most important pest to Coffea canephora Pierre & Froehner and the second to Coffea arabica L. in Brazil. The chemical control is the most efficient method to its control and the endosulfan is the most efficient chemical. This ciclodieno chlorinated compound is permitted in Brazil until July 2013. The objective of this study was to observe the efficiency of the cyantraniliprole 100 OD insecticide in spraying system to coffee berry borer control compared to the endosulfan 350 EC. The cyantraniliprole was sprayed at doses of 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0 liters c.p. /ha and endosulfan at 1.5 and 2.0 liters c.p. /ha. Two applications with 30 days interval were used at the "transit" time of the berry borer. Efficiency of the products was evaluated by counting the number of the living borer inside of damaged fruits in a liter of coffee (around 700 fruits) collected randomly in plots. All treatments differed from the control treatment but did not differ among them. Control treatment showed 35.7% of living borer, while doses of 1.75 and 2.0 liters of cyantraniliprole/ha, 3.5 and 4.0%, respectively. Treatment with endosulfan at 1.5 and 2.0 liters/ha showed 1.0 and 0.8% of living borer, respectively, and did not differ from cyantraniliprole. The results indicate that the cyantraniliprole 100 OD is effective in controlling H. hampei at doses between 1.75 and 2.0 liters /ha with two spraying.*

Index terms: *Hypothenemus hampei, Coffea spp., rianodine, Cyazypyr™, Benevia™*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café arábica (*Coffea arabica* L.) do mundo, com uma cafeicultura de alta tecnologia. A terceira estimativa da safra brasileira de 2012-2013 é de 50,48 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg, sendo 37,95 milhões de café arábica (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012). A Colômbia ocupa o segundo lugar na produção e exportação mundial de café arábica com produção de 9,2 milhões e exportação de 5,6 milhões de sacas em 2010 (ANUÁRIO..., 2011). O estado de Minas Gerais deverá produzir cerca de 26,34 milhões de sacas, sendo que a região Sul de Minas deverá produzir, aproximadamente ,13,59 milhões de sacas, cerca de 51% da produção de café desse Estado e 35% da produção brasileira de arábica (CONAB, 2012).

[1]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG/EcoCentro - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG jcsouza@navinet.com.br
[2]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG/EcoCentro - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG paulo.rebelles@epamig.ufla.br
[3]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG/EcoCentro - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG rogeriosilva@epamig.ufla.br
[4]Universidade Federal de Lavras /UFLA – Departamento de Entomologia/DEN - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras- MG thiagoafcarvalho@gmail.com
[5]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG/EcoCentro - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG andreanebastosagro@gmail.com

As pragas contribuem para a redução da produtividade das lavouras e da qualidade do café produzido. A broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), e o bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrotet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), são as mais importantes pelos grandes prejuízos econômicos que causam ao reduzir a produtividade das lavouras e afetar a qualidade do café produzido (REIS et al., 2010).

A broca-do-café é praga importante na cafeicultura de todos os países produtores das Américas do Sul, Central e do Norte, África e Ásia (CANTOR; BENASSI; FANTON, 2000).

O ataque da broca-do-café causa prejuízo quantitativo, com a redução do peso dos grãos e queda de frutos, e prejuízo qualitativo, com a redução da qualidade do café através da alteração no tipo e bebida. Os danos são causados pelas larvas do inseto que vivem no interior do fruto de café, atacando uma ou as duas sementes para sua alimentação, podendo a destruição do fruto ser parcial ou total (REIS et al., 2010).

Inicialmente, os prejuízos são ocasionados pela queda de frutos. Para o cafeeiro arábica foi constatado que a broca aumenta a porcentagem de queda natural de frutos da ordem de 8 a 13% (NAKANO et al., 1976; YOKOYAMA et al., 1978). A broca pode ser responsável por uma queda de frutos de, até 46%, em cafeeiro canéfora (*Coffea canephora* Pierre & Froehner) (PAULINI; PAULINO, 1979).

Os frutos broqueados que permanecem nas plantas sofrem redução de peso, tendo sido demonstrado, experimentalmente, em Minas Gerais, que essas perdas podem chegar a 21% ou 12,6 kg por saco de 60 kg de café beneficiado. A qualidade do café é alterada com o ataque da broca, passando do tipo 2 ao tipo 7, com o aumento da infestação (REIS; SOUZA, 1986; REIS; SOUZA; MELLES, 1984). As perdas aumentam na operação de beneficiamento devido à fragilidade que o grão atacado passa a apresentar (LUCAS et al., 1989).

Os danos econômicos provocados pela broca começam quando a infestação atinge 3 a 5%, nos frutos da maior florada (REIS et al., 2010; REIS; SOUZA; MELLES, 1984).

Embora sempre afete a qualidade pelo tipo físico, a qualidade da bebida do café parece não ser diretamente influenciada pelo ataque da broca, mas sim indiretamente pela facilidade que os danos proporcionam à penetração de microorganismos, como fungos dos gêneros *Fusarium* (CHALFOUN; SOUZA; CARVALHO, 1984) e *Penicillium* (CALAFIORI et al., 1978), que estão relacionados com a alteração da qualidade da bebida do café.

No Brasil, a broca ataca frutos dos cafeeiros arábica (*C. arábica)*, e Conillon (*C. canephora)*. Nas lavouras de cafeeiro arábica, passíveis de mecanização, os prejuízos causados pela broca podem ser evitados através do monitoramento e controle desse inseto em nível de talhões, com a colheita muito bem feita e a aplicação do inseticida endosulfan (350 EC, 1,5 a 2,0 litros p.c./ha) (COMPÊNDIO..., 2009; REIS, 2007), em aplicação única através de pulverizadores tratorizados. No entanto, no Brasil, existem regiões cafeeiras altamente tecnificadas, de altas produtividades, porém implantadas em topografia acidentada que não permite a mecanização do controle de pragas e doenças através de pulverização tratorizada.

São exemplos as cafeiculturas de arábica implantadas no sistema de plantio adensado, e de Conillon implantada e conduzida em espaçamentos menores e no sistema de hastes. Menores espaçamentos e condução das plantas com quatro a cinco hastes obtidas por podas em cafeeiro Conillon resultam em lavouras fechadas, dificultando ou mesmo impedindo a mecanização.

A razão do uso de endosulfan, aqui mencionado, pode ser entendida pelo levantamento realizado em 30 anos de pesquisa no controle químico da broca-do-café no Brasil, entre 1973 e 2003, em que de 269 tratamentos levantados, cerca de 21 % foram feitos com endosulfan, cuja eficiência variou de 70 a 100% (REIS, 2007). Esse produto é considerado o mais eficiente no controle da broca-do-café, porém o seu uso está permitido no Brasil somente até julho de 2013 (BRASIL, 2010).

Outros produtos, com registro no Brasil para o controle da broca-do-café são o chlorpyriphos-ethyl e o etofenprox, com eficiência de controle entre 35 a 72% e 0 a 60%, respectivamente, abaixo portanto de 80% (REIS, 2007), fato que justifica a necessidade de estudos com outros defensivos no controle dessa praga.

Na cafeicultura com lavouras adensadas, em qualquer topografia, o uso do inseticida endosulfan em pulverização pode apresentar risco de intoxicação aos aplicadores, por ser de classe toxicológica I, altamente tóxico, e necessitar ser aplicado em duas ou mais pulverizações, devido a menor eficiência proporcionada pelos

pulverizadores utilizados, caso do costal manual, costal pressurizado ou mesmo com pistola acoplada em mangueiras e canhões, e da proibição do uso de tais equipamentos com endosulfan e chlorpyriphos na cafeicultura (SOUZA et al., 2012).

Importadores de café e certificadoras de fazendas de café estão impondo restrições ao uso do inseticida endosulfan, por sua alta toxicidade. Países produtores e exportadores necessitam da substituição desse princípio ativo por outros eficientes e de baixa toxicidade.

Cyantraniliprole (Cyazypyr™), em fase de registro no Brasil com o nome comercial de Benevia™, é um novo inseticida do grupo das diamidas antranílicas (antranilamida) desenvolvido em vários países pelo IE DuPont de Nemours and Company, Inc. e que apresenta um novo modo de ação. RyR é uma segunda geração (única ação pela ativação de receptores de rianodina), com um modo de ação semelhante ao chlorantraniliprole (Rynaxypyr®) (FETTING et al., 2011). Cyantraniliprole ativa os receptores de rianodina através de um estímulo para a liberação das reservas de cálcio do retículo sarcoplasmático de células musculares (principalmente para insetos mastigadores), causando má regulação, paralisia e morte de espécies sensíveis. Apresenta ação de profundidade e atua principalmente por ingestão e contato, demonstrando boa atividade adulticida, ovilarvicida e larvicida. Tem baixa toxicidade para muitos artrópodes não alvo e outros organismos como pásssaros, peixes, mamíferos, minhocas, microorganismos, algas e outras plantas. É seletivo para invertebrados estuarinos, mas os estudos demonstram que alguns astrópodes, como aqueles do gênero *Daphnia*, são mais sensíveis (Informação da DuPont ™ Stine-Haskell Research Center - Delaware, USA).

Na Europa, outro inseticida do mesmo grupo, o chlorantraniliprole (Rynaxypyr®), foi desenvolvido para aplicações foliares sobre algodão, arroz, batata, cafeeiro, cana-de-açúcar, macieira, meloeiro, milho, pepino, pêssego, repolho, soja, tomate, videira etc., numa dose de 10 a 60 g de i.a./ha, muito eficaz contra muitas pragas importantes (principalmente lepidópteros) e seletivos para ácaros predadores e outros artrópodes benéficos (DINTER et al., 2008; LAHM et al., 2007).

No Brasil, a eficácia do cyantraniliprole tem sido comprovada para o controle de pragas do feijão, milho, cana-de-açúcar, algodão, café, frutas cítricas, tomate, batata, aveia, melão, arroz e trigo (LEGOCKI; POŁEĆ; ŻELECHOWSKI, 2008) e é lógico considerar a configuração do produto para o manejo integrado de praga (MIP) dessas culturas. Para ácaros predadores, pertencentes a família Phytoseiidae, existentes naturalmente em cafeeiros no Brasil, e provavelmente ajudando a manter os ácaros-praga em equilíbrio, cyantraniliprole mostrou-se seletivo, demonstrando que seu uso em manejo integrado de pragas pode ser benéfico (REIS; TOLEDO; SILVA, 2012).

Considerando os fatos expostos, objetivou-se, neste trabalho, comparar a eficiência do inseticida cyantraniliprole 100, na formulação dispersível em óleo, com o endosulfan 350 EC, padrão de controle no experimento, em duas pulverizações, com intervalo de 30 dias, para o controle da broca-do-café *H. hampei.*

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no talhão 4 da gleba A 27, na fazenda Conquista da empresa Ipanema Coffees, município de Alfenas, região Sul de Minas, estado de Minas Gerais, utilizando-se de resultados do monitoramento periódico da broca-do-café, realizado todos os anos. A cultivar utilizado foi Acaiá (*C. arabica*), com 10 anos de idade, no espaçamento de 3,5 x 1,0 m e 2.857 plantas/ha, com uma planta por cova e altura superior a 4,5m. O talhão experimental está situado em altitude de 762 m, em longitude de 45º56´20,4´´O e latitude de 21º17´11,1´´S. No talhão experimental foram aplicados os tratos culturais de adubação e manejo de doenças para a cultura do cafeeiro. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições, com 36 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída de uma linha com 10 cafeeiros, sendo os oito cafeeiros centrais a parte útil da parcela. Entre blocos e no entorno do experimento foi deixada uma linha de cafeeiros sem o controle da broca, constituindo-se em bordadura e foco de infestação da praga. O experimento foi conduzido entre 23/12/2009 e 26/04/2010. Os tratamentos foram cyantraniliprole 100 OD a 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75 e 2,00 litros do produto comercial por hectare; endosulfan 350 EC a 1,50 e 2,00 litros do produto comercial por hectare e um tratamento testemunha, sem aplicação de inseticida.

Foram feitas duas pulverizações via foliar dos inseticidas, com intervalo de 30 dias, com atomizador costal motorizado (Stihl SR 420) e volume de 800 litros de calda/ha, em 23/12/2009 e 26/01/2010. Previamente foi realizado teste para

cálculo do volume de calda a ser utilizado. O pH da água usada no preparo das caldas foi de 5,5.

A avaliação da eficiência de controle dos tratamentos foi feita através da porcentagem de frutos broqueados e de brocas vivas. As porcentagens de eficiência foram calculadas aos 30 dias após a primeira aplicação - 30 DAA (1ª), aos 30 dias após a 2ª aplicação - 30 DAA (2ª) e 90 dias após a 2ª aplicação – 90 DAA (2ª). Para avaliação da porcentagem de frutos broqueados foi coletado um litro de café, contendo cerca de 700 frutos, sendo 350 de cada lado nas ruas, distribuídos nos três terços dos cafeeiros da parte útil de cada parcela. Em laboratório, os frutos foram contados e separados os broqueados.

Para obtenção da porcentagem de brocas vivas foram abertos, em laboratório, com o uso de microscópio estereoscópico, 50 frutos broqueados de cada parcela, retirados dos frutos que foram contados para obtenção das porcentagens de frutos broqueados. Os 50 frutos broqueados foram abertos lateralmente na região da coroa, com o uso de um canivete, e foram observadas e contadas, em cada um, separadamente, as fases vivas e mortas da broca, e também as galerias abandonadas. De posse do número de frutos que continham as fases vivas da broca, mortas e galerias abandonadas, nos 50 frutos broqueados, calculou-se a porcentagem de brocas vivas para cada parcela. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi realizado, e verificada a normalidade e homogeneidade de dados para todos os parâmetros avaliados. Os resultados de porcentagem de frutos broqueados e porcentagem de brocas vivas foram analisados estatisticamente com o uso do programa SISVAR (FERREIRA, 2008) e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância (SCOTT; KNOTT, 1974). As porcentagens de eficiência dos tratamentos foram calculadas pela fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925). Nesse experimento, convencionou-se que os melhores tratamentos seriam aqueles que apresentassem 80% ou mais de eficiência.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Porcentagem de frutos broqueados

Verificou-se, na primeira avaliação realizada aos 30 DAA (1ª), na véspera da segunda pulverização, que a infestação da broca, no tratamento testemunha aumentou em números absolutos de 15,0% para 26,7%; o aumento também foi observado nos tratamentos 1 a 6 com cyantraniliprole 100 OD. Entretanto, não evoluiu nos tratamentos 7 e 8 com endosulfan. Embora houvesse aumento de infestação, não houve diferença significativa entre os tratamentos, e nem desses com a testemunha, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Essa alta infestação inicial de 15%, muito acima dos 3 a 5% de frutos broqueados recomendados para iniciar o controle da broca (REIS et al., 2010), logo em dezembro, foi atípica para aquele ano. Não foi observada eficiência de controle em todos os tratamentos, na primeira avaliação, 30 DAA (1ª), em que os valores foram inferiores a 80%, valor convencionado como sendo a eficiência mínima para um defensivo. Nessa avaliação, os tratamentos com endosulfan apresentaram 47,5% e 54,6% de eficiência, respectivamente nas doses de 1,5 e 2,0 litros/ha, sendo esses os maiores valores de eficiência encontrados (Tabela 1).

Na segunda avaliação das porcentagens de frutos broqueados, realizada aos 30 DAA (2ª) a maioria dos tratamentos apresentou diferença estatística significativa em relação à testemunha, embora as porcentagens de eficiência dos tratamentos tenham variado de 14,5 a 57,2%, também abaixo de 80%, podendo-se considerar que até aquela data nenhum produto e dose apresentou eficiência no controle da broca (Tabela 1).

Na terceira avaliação para o parâmetro, porcentagens de frutos broqueados, realizada aos 90 DAA (2ª), já próximo da colheita, todos os tratamentos com inseticida foram estatisticamente iguais entre si, mas diferiram significativamente da testemunha. As porcentagens de frutos broqueados foram decrescentes com o aumento da dose do cyantraniliprole 100 OD. As porcentagens de eficiências variaram de 40,8 a 82,5%, com destaque para os tratamentos 7 e 8 com endosulfan, que apresentaram as maiores eficiências (82,5 e 75,9%, respectivamente). Os tratamentos com o inseticida cyantraniliprole 100 OD, nas diversas doses testadas, apresentaram valores variando entre 40,8 a 69,2%, indicando que haveria a necessidade de uma reaplicação do produto, se for levado em consideração apenas a porcentagem de frutos broqueados (Tabela 1). Provavelmente, a eficiência dos inseticidas seria maior se a infestação inicial de frutos broqueados tivesse sido mais baixa, entre 3 e 5%, o que é recomendado para iniciar o controle da broca, e não 15%, como ocorreu neste trabalho. Entretanto, os resultados de frutos broqueados indicam que o produto tem potencial para reduzir a infestação da broca, mesmo em alta infestação.

TABELA 1 - Porcentagens de frutos broqueados (PFB) e porcentagem de eficiência (%Efic.) dos tratamentos. Alfenas, MG, 2010.

Tratamentos	Dose (L p.c./ha)	30 DAA (1ª) 26/01/2010		30 DAA (2ª) 08/03/2010		90 DAA (2ª) 26/04/2010	
		PFB [1]	%Efic. [2]	PFB [1]	%Efic. [2]	PFB [1]	%Efic. [2]
1. Cyantraniliprole 100 OD	0,75	20,08 ns A	24,8[1]	16,92 a A	44,7	17,72 a A	40,8
2. Cyantraniliprole 100 OD	1,00	24,35 ns A	8,8	15,08 a B	50,7	15,80 a B	47,2
3. Cyantraniliprole 100 OD	1,25	21,52 ns A	19,4	16,00 a A	47,7	11,45 a B	61,7
4. Cyantraniliprole 100 OD	1,50	22,45 ns A	15,9	26,15 b A	14,5	10,62 a B	64,5
5. Cyantraniliprole 100 OD	1,75	19,72 ns A	26,1	16,20 a A	47,1	9,22 a B	69,2
6. Cyantraniliprole 100 OD	2,00	22,88 ns A	14,3	17,45 a A	43,0	9,28 a B	69,0
7. Endosulfan 350 EC	1,50	14,02 ns A	47,5	13,10 a A	57,2	5,25 a B	82,5
8. Endosulfan 350 EC	2,00	12,12 ns B	54,6	22,00 b A	28,1	7,22 a B	75,9
9. Testemunha	-	26,70 ns A	-	30,60 b A	-	29,92 b A	-
C.V. (%) Tratamento/Época = 27,98; Época/Tratamento = 24,19.							

[1] Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. [2]Porcentagens de eficiências calculadas conforme Abbott (1925).

Constatou-se que as dosagens de cyantraniliprole, exceto a menor, reduziram significativamente a infestação da broca, avaliada através da porcentagem de frutos broqueados, entre a primeira e a última avaliação (Tabela1).

3.2 Porcentagem de brocas vivas

Pelos resultados obtidos na primeira avaliação, realizada aos 30 DAA (1ª) e na véspera da segunda pulverização, verifica-se que o menor valor para o parâmetro porcentagens de brocas vivas foi proporcionado pelo tratamento 6, em que o inseticida cyantraniliprole 100 OD foi pulverizado na dose de 2,0 litros p.c./ha, com média de 2,58% de brocas vivas e eficiência de 91,3%. Nos demais tratamentos com inseticidas, as médias de porcentagens de brocas vivas foram estatisticamente iguais entre si, porém diferindo significativamente da testemunha, variando de 6,55 a 13,10%, com eficiência entre 56 a 78%, valores esses abaixo de 80%. Nessa avaliação, as maiores porcentagens de brocas vivas foram encontradas na testemunha, com média de 29,78%, diferindo significativamente de todos os tratamentos com o inseticida cyantraniliprole 100 OD, nas diversas doses, e do endosulfan 350 EC (Tabela 2).

Na segunda avaliação, realizada aos 30 DAA (2ª), todos os tratamentos com inseticida (tratamentos de 1 a 8) apresentaram baixos valores médios para as porcentagens de brocas vivas, tendo sido estatisticamente iguais entre si e diferindo significativamente da testemunha. Os tratamentos com inseticidas apresentaram médias para porcentagens de brocas vivas variando de 0,75 a 7,50 e eficiência variando de 79,0 a 97,9%, com destaque para o inseticida cyantraniliprole 100 OD, nas doses de 1,75 e 2,0 litros p.c. /ha, e para o endosulfan (padrão), nas duas doses aplicadas. A testemunha apresentou média de 35,68% de brocas vivas (Tabela 2).

Na última avaliação, realizada aos 90 DAA (2ª), já próximo da colheita, embora em geral os tratamentos não tenham diferido entre si, e diferido significativamente da testemunha, a porcentagem de brocas vivas aumentou significativamente em todos os tratamentos em relação à avaliação anterior, realizada aos 30 DAA (2ª). Nessa avaliação, a testemunha apresentou 54,25% de brocas vivas, não diferindo estatisticamente do tratamento 7 (endosulfan 350 EC; 1,5 litros p.c. /ha). Os demais tratamentos diferiram significativamente da testemunha, com destaque para as doses do inseticida cyantraniliprole 100 OD a partir de 1,5 litros p.c./ha, e endosulfan na maior dose aplicada (2,0 litros p.c./ha) (tratamento 8), embora apresentassem eficiência inferior a 80% (Tabela 2). Esses resultados permitem inferir que haveria necessidade de uma reaplicação dos tratamentos com inseticidas, após 30 dias da segunda pulverização, para manter baixo o número de brocas vivas.

TABELA 2 - Porcentagens de brocas vivas (PBV) e porcentagem de eficiência (%Efic.) dos tratamentos, considerando todas as fases do desenvolvimento da broca-do-café. Alfenas, MG, 2010.

Tratamentos	Dose (L p.c./ha)	30 DAA (1ª) 26/01/2010		30 DAA (2ª) 08/03/2010		90 DAA (2ª) 26/04/2010	
		PBV [1]	%Efic. [2]	PBV [1]	%Efic. [2]	PBV [1]	%Efic. [2]
1. Cyantraniliprole 100 OD	0,75	9,78 b A	67,2	6,00 a A	83,2	23,00 a B	57,7
2. Cyantraniliprole 100 OD	1,00	11,75 b B	60,5	2,50 a A	93,0	22,50 a C	58,6
3. Cyantraniliprole 100 OD	1,25	6,55 b A	78,0	7,50 a A	79,0	21,50 a B	60,3
4. Cyantraniliprole 100 OD	1,50	6,63 b A	77,8	5,45 a A	84,7	11,00 b A	79,7
5. Cyantraniliprole 100 OD	1,75	13,10 b B	56,0	3,50 a A	90,2	20,25 a B	63,0
6. Cyantraniliprole 100 OD	2,00	2,58 a A	91,3	4,00 a A	88,8	13,50 b B	75,1
7. Endosulfan 350 EC	1,50	8,30 b B	72,1	1,00 a A	97,2	42,75 c C	21,5
8. Endosulfan 350 EC	2,00	7,08 b B	76,2	0,75 a A	97,9	28,00 a C	48,5
9. Testemunha	-	29,78 c A	-	35,68 b A	-	54,25 c B	-
C.V. (%) Tratamento/Época = 43,30; Época/Tratamento = 34,67.							

[1] Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot, a 5% de significância. [2]Porcentagens de eficiências calculadas conforme Abbott (1925).

Considerando a porcentagem de frutos broqueados aos 90 DAA (2ª) após a segunda pulverização (Tabela 1) observou-se que houve uma interação negativa e altamente significativa entre a dose do produto cyantraniliprole 100 OD e as porcentagens de frutos broqueados ($y = 6E\text{-}06x^2 - 0{,}242x + 32{,}804$; $r^2 = 0{,}97^{**}$), ou seja, com o aumento da dose ocorre redução na porcentagem de frutos broqueados.

Resultados promissores para cyantraniliprole OD também foram encontrados no controle de adultos da broca- do- caule, de plantas do gênero *Pinus, Dendroctonus ponderosae* Hopkins, 1902 (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) em condições de laboratório (FETTING et al., 2011).

Também foi observado que o inseticida cyantraniliprole 100 OD intoxica os adultos da broca-do-café fora ou na entrada da galeria e os desalojam para morrerem, em grande parte, fora do fruto. Ao contrário, o inseticida endosulfan intoxica e mata o adulto da broca-do-café na entrada da galeria no fruto broqueado, geralmente ali permanecendo após a morte.

4 CONCLUSÕES

O inseticida cyantraniliprole 100 OD, aplicado nas doses de 1,75 e 2,0 litros do produto comercial por hectare, é eficiente no controle da broca-do-café, *H. hampei*, com pelo menos duas pulverizações a 30 dias de intervalo, não diferindo do endosulfan 350 EC.

5 AGRADECIMENTOS

À Ipanema Coffees, pela cessão da área experimental na fazenda Conquista em Alfenas, MG; à Du Pont do Brasil S.A. Agricultura e Nutrição, ao Consórcio Pesquisa Café e INCT do Café/Fapemig/CNPq, pelo apoio financeiro; ao CNPq e Fapemig, pelas bolsas concedidas.

6 REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 18, p. 265-267, 1925.

ANUÁRIO brasileiro do café 2011. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2011. 128 p.

BRASIL. **Resolução RDC Nº 28**, de 9 de agosto de 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/8026020/dou-secao-1-16-08-2010-pg-64>. Acesso em: 8 out. 2012.

CALAFIORI, M. H. et al. Influência da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) na bebida e sua associação com fungo. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, p. 80-81, 1978.

CANTOR, F.; BENASSI, V. L. R. M.; FANTON, C. J. Broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Ed.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 99-105.

CHALFOUN, S. M.; SOUZA, J. C.; CARVALHO, V. D. Relação entre a incidência de broca, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scolytidae) e microorganismos em grãos de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., 1984, Londrina. **Resumos**... Rio de Janeiro: IBC, 1984. p. 149-150.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2012 terceira estimativa, setembro/2012**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_10_10_21_boletim_cafe_-_setembro_2012.pdf>. Acesso em: 16 out. 2012.

COMPÊNDIO de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 8. ed. São Paulo: Organizações Andrei, 2009. 1380 p.

DINTER, A. et al. Chlorantraniliprole (DPX-E2Y45, DuPont™, Rynaxypyr®, Coragen®, and Altacor® insecticide): a novel anthranilic diamide insecticide demonstrating low toxicity and low risk for beneficial insects and predatory mites. **IOBC/WPRS Bulletin**, Montfovet, v. 35, p. 128-135, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FETTING, C. J. et al. Laboratory assays of select candidate insecticides for control of *Dendroctonus ponderosae*. **Pest Management Science**, Sussex, v. 67, n. 5, p. 548-555, 2011.

LAHM, G. P. et al. Rynaxypyr™: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. **Bioorganic & Medical Chemistry Letters**, New York, v. 17, n. 22, p. 6274-6279, 2007.

LEGOCKI, J.; POŁEĆ, I.; ŻELECHOWSKI, K. Contemporary trends in development of active substances possessing the pesticidal properties: ryanodine-receptor targeting insecticides. **Pesticides**, Oxford, v. 3/4, p. 15-26, 2008.

LUCAS, M. B. et al. Perdas de peso de café no processo de beneficiamento em conseqüência do ataque da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scolytidae). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 13, p. 314-321, 1989.

NAKANO, O. et al. Revisão sobre o conceito de controle químico da broca-do-café - *Hypothenemus hampei* (Ferr., 1867) (Coleoptera-Scolytidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos**... Rio de Janeiro: IBC, 1976. p. 8-10.

PAULINI, A. E.; PAULINO, A. J. Evolução de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) em café conilon armazenado e influência da infestação na queda de frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7., 1979, Araxá. **Resumos**... Rio de Janeiro: IBC, 1979. p. 285-287.

REIS, P. R. Controle químico no manejo integrado da broca-do-café. In: HOMANN, C. L. (Org.). **Manejo da broca-do-café**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 151-175.

REIS, P. R. et al. Manejo integrado das pragas do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG Sul de Minas, 2010. p. 573-688.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Pragas do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 338-378.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; MELLES, C. C. A. Pragas do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 109, p. 3-57, 1984.

REIS, P. R.; TOLEDO, M. A.; SILVA, F. M. A. Selectividad de Cyazypyr™ para tres especies de fitoseidos en cafeto y otros cultivos agrícolas relevantes en Brasil. In: ESTRADA-VENEGAS, E. G. et al. (Ed.). **Acarologia latinoamericana**. Montecillo: Colegio de Postgraduados, 2012. p. 245-250.

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

SOUZA, J. C. et al. **Cafeicultor**: saiba como proceder com a broca-do-café sem o inseticida endosulfan. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012. 2 p. (Circular Técnica, 165).

YOKOYAMA, M. et al. Avaliação de danos causados pela broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scolytidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6., 1978, Ribeirão Preto. **Resumos**... Rio de Janeiro: IBC, 1978. p. 26-27.

CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS E PRODUTIVAS DE CAFEEIROS EM DIFERENTES SUPRESSÕES DE IRRIGAÇÃO E FACES DE EXPOSIÇÃO

Anselmo Augusto de Paiva Custódio[1], Leandro Borges Lemos[2], Fábio Luiz Checchio Mingotte[3], Tatiana Pagan Loeiro da Cunha[4], Antônio Carlos de Almeida Carmeis Filho[5], José Carlos Barbosa[6]

(Recebido: 28 de julho de 2012; aceito: 17 de junho de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, verificar os efeitos iniciais de diferentes supressões de irrigação e faces de exposição solar sobre as características vegetativas e produtivas de cafeeiros após a poda. O experimento no delineamento em parcelas subdivididas com quatro repetições, em blocos casualizados, foi conduzido na Fazenda Cambuhy Agrícola Ltda (Matão, SP), com a cultivar arábica Mundo Novo IAC 376-4, em sistema de gotejamento na safra 2010/2011. Para as características vegetativas, os tratamentos primários constituíram-se em seis supressões de irrigação NI= não irrigado, IC=irrigação continuada durante todo o ano, IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio, IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho, IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro. Os tratamentos secundários referiram-se a seis épocas de avaliação. Para as características produtivas os tratamentos primários constituíram-se nas supressões de irrigação e os tratamentos secundários nas faces de exposição das plantas à radiação solar Sudeste (SE) e Noroeste (NW). Avaliaram-se as características vegetativas diâmetro de caule e copa, altura da planta e inserção do primeiro ramo, número de ramos e o comprimento de ramos (SE, NW e média). Foi avaliada em cada face de exposição a produtividade total do café beneficiado e café de "chão", rendimento da lavoura, renda de benefício e massa de 100 grãos. O cafeeiro não irrigado apresenta o menor incremento no crescimento inicial após a poda, exceto para altura de inserção do 1º ramo plagiotrópico. No cafeeiro irrigado, durante todo o ano, ocorre menor incremento no crescimento inicial sendo maior na supressão IC 25jn-30jl e IC 31jl-04s, durante o período de primavera e verão, exceto para o diâmetro de copa. Nos cafeeiros irrigados, em especial pelo uso das supressões IC 14a-19m, IC 20m-24jn, e IC 25jn-30jl, ocorre maior produtividade total e renda de benefício de café, comparado ao cafeeiro não irrigado. A face noroeste de exposição das plantas à radiação solar proporciona maior produtividade total e rendimento de café.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, gotejamento, déficit hídrico, crescimento, produtividade.

COFFEE PRODUCTIVE AND VEGETATIVE TRAITS CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT DELETIONS OF IRRIGATION AND SIDE EXPOSURE TO SUN

ABSTRACT**:** *The objective of this study was to verify the initial effects of different deletions of irrigation on vegetative and productive characteristics of coffee after pruning. The experiment in split plot design with four replications in a randomized complete block design was conducted at Fazenda Cambuhy Agrícola Ltda (Matão, state of São Paulo), with arabica cultivar Mundo Novo IAC 376-4, in a drip system in the 2010/2011 season. For the vegetative characteristics, primary treatment consisted of six deletions irrigation NI = not irrigated, IC = continuous irrigation throughout the year, IC = IC 14a-19m, except between April 14 to May 19, IC-20m 24jn = IC, except between May 20 to June 24, IC-25jn 30jl = IC, except between June 25 to July 30 and IC = IC 31jl-04s, except between July 31 to September 4. Secondary treatments mentioned up to six evaluation periods. For production traits primary treatments were deletions in irrigation treatments and the secondy treatment checks for side of plant exposure to solar radiation Southeast (SE) and northwest (NW). We evaluated the vegetative characteristics and canopy stem diameter, plant height and insertion of the first branch, number of branches and length of branches (SE, NW and middle). The total productivity of coffee and enjoyed the "floor", crop yield, income benefit and weight of 100 grains was evaluated on each face exposure. The non-irrigated coffee has the lowest increase in initial growth after pruning, except for insertion height of the 1st. plagiotrophycal. In irrigated coffee throughout the year, the lowest increase in the initial growth occurs with greater suppression IC 25jn-30jl e IC 31jl-04s, during the spring and summer, except for the canopy diameter. In irrigated coffee trees, especially the use of deletions IC 20m-24jn, and IC-25jn 30jl, higher overall productivity and income benefit of coffee occurs, compared to non-irrigated coffee. The northwest face of plant exposure to solar radiation provides higher total yield and yield of coffee.*

Index terms*: Coffea arabica, drip, water deficit, growth, productivity.*

[1]Universidade Estadual Paulista / UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Produção Vegetal / DPV 14.884-900 - Jaboticabal - SP - b1uflagro@yahoo.com.br
[2]Universidade Estadual Paulista / UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Produção Vegetal / DPV 14.884-900 - Jaboticabal - SP - leandrobl@fcav.unesp.br
[3]Universidade Estadual Paulista / UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Produção Vegetal / DPV 14.884-900 - Jaboticabal - SP - flcmingotte@gmail.com
[4]Universidade Estadual Paulista / UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Produção Vegetal / DPV 14.884-900 - Jaboticabal - SP - tatiana.pagan@hotmail.com
[5]Universidade Estadual Paulista / UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Produção Vegetal / DPV 14.884-900 - Jaboticabal - SP - tonycarmeis@hotmail.com
[6]Universidade Estadual Paulista / UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Departamento de Ciências Exatas / DCE 14.884-900 - Jaboticabal - SP - jcbarbosa@fcav.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

De toda a área destinada ao parque cafeeiro brasileiro, aproximadamente 2,35 milhões de hectares, mais de 10% estão sob o sistema de produção irrigado (240.000 ha), concentrados principalmente no Norte do Espírito Santo, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais e Oeste da Bahia, sendo responsável por quase 25% da produção nacional cafeeira (FERNANDES et al., 2012). O uso da irrigação e fertirrigação, técnica cada vez mais adotada pelos cafeicultores, vem permitindo o cultivo comercial em regiões de menor altitude com temperatura média mais elevada (GUERRA et al., 2007; MATIELLO, 2012), como ocorre na região de Matão, SP.

Silva et al. (2009), avaliando déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção *Coffea arabica* L. cv. Obatã IAC 1669-20, enxertados sobre *C. canephora* Pierre cv. Apoatã, nas condições edafoclimáticas de Adamantina, Mococa e Campinas, no estado de São Paulo, concluíram que a irrigação proporcionou maior produção de café por planta, independentemente da localidade, e que a suspensão da irrigação, por 60 dias em julho e agosto, foram mais efetivos na sincronização das floradas dos cafeeiros. Segundo os autores, o maior número de floradas e a baixa uniformidade de produção das plantas irrigadas continuamente confirmaram a necessidade de um período de seca para a sincronização do florescimento, com redução do número de floradas e aumento na uniformidade de produção. Matiello et al. (2008), estudando o estresse hídrico e seus efeitos na floração e produção de cafeeiros em Pirapora, estado de Minas Gerais, concluíram que, em áreas mais quentes, o período de estresse hídrico para a floração abundante e uniforme pode ser menor, de 30 a 45 dias, variando em função da variedade, do tipo de solo, do aspecto das plantas e do estágio dos botões florais sendo eficiente a suspensão da irrigação, nos meses de julho e agosto.

O cafeeiro quando irrigado fica submetido a um microclima diferenciado em relação ao cultivo de sequeiro, resultando em características peculiares de manejo da lavoura, em relação aos aspectos fitossanitários (CUSTÓDIO et al., 2009, 2010), fisiológicos (CUSTÓDIO et al., 2012b; NASCIMENTO et al., 2010) e fitotécnicos (KARASAWA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2010), refletindo no crescimento e na produtividade. Em lavouras irrigadas, outro aspecto que tem chamado a atenção refere-se à face de exposição das plantas à radiação solar (FEPARS) influenciando no crescimento, florescimento, maturação de frutos e na produtividade, podendo levar ao manejo diferenciado das plantas, desde o seu plantio até o modo de colheita.

Oliveira et al. (2012) citaram a necessidade de se conduzir experimentos em diferentes regiões, a fim de se obter a forma correta de orientação para o plantio das linhas dos cafeeiros que proporcionem a melhor distribuição da irradiação interceptada nos dois lados da linha de cultivo, pois têm-se observado considerável variação da produtividade nas diferentes faces de exposição solar.

Objetivou-se, neste trabalho,avaliar a influência de diferentes supressões de irrigação nas características vegetativas e produtivas de cafeeiros arábica, cultivar Mundo Novo IAC 376-4, após a poda, tipo decote e esqueletamento, em duas faces de exposição solar, em Matão (SP).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área da Fazenda Cambuhy Agrícola Ltda, em um talhão com 22.448 plantas e coordenadas situada à latitude de 21º37’25,5” Sul e longitude 48º28’01,5” Oeste de Greenwich, com altitude média de 590 m e declividade média de 5%, no município de Matão (SP), durante a safra 2010/2011. O local possui classificação climática de Köppen, com clima do tipo Cwa, caracterizado por ser subtropical mesotérmico, úmido, com chuvas de verão e estiagem branda no inverno, em um solo classificado como Luvissolo Crômico, de textura média e relevo suave ondulado. Em dezembro de 2003, após a instalação do sistema de irrigação tipo gotejamento, mudas de cafeeiros arábica cultivar Mundo Novo IAC 376-4 foram transplantadas em “renque,” no espaçamento 3,80 m x 0,75 m, com densidade populacional de 3.508 plantas. ha^{-1}.

Em Agosto de 2009, os cafeeiros foram recuperados com a prática da poda em todos os ramos plagiotrópicos a 30 cm do tronco (esqueletamento) e no ápice das plantas a 240 cm do solo (decote), deixando-se duas hastes em cada planta através de desbrotas. Os cafeeiros podados encontravam-se sob sistema de irrigação localizada, tipo gotejo com emissores autocompensantes, distanciados em 0,55 m entre si, de acionamento elétrico com uma única linha de irrigação sob a superfície em cada linha de café, pressão de serviço de 250 kPa (25 mca), vazão de 1,6 L h^{-1} e lâmina líquida de irrigação diária

igual a 2,50 mm. As irrigações foram realizadas em função de dados meteorológicos coletados por uma estação automática, situada na propriedade sendo as práticas irrigacionistas estabelecida pela fazenda.

No experimento foi utilizado o delineamento em parcelas subdivididas com quatro repetições, em bloco casualizados e seis tratamentos principais, totalizando vinte e quatro parcelas. Marcaram-se com estacas dez cafeeiros podados em cada parcela, considerando-se as oito plantas centrais como úteis. Cada repetição foi isolada por duas linhas de café atuando como bordadura externa, formando blocos com três linhas de plantio, além de quatro plantas entre parcelas que atuaram como bordadura interna. Os tratamentos propostos foram definidos mediante as pesquisas encontradas na literatura (CAMARGO; CAMARGO, 2001; GUERRA et al., 2007; KARASAWA et al., 2002; MATIELLO et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012; SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008; SILVA et al., 2009; SOARES et al., 2005), confrontando-se com as observações meteorológicas históricas do local ao longo de 47 anos do início do projeto, adicionando 2 anos fenológicos durante a execução do experimento, totalizando-se, ao final, observações meteorológicas médias de 49 anos (Figura 1).

Os tratamentos principais (parcelas) foram constituídos por supressões de irrigação interrompendo a aplicação de água durante o ano de 2010, por um período de 35 dias: NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6). Nas características produtivas foram consideradas, como tratamento secundário, as faces de exposição das plantas à radiação solar Sudeste (SE) e Noroeste (NW), compondo duas subparcelas, para verificar possíveis diferenças entre os dois lados das plantas.

Na aplicação dos tratamentos principais foram substituídas as linhas de irrigação das plantas nas parcelas experimentais, por linhas de irrigação de mesmo material e dimensionamento, porém sem os emissores. Desta forma, foi possível aplicar a supressão da água de irrigação, durante 35 dias nas parcelas. Após a aplicação do tratamento, as linhas de irrigação retiradas, contendo os emissores autocompensantes, foram recolocadas sem qualquer prejuízo ao sistema de irrigação ou aos cafeeiros podados. Todas as parcelas receberam adubações em parcelamento e na mesma época, via água de irrigação por gotejamento e aplicação sólida a lanço, na projeção da copa dos cafeeiros podados. O tratamento não irrigado foi fertirrigado anteriormente ao início da aplicação dos tratamentos.

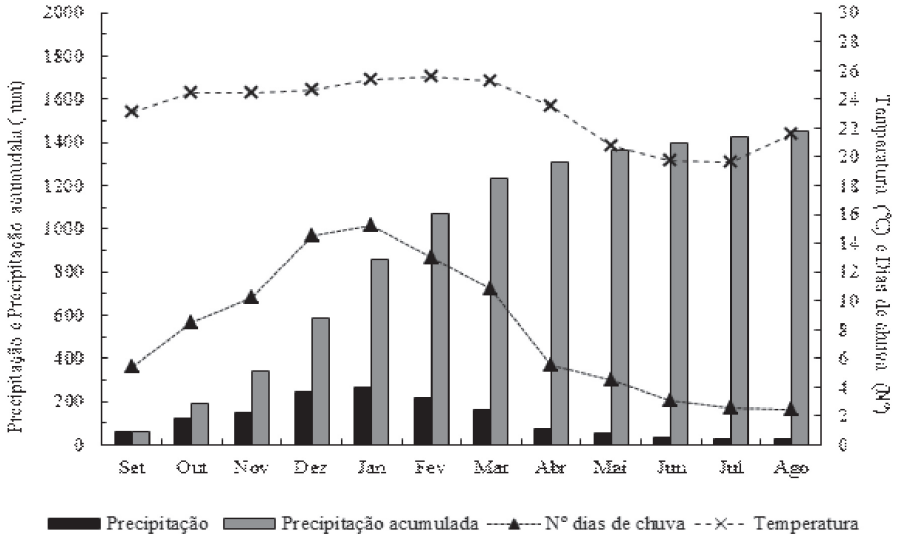


FIGURA 1 - Médias mensais históricas da precipitação (mm), precipitação acumulada (mm), temperatura do ar (°C) e número de dias de chuva (nº) no período de setembro de 1962 a agosto de 2011 (49 anos). Dados meteorológicos disponibilizados pela Fazenda Cambuhy Agrícola. UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

As características vegetativas dos cafeeiros foram avaliadas em seis épocas (E), constituindo os tratamentos secundários ou subparcelas no inverno (E1 - 19/06/2010 e E2 - 22/08/2010), na primavera (E3 - 24/10/2010 e E4 - 16/12/2010), no verão (E5 - 24/02/2011) e no outono (E6 - 13/04/2011). Depois do início da aplicação dos tratamentos, foram realizadas avaliações bimestrais no crescimento das plantas como: altura de planta – medida com uma barra graduada contado a partir do solo até o ápice das plantas, em centímetro (cm); diâmetro de caule – aferido por paquímetro digital na posição de dez centímetros acima do nível do solo, em milímetro (mm); diâmetro de copa – medida com barra graduada na altura do terço médio da planta e perpendicular à linha de plantio (cm); altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico - medido com uma trena à altura do primeiro ramo plagiotrópico, em centímetro; número de ramos plagiotrópicos primários – contados todos os ramos plagiotrópicos contidos nas plantas; comprimento de ramos plagiotrópicos primário, em centímetros – determinado com uma fita métrica a partir do tronco o comprimento de ramos plagiotrópicos primário, de dois ramos, marcados no terço médio das plantas, na posição SE e NW da linha de café, totalizando-se quatro ramos marcados por planta.

A colheita das parcelas foi realizada no dia 12 de maio de 2011, de forma manual sobre "pano", sendo essa a primeira safra colhida após a poda dos cafeeiros. Em cada parcela experimental, procedeu-se à colheita separadamente para as faces de exposição solar SE e NW. A decisão para iniciar a colheita foi feita por observações visuais da lavoura buscando a baixa existência de frutos no estádio verde, com até o máximo de 15%. Após a derriça e homogeneização dos frutos foi obtido o volume total do café colhido em cada parcela experimental, para a estimativa da produtividade. Foram coletadas amostras de 10 litros em cada parcela experimental para quantificar a relação entre o volume e o peso do café produzido. Os frutos foram acondicionados separadamente em recipientes de plástico, tipo rede, e foram secos em peneiras apropriadas sobre terreiro de cimento e revolvidos no mínimo quatro vezes ao dia, determinando-se o grau de água em base umidade (b.u.) em 12,5%, para, então, realizar o beneficiamento (retirada da casca, limpeza e classificação simples), aferir a produtividade estimada para 1 ha (sacas.ha^{-1}) e o rendimento, ou seja, a quantidade em litros de frutos colhidos, necessária para compor um saco de 60 kg de café grão cru beneficiado.

O beneficiamento dos frutos de café secos, acondicionados em sacos de papel devidamente identificados, foi realizado por um descascador Pinhalense®, tipo DRC 02, número 3873, fabricado em 2007, com 1700 rpm. Os frutos de café secos,contidos em cada saco de papel, foram submetidos ao descascador por até 5 vezes, observando a eliminação dos defeitos extrínsecos (pau, casca, marinheiro ou coco). Conhecendo-se a relação entre a massa de café grão cru beneficiado, corrigindo-se o grau de umidade para 12,5% b.u. e o peso dos frutos secos multiplicado por 100, foi obtida a renda de benefício de cada parcela experimental. Pela produção do volume total de café e o volume de café de "chão", em litros, e a respectiva produção de café grão cru beneficiado, com a umidade já corrigida, em quilos, de cada parcela experimental foi estimada a produtividade beneficiada de café total e café de "chão" para 1 ha (sacas de 60 kg.ha^{-1}) e o rendimento da lavoura (litros de frutos. saca de 60 kg^{-1}). Foi realizada a contagem de 100 grãos de café, em quatro amostras por parcela, para aferição da massa, em gramas, buscando-se investigar possíveis reflexos quanto ao porcentual de frutos mal granados ou chochos. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa computacional AgroEstat® (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2012) verificando-se a normalidade de resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Bartlett.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (α = 0,05).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 1, verifica-se que houve efeito significativo para a interação supressões de irrigação e épocas de avaliação para os parâmetros diâmetro de caule, diâmetro de copa, altura de planta e número de ramos plagiotrópicos.

Quanto ao diâmetro de caule (Tabela 2), de forma geral, observam-se que, em 5 de 6 épocas de avaliação, menores diâmetros foram apresentados pela supressão de irrigação I1 (NI) e melhores resultados para a supressão I5.

Houve diferença para o fator época dentro de supressões de irrigação, com maiores valores obtidos nas épocas E4, E5 e E6, na supressão I3. O fator supressão de irrigação apresentou diferença para as épocas E5 (72,50 mm) e E6 (70,08 mm) na supressão I4, apresentando maiores valores de diâmetro de caule e menor valor na época E1 (67,72

mm). As épocas E3, E4 e E5 apresentaram valores intermediários para a supressão I4. De forma geral, nas supressões I3 e I4 menores diâmetros de caule ocorreram no período de inverno (E1) e maiores valores, durante a primavera e verão (E5 e E6).

Quanto ao diâmetro de copa (Tabela 3), observa-se, no desdobramento de supressão na irrigação dentro de épocas de avaliação, destaque para a supressão I3 com maior diâmetro de copa, em quatro de seis épocas de avaliação no campo, apresentando valores entre 215,08 cm (E3) a 229,57 cm (E5). Em geral, o menor diâmetro de copa é destacado também para a supressão I5, em quatro de seis épocas de avaliação, com valores entre 199,03 cm a 208,44 cm. Ainda no desdobramento da interação, avaliando-se as épocas de avaliação, dentro de supressões,

TABELA 1 - Comparação das médias e suas respectivas significâncias para os parâmetros vegetativos dos cafeeiros arábica cv. Mundo Novo IAC 376-4 decotados e esqueletados submetidos a diferentes supressões de irrigação e épocas de avaliação. UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

Supressão de irrigação (I)[1]	Características vegetativas							
	Diâm. Caule (mm)	Diâm. Copa (cm)	Altura Planta (cm)	Ramos Plagio. (nº)	Alt. Inserç 1º Ramo (cm)	Compr. Ramo SE (cm)	Compr. Ramo NW (cm)	Compr. Ramo Médio (cm)
I1= NI	67,28	213,96	301,86	55,85	49,96	104,92d	105,57e	105,25e
I2= IC	69,08	217,89	316,28	58,28	48,50	107,80cd	109,23d	108,52d
I3=IC 14a-19m	70,57	222,21	326,24	64,81	49,27	110,58c	114,97c	112,78c
I4=IC 20m-24jn	70,16	215,10	327,77	68,49	48,51	118,09b	118,89b	118,49b
I5=IC 25jn-30jl	70,87	200,94	337,93	70,73	51,51	122,63a	124,80a	123,71a
I6=IC 31jl-04s	70,05	212,91	344,74	71,70	53,00	123,16a	126,52a	124,84a
Teste F	14,71**	37,86**	97,36**	21,26**	2,59ns	99,94**	147,14**	195,71**
DMS (5%)	1,58	5,34	7,14	6,59	5,14	3,60	3,17	2,65
Época avaliada (E)								
E1=19/06/2010	68,78	216,82	323,05	63,59	49,18	112,29	115,42b	113,86b
E2=22/08/2010	69,97	218,42	325,71	64,48	51,46	114,25	115,82ab	115,04ab
E3=24/10/2010	69,41	212,81	325,71	64,83	50,87	114,19	115,96ab	115,08ab
E4=16/12/2010	69,89	208,95	325,27	64,76	50,09	114,35	116,16ab	115,26ab
E5=24/02/2011	69,74	212,42	327,34	66,31	49,49	117,05	118,27ab	117,66a
E6=13/04/2011	70,09	213,63	330,26	66,68	50,13	115,62	119,49a	117,56a
Teste F	1,39ns	2,27*	3,12**	4,44**	0,40ns	1,63ns	2,70*	3,23*
DMS (5%)	1,61	8,70	5,93	2,26	5,39	4,92	4,06	3,43
F da interação								
I x E	3,37**	1,98**	2,20**	2,03**	0,90ns	1,03ns	1,55ns	1,06ns
Média Geral	69,67	213,83	325,80	64,97	50,12	114,53	116,66	115,60
CV Parc. (%) - I	2,61	2,87	2,52	11,68	11,80	3,62	3,13	2,64
CV Subparc. (%) - E	2,67	4,69	2,10	4,02	12,40	4,96	4,02	3,42

[ns]Não significativo a 5% de probabilidade; [**]Significativo a 1% de probabilidade; [*]Significativo a 5% de probabilidade.
[1]NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6).

verifica-se efeito significativo para I4, com maior diâmetro de copa para a época E1 (230,60) e menor diâmetro de copa para as épocas E3 (205,47 cm) e E4 (201,41cm). Desdobrando épocas dentro de supressões ocorre efeito de supressão I6, com maior diâmetro de copa para a época E2 (221,85 cm) e menor diâmetro de copa para a época E1 (197,29 cm). Não foram detectadas diferenças para as demais épocas de avaliação dentro de supressões de irrigação. Dessa forma, a supressão I4 proporcionou maior diâmetro de copa durante o período inverno (E1) e menor na primavera (E3 e E4). A supressão I6 promoveu maior diâmetro de copa também durante o inverno (E2).

Para a altura de planta (Tabela 4), no desdobramento da interação comparando supressões de irrigação dentro de épocas de avaliação, destaca-se a maior altura de planta, em todas as épocas, para as supressões I5 e I6.

Em três de seis épocas de avaliação (Tabela 4), as menores alturas de planta foram obtidas para os cafeeiros não irrigados (I1) , com valores entre 295,70 cm (E3) a 309,69 cm (E6). Entre os tratamentos irrigados, a irrigação continuada durante todo o ano (I2) proporcionou os menores valores de altura de planta, para todas as épocas, com 306,22 cm a 328,13 cm. No desdobramento de épocas de avaliação, dentro de supressões de irrigação, verifica-se efeito significativo para a supressão

TABELA 2 - Desdobramento da interação de supressões de irrigação e épocas de avaliação para o diâmetro de caule (mm) dos cafeeiros arábica cv. Mundo Novo IAC 376-4 decotados e esqueletados. UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

Supressão de irrigação (I)[1]	Época avaliada (E)					
	E1 19/06/2010	E2 22/08/2010	E3 24/10/2010	E4 16/12/2010	E5 24/02/2010	E6 13/04/2011
I1= NI	67,37aA	67,50bA	66,08bA	67,63bA	65,60cA	69,25bA
I2= IC	70,83aA	68,45abA	69,63abA	68,02bA	67,77bcA	68,66bA
I3= IC 14a-19m	67,70aB	69,78abAB	67,58bB	72,12aA	72,55aA	73,32aA
I4=IC 20m-24jn	67,72aB	70,98abAB	69,46abAB	72,24aAB	72,50aA	70,08abA
I5=IC 25jn-30jl	68,38aA	71,86aA	71,93aA	71,39abA	69,46abA	71,09abA
I6=IC 31jl-04s	70,70aA	71,25abA	71,77aA	67,94bA	70,58abA	68,17bA
DMS (I) 5%: 3,79	DMS (E) 5%: 3,95					

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).
[1]NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6).

TABELA 3 - Desdobramento da interação de supressões de irrigação e épocas de avaliação, para o diâmetro de copa (cm) dos cafeeiros arábica cv. Mundo Novo IAC 376-4 decotados e esqueletados. UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

Supressão de irrigação (I)[1]	Época avaliada (E)					
	E1 19/06/2010	E2 22/08/2010	E3 24/10/2010	E4 16/12/2010	E5 24/02/2010	E6 13/04/2011
I1= NI	212,66abA	210,01abA	217,68aA	213,13aA	211,26abA	218,75aA
I2= IC	218,60abA	229,49aA	219,71aA	218,57aA	211,60abA	212,04abA
I3= IC 14a-19m	221,07abA	223,57aA	215,08aA	214,04aA	229,57aA	227,29aA
I4=IC 20m-24jn	230,60aA	227,56aAB	205,47aC	201,41abC	206,72bBC	211,25abABC
I5=IC 25jn-30jl	206,57bA	198,06bA	202,75aA	192,69bA	199,03bA	199,03bA
I6=IC 31jl-04s	211,46abAB	221,85aA	216,14aAB	213,85aAB	216,35abAB	213,41abAB
DMS (I) 5%: 19,59	DMS (E) 5%: 21,29					

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).
[1]NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6).

I2, com a época E6, com a maior altura de planta ocorrida durante o outono. Desdobrando a supressão I3, dentro de épocas, verifica-se menor altura de planta significativa para as épocas E1 (318,22 cm) e E4 (321,25 cm) e maior altura de planta para a época E5 (335,88 cm), durante o verão. No desdobramento significativo de épocas, dentro de I5, verifica-se (Tabela 4) que a época E1 (331,68 cm) proporcionou, durante o inverno, a menor altura de planta e maior na época E3 (347,69 cm), durante a primavera.

O desdobramento da interação das supressões de irrigação e épocas de avaliação para o número de ramos plagiotrópicos é apresentado na Tabela 5.

Em geral, o menor número de ramos plagiotrópicos, dentro das épocas avaliadas,foi obtido no tratamento não irrigado (I1) e no irrigado, continuamente, durante todo o ano (I2). No desdobramento do número de ramos plagiotrópicos, para as épocas de avaliação, dentro da supressão I2, observam-se que as médias se comportaram de forma semelhante aos resultados anteriormente apresentados, para a variável altura de planta com maior crescimento, durante o período o verão (E5) e outono (E6). No desdobramento significativo de épocas dentro da supressão I3, verifica-se, na Tabela 5, o menor

TABELA 4 - Desdobramento da interação de supressões de irrigação e épocas de avaliação para a altura de planta (cm) dos cafeeiros arábica cv. Mundo Novo IAC 376-4 decotados e esqueletados. UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

Supressão de irrigação (I)[1]	Época avaliada (E)					
	E1 19/06/2010	E2 22/08/2010	E3 24/10/2010	E4 16/12/2010	E5 24/02/2010	E6 13/04/2011
I1= NI	301,60dA	301,00cA	295,70cA	304,50dA	298,00dA	309,69dA
I2= IC	314,96cdAB	306,22cB	316,97bAB	313,60cdB	317,94cAB	328,13cA
I3= IC 14a-19m	318,22bcB	328,22bAB	326,60bAB	321,25bcB	335,88abA	329,38bcAB
I4=IC 20m-24jn	331,51abA	330,76bA	324,80bA	331,63abA	323,37bcA	326,59cA
I5=IC 25jn-30jl	331,68abB	336,60bAB	347,69aA	337,29aAB	339,01aAB	343,36abAB
I6=IC 31jl-04s	340,36aA	351,45aA	342,50aA	343,39aA	349,85aA	344,39aA
DMS (I) 5%: 14,45						

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).
[1]NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6).

TABELA 5 - Desdobramento da interação de supressões de irrigação e épocas de avaliação para o número de ramos plagiotrópicos dos cafeeiros arábica cv. Mundo Novo IAC 376-4 decotados e esqueletados. UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

Supressão de irrigação (I)[1]	Época avaliada (E					
	E1 19/06/2010	E2 22/08/2010	E3 24/10/2010	E4 16/12/2010	E5 24/02/2010	E6 13/04/2011
I1= NI	54,41cA	55,82cA	55,63cA	56,75bA	54,47cA	57,13cA
I2= IC	56,41cBC	56,13cC	58,07cABC	55,66bC	61,72bcAB	62,91bcA
I3= IC 14a-19m	61,66bcB	67,60bAB	61,97bcB	65,91aAB	68,47abA	67,96abA
I4=IC 20m-24jn	69,38abA	66,66abA	68,50abA	70,72aA	70,05aA	67,72abA
I5=IC 25jn-30jl	68,79abA	70,50abA	72,44aA	69,32aA	69,35abA	73,22aA
I6=IC 31jl-04s	70,78aA	73,16aA	72,37aA	70,19aA	73,79aA	71,13aA
DMS (I) 5%: 7,93						

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).
[1]NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6).

número de ramos plagiotrópicos para as épocas E1 (61,66) e E3 (61,97) e maior número de ramos plagiotrópicos, durante a época E5 (68,47) de verão e E6 (67,96) de outono.

Verificam-se nas médias, entre todas as características mensuradas no crescimento vegetativo dos cafeeiros, que a altura de inserção do primeiro ramo plagiotrópico (Tabela 1) não apresentou diferenças na supressão de irrigação (I), épocas de avaliação (E) e interação I x E, obtendo-se média geral no experimento de 50,12 cm.

Em relação ao comprimento de ramos na face SE (Tabela 1), as supressões de irrigação I5 (122,63 cm) e I6 (123,16 cm) pertenceram ao grupo de média de maior comprimento. Entre os cafeeiros irrigados, aqueles com irrigação continuada (I2), apresentaram o menor comprimento de ramos plagiotrópicos (107,80 cm). As épocas de avaliação (E) e interação I x E não apresentaram efeitos significativos (ns). Para as supressões de irrigação, as mesmas observações se aplicam ao comprimento de ramos da face NW e comprimento médio de ramos, porém nestes foram detectados menores valores nas épocas de avaliação E1 (115,42 cm; 113,86 cm), durante o período de inverno e maiores para as épocas E5 (118,27 cm; 117,66 cm), no verão, e E6 (119,49 cm; 117,56 cm), durante o outono, com maiores significâncias obtidas pelo teste de F. Os cafeeiros não irrigados (I1) apresentaram os menores comprimentos de ramos nas faces SE, NW e comprimento médio de ramos (104,92 cm, 105,57 cm; 105,25 cm).

Uma possível explicação para o comportamento vegetativo dos cafeeiros, neste estudo, seria a descrição de Camargo e Camargo (2001), em relação ao ciclo fenológico do cafeeiro arábica Mundo Novo, nas condições de cultivos no Brasil, distinguindo-se em fase preparativa e construtiva. Segundo os autores, durante o período quente e chuvoso (primavera e verão), predomina a fase preparativa, quando se manifestam as atividades de crescimento de ramos, folhas, gemas, flores e frutos. Durante a fase construtiva, existe uma competição entre o crescimento vegetativo e o processo de frutificação, evidenciada pelos anos alternados de grandes e pequenas produções na bienalidade da produção.

No campo, as características vegetativas visualizadas nas plantas não irrigadas durante a condução do experimento corroboram com as observações recentes de Matiello et al. (2012) em lavouras de café no estado da Bahia. Segundo os autores, devido ao problema da seca, as plantas encontram-se completamente murchas, amareladas, com ponteiros secos e com grande desfolha. Rena e Maestri (1987) relataram que a perda de folhas se intensifica na época seca com a redução da área foliar, nesse período, de 32 m^2 para 12 $m^{2,}$,em cafeeiros arábica, em Campinas (SP). Gomes, Lima e Custódio (2007) observaram, após cinco anos em Lavras (MG), maiores incrementos no desenvolvimento vegetativo das plantas irrigadas, durante o período seco do ano, nos meses de abril a setembro. De forma similar, verifica-se, neste estudo, entre todas as supressões de irrigação, que os cafeeiros não irrigados apresentaram o menor incremento no crescimento inicial após a primeira poda, exceto para altura de inserção do 1º ramo plagiotrópico que não apresenta nenhuma diferença, sendo observado em campo, nos cafeeiros não irrigados, todos os sinais relatados por Matiello et al. (2012). Entre os cafeeiros irrigados aqueles com irrigação continuada, durante todo o ano (IC), apresentaram o menor crescimento inicial sendo maior nas supressões IC 25jn-30jl e IC 31jl-04s, exceto para diâmetro de copa com melhor média na IC 20m-24jn.

Embora a temperatura e as chuvas estejam entre os fatores climáticos que influenciam no processo de crescimento e produção do cafeeiro arábica, mesmo em áreas quentes, com média anual acima de 23 ºC, torna-se possível a produção de café cultivado com alta tecnologia e o artifício da irrigação (MATIELLO, 2012; OLIVEIRA et al., 2010), como ocorre em Pirapora (MG) e na região de Matão (SP).

Verifica-se, (Tabela 6), a não significância das interações entre supressões de irrigação e face de exposição, para todas as características produtivas. Entre as supressões de irrigação, os tratamentos irrigados (I2, I3, I4, I5 e I6) apresentaram diferenças significativas, quando comparados à supressão I1. A produtividade total dos cafeeiros não irrigados apresentou a menor média na face noroeste e soma, respectivamente 20,70 e 31,38 sacas.ha^{-1} e porcentagem de renda por face (47,28%). Os cafeeiros irrigados apresentaram, em suas faces de exposição NW e na soma de suas médias as mesmas produtividades, respectivamente 29,74 a 35,83 sacas.ha^{-1} e 40,32 a 51,18 sacas.ha^{-1} com porcentagem de renda por face, entre 50,06 a 51,96%.

Matiello et al. (2012) observaram, em lavouras no estado da Bahia, com o problema da seca que, durante o período de granação dos frutos, de janeiro a março, que, sem disponibilidade de

água, as plantas não puderam acumular reservas em seus grãos, resultando em chochamento e má formação, com diminuição da produtividade, rendimento de benefício e granulometria dos grãos de café. Camargo e Camargo (2001) relataram que uma seca nesse período resulta em danos à produção. Os tratamentos irrigados promoveram aumento em produtividade total de café (40,32 a 51,18 sacas. ha^{-1}) e em porcentagem de renda (50,06 a 51,96%). Isso provavelmente deve-se à diminuição da temperatura existente no interior das plantas, em condição microclimática (PEZZOPANE; PEDRO JÚNIOR; GALLO, 2007) em que, mesmo após uma curta supressão da água para as plantas, depois de retornar a irrigação não tenha ocorrido significativo abortamento floral, garantindo assim o pegamento da florada (MATIELLO, 2012). Dessa maneira, mesmo em locais como na cidade mineira de Pirapora, a 520 m de altitude e temperatura média anual de 24,3 ºC existem lavouras cafeeiras com produtividade média, em oito safras , superior a 60 sacas.ha^{-1} (MATIELLO et al., 2008, 2012) e garantia hídrica para as plantas.

No experimento, as avaliações de produtividade de chão, rendimento e massa de 100 grãos não se diferenciaram entre as diferentes supressões de irrigação, apresentando média geral, por face, de 3,07 sacas. ha^{-1}; 444,12 L. saca 60 kg^{-1} e 11,88 gramas, respectivamente. Para o fator FEPARS foram observados melhores resultados (α = 0,01) para a face NW, quando comparada à face SE. Na face NW, foi verificada a maior produtividade total de café com 31,17 sacas. ha^{-1} equivalente a 2,36 vezes a mais que a face SE (13,23 sacas de café. ha^{-1}) ou 70,20% da média geral da produtividade total de café, nas duas faces (44,40 sacas. ha^{-1}). No entanto, foi encontrada maior quantidade de café de "chão" para a face NW (3,99 sacas de café. ha^{-1}). Esse fato deve-se

TABELA 6 - Comparação das médias e suas respectivas significâncias para as características produtivas dos frutos de cafeeiros arábica cv. Mundo Novo IAC 376-4 decotados e esqueletados submetidos a diferentes supressões de irrigação avaliadas em duas faces de exposição solar (FEPARS). UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

Supressão de irrigação (I)[1]	Produtividade (Sacas. ha_{-1})			Produtividade de chão (Sacas. ha_{-1})			Rendimento/ Face	Renda/ Face	Massa 100 grãos/
	SE	NW	Total	SE	NW	Total	(L. saca 60 kg^{-1})	(%)	Face(g)
I1= NI	10,68	20,70b	31,38b	1,25a	2,49	3,74	482,34	47,28b	11,84
I2= IC	12,60	34,03a	46,63a	1,71a	3,87	5,58	429,01	51,48a	12,09
I3= IC 14a-19m	15,22	35,83a	51,05a	2,49a	3,78	6,27	448,65	51,51a	11,95
I4=IC 20m-24jn	16,41	34,77a	51,18a	2,14a	4,30	6,44	431,11	51,96a	11,78
I5=IC 25jn-30jl	12,92	32,93a	45,85a	2,20a	5,10	7,30	446,56	50,69a	11,92
I6=IC 31jl-04s	10,58	29,74a	40,32a	3,15a	4,41	7,55	427,07	50,06a	11,69
Teste F	0,71ns	3,67*	2,48*	0.66ns	1,19ns	0,97ns	2,29ns	5,41**	0,50ns
DMS (5%)	11,22	11,22	19,33	3,51	3,51	6,43	63,28	3,37	0,91
FEPARS									
Sudeste - SE		13,23b			2,15b		473,70a	50,26	11,77
Noroeste - NW		31,17a			3,99a		414,55b	50,73	11,99
Teste F		218,52**			33,05**		60,37**	2,54ns	3,64ns
DMS (5%)		2,61			0,67		15,99	0,63	0,24
F da Interação									
I x F		1,64ns			0,76ns		0,38ns	1,10ns	1,09ns
Média Geral		44,40			6,15		444,12	50,50	11,88
CV Parc.(%) - I		18,76			45,55		8,77	4,11	4,70
CV Subparc.(%)-F		19,21			36,04		5,94	2,04	3,29

[ns]Não significativo a 5% de probabilidade; [**]Significativo a 1 % de probabilidade; [*]Significativo a 5 % de probabilidade.
[1]NI= não irrigado (I1); IC=irrigação continuada durante todo o ano (I2); IC 14a-19m= IC, exceto entre 14 de abril a 19 de maio (I3); IC 20m-24jn= IC, exceto entre 20 de maio a 24 de junho (I4); IC 25jn-30jl= IC, exceto entre 25 de junho a 30 de julho (I5) e IC 31jl-04s= IC, exceto entre 31 de julho a 04 de setembro (I6).

à maior radiação solar interceptada pelas plantas na face NW (ALVES et al., 1983), influenciando no estádio de maturação dos frutos pela aceleração da secagem, resultando na queda dos frutos (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008). Custódio et al. (2012a), avaliando as perdas na colheita mecanizada de cafeeiros em duas velocidades operacionais, quanto à face de exposição Leste e Oeste, no mesmo local, encontraram maiores perdas com a face voltada para a exposição Oeste (West) dos cafeeiros, independente da velocidade operacional. A maior perda, durante a colheita pela face Oeste, pode ser atribuída a sua maior carga pendente e maior porcentual de frutos, no estádio de maturação seco, sendo aferidos neste experimento somente os valores médios de ambas as faces com 4,76 L. planta^{-1} e 12%, respectivamente.

Diferenças também foram encontradas por Oliveira et al. (2012) em lavoura irrigada por pivô central, na cidade mineira de Pirapora, com maiores produtividades de café para as faces de exposição das plantas nordeste e sudoeste. No presente trabalho, um dos fatores que contribuíram para a maior produtividade de café, na face de exposição NW, foi o melhor desempenho do rendimento da lavoura, ou seja, no menor volume de frutos colhidos necessários para compor uma saca de 60 kg beneficiada de café grão cru (L.saca 60 kg^{-1}). Isso ocorreu devido à diminuição do grau de umidade encontrado no interior dos frutos, pela maior interceptação da radiação solar. Assim, observa-se a necessidade do menor volume de frutos, na face de exposição NW (414,55 L.saca 60 kg^{-1}), para compor uma saca de 60 kg beneficiados de café grão cru, se comparado à face de exposição SE (473,70 L. saca 60 kg^{-1}) apresentando, portanto, melhor rendimento do café.

As avaliações de renda porcentual e massa de 100 grãos não se diferenciaram entre as faces de exposição SE e NW, apresentando média geral/face no experimento de 50,50% e 11,88 gramas, respectivamente.

As características vegetativas e produtivas obtidas neste estudo são resultados de avaliações iniciais provenientes de cafeeiros submetidos à prática da poda, tipo decote e esqueletamento, e seus efeitos em diferentes supressões de irrigação e faces de exposição das plantas à radiação solar, o que integra diferentes sistemas de produção agrícola. Como o cafeeiro possui particularidades, a exemplo da bienalidade da produção, com anos de alta e baixa produtividade (CAMARGO; CAMARGO, 2001), torna-se interessante que observações sejam realizadas ao longo de outras safras (LIMA et al., 2008; SILVA et al., 2008) e localidades.

4 CONCLUSÕES

O cafeeiro não irrigado apresenta menor incremento no crescimento inicial após a poda, exceto para altura de inserção do 1º ramo plagiotrópico no qual não apresentou qualquer efeito.

No cafeeiro irrigado, durante todo o ano (IC) ocorre menor incremento no crescimento inicial sendo maior na supressão IC 25jn-30jl e IC 31jl-04s, durante o período de primavera e verão, exceto para diâmetro de copa com maior crescimento na IC 20m-24jn.

Nos cafeeiros irrigados em especial ao uso das supressões IC 14a-19m, IC 20m-24jn, e IC 25jn-30jl ocorre maior produtividade total e renda de benefício de café, comparado ao cafeeiro não irrigado.

A face noroeste de exposição das plantas à radiação solar proporciona maior produtividade total e rendimento de café.

5 AGRADECIMENTOS

À fazenda Cambuhy Agrícola; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por fomentar a execução deste experimento; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos; aos funcionários, estagiários e pós-graduandos do Departamento de Produção Vegetal da Univ. Estadual Paulista FCAV, pela colaboração e apoio indispensável no experimento. À todos os colegas que disponibilizaram seu veículo em Jaboticabal para as inúmeras avaliações de campo até Matão, em especial ao amigo Eduardo Garrido.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, A. R. et al. Determinação analítica dos instantes do “nascer” e do “pôr do sol” para superfícies inclinadas quaisquer. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 194-198, 1983.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: UNESP, 2012.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10. 1590/S0006-87052001000100008>. Acesso em: 25 set. 2012.

CUSTÓDIO, A. A. de P. et al. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cafeeiros irrigados. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 87, n. 3, p. 172-180, 2012a.

_____. Florescimento da lavoura cafeeira sob diferentes manejos de irrigação. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 20-30, 2012b. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/168>. Acesso em: 25 set. 2012.

_____. Incidência do bicho-mineiro do cafeeiro em lavoura irrigada por pivô central. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 16-26, 2009. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/106l>. Acesso em: 25 set. 2012.

_____. Intensidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro quanto à face de exposição das plantas. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 214-228, 2010. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/338/pdf>. Acesso em: 25 set. 2012.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. Pesquisa **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200015>. Acesso em: 25 set. 2012.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTODIO, A. A. de 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, nov./dez. 2007 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000600003>. Acesso em: 25 set. 2012.

GUERRA, A. F. et al. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **ITEM, Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 73, p. 52-61, 2007.

KARASAWA, S. et al. Resposta do cafeeiro cv. Topázio MG -1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambienta**l, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 28-34, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662002000100006>. Acesso em: 25 set. 2012.

LIMA, L. A. et al. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000600023>. Acesso em: 25 set. 2012.

MATIELLO, J. B. **Café arábica parece que quanto mais quente melhor**. Varginha: PROCAFÉ, 2012. 2 p. (Folha Técnica, 138). Disponível em: <http://www.fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/publicacoes/pdf/folhas/Folha138Caf%C3%A9Arabica.pdf>. Acesso em: 29 maio 2012.

MATIELLO, J. B. et al. **Estiagem prolongada prejudica café na Bahia**. Varginha: PROCAFÉ, 2012. 4 p. (Folha Técnica, 140). Disponível em: <http://www.fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/publicacoes/pdf/folhas/Folha140%20-%20%20Estiagem%20prolongada%20prejudica%20caf%C3%A9%20da%20Bahia.pdf>. Acesso em: 29 maio 2012.

_____. Redução de água ou stress hídrico na floração do cafeeiro na região de Pirapora, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Anais...** Caxambu: IBC-GERCA, 2008. p. 37-38.

NASCIMENTO, L. M. et al. Paralisação da irrigação e sincronia do desenvolvimento das gemas reprodutivas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) orgânicos e adensados. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 107-112, 2010. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/333>. Acesso em: 25 set. 2012.

OLIVEIRA, E. L. et al. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro acaiá, considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 887-896, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500011>. Acesso em: 25 set. 2012.

OLIVEIRA, K. M. G. et al. Modelagem para a estimativa da orientação de linhas de plantio de cafeeiros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 293-305, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000200009>. Acesso em: 25 set. 2012.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 256-264, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000300003>. Acesso em: 25 set. 2012.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia na produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 119-147.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 483 p.

SILVA, C. A. et al. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300014>. Acesso em: 25 set. 2012.

SILVA, E. A. da et al. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 493-501, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000200024>. Acesso em: 25 set. 2012.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i1.2128>. Acesso em: 25 set. 2012.

PLANEJAMENTO AMOSTRAL DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM LAVOURA DE CAFÉ CONILON

Eduardo Oliveira de Jesus Santos[1], Ivoney Gontijo[2], Marcelo Barreto da Silva[3]

(Recebido: 29 de julho de 2012; aceito: 22 de julho de 2013)

RESUMO: Informações a respeito da distribuição espacial dos atributos químicos do solo são de fundamental importância para a cultura do cafeeiro, pois possibilitam a tomada de decisões acertadas, podendo ser fator determinante para a produtividade da cultura. Objetivou-se, no presente trabalho, estudar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em lavoura de café conilon e propor uma metodologia de amostragem de solo que melhor se ajuste às condições do sistema de manejo. Conduziu-se o experimento em uma lavoura de café conilon no município de São Mateus - ES, plantada no espaçamento 1,8 x 1,0 m (5.555 plantas ha^{-1}). Instalou-se uma malha retangular de 61,6 x 20 m (1.232 m^2), com 60 pontos distanciados de 5,6 m entrelinhas e 5,0 m na linha de plantio. Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0,0-0,20 m. Utilizando parâmetros estatísticos, estabeleceu-se o número adequado de amostras para análise dos atributos estudados que variaram de 1 a 18 pontos. A maior variação foi observada para Ca (CV 41,7%) e o menor para pH (CV 6,1%). Todos os atributos em estudo apresentaram estrutura de dependência espacial, com grau de dependência forte e moderada. A maioria dos atributos avaliados foi satisfatoriamente descrita pelo modelo esférico. Para futuras amostragens em condições semelhantes ao presente estudo, sugere-se coletar 18 subamostras, utilizando malha quadrada suficiente para cobrir toda a área de interesse, com intervalo de amostragem, no mínimo, igual ao alcance de dependência espacial dos atributos em estudo.

Termos para indexação: Macronutrientes, amostragem de solo, estatística clássica, geoestatística.

PLANNING SAMPLE OF CHEMICAL SOIL PROPERTIES ON A CONILON COFFEE PLANTATION

ABSTRACT: *Information about the spatial distribution of the soil chemical properties are of fundamental importance to the coffee plantation, as they allow making good decisions, being determinant for the crop factor. The aim of the present work was to study the spatial variability of soil chemical properties in a Conilon coffee field and to propose a methodology of soil sampling that best fits the conditions of the management system. The experiment was conducted in a crop Conilon coffee field in São Mateus, state of Espirito Santo, planted in a spacing 1.8 x 1.0 m (5,555 plants* ha^{-1}*). Installed a rectangular grid of 20 x 61.6 m (1,232 m2), with 60 lines spaced with 5.6 m and 5.0 m in the row points. At each sampling point, soil samples were collected at 0.0-0.20 m deep. Statistical analysis established the adequate number of samples to analyze the studied attributes ranging from 1 to 18 points. The greatest variation was observed for Ca (CV 41.7%) and the lowest for pH (CV 6.1%). All attributes in the study showed spatial dependence structure, with strong and moderate degree. The majority of attributes evaluated were satisfactorily described by spherical model. For future sampling in similar conditions to the present study, it is suggested to collect 18 subsamples using square mesh enough to cover the entire area of interest, with sampling interval at least equal to the range of spatial dependence of the attributes studied.*

Index terms: *Macronutrients, soil sampling, classical statistics, geostatistics.*

1 INTRODUÇÃO

Informações a respeito dos teores dos nutrientes no solo são de fundamental importância para a cultura do cafeeiro, pois é fator primordial para a caracterização da fertilidade do solo e determinante para a produtividade. A avaliação dessas características, mesmo em áreas homogêneas e em curtas distâncias, apresenta variação espacial que pode influenciar a produtividade do café conilon. Baseada nesse princípio, a geoestatística assume grande relevância, possibilitando determinar a variabilidade espacial de propriedades químicas do solo (OLIVEIRA et al., 2009).

O manejo da fertilidade do solo realizado na cultura do café conilon, quanto à aplicação de insumos, é baseado nos teores médios de uma amostra composta, oriunda de subamostras coletadas em ziguezague na área, desconsiderando assim a variabilidade natural do solo (OLIVEIRA et al., 2008). Nesse sentido, no processo de amostragem ao acaso, amostras simples podem ser coletadas muito próximas umas das outras, duplicando a informação dos teores de nutrientes do solo. Informações referentes à continuidade da distribuição espacial entre as amostras, representada pelo alcance, permitirão a construção de conjuntos de dados independentes, possibilitando o uso da estatística clássica sem restrições (GONTIJO et al., 2007).

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro Universitário Norte do Espírito Santo/CEUNES - Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas/DCAB - 29.9932 - São Mateus - ES - eduardoliviera@hotmail.com
[2]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - CEUNES - DCAB - 29.9932 - São Mateus - ES ivoneygontijo@ceunes.ufes.br
[3]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - CEUNES - DCAB - 29.9932 - São Mateus - ES marcelobarreto@ceunes.ufes.br

A amostragem do solo é um dos procedimentos mais importantes, em qualquer programa de pesquisa e de recomendação de adubação do solo, pois de nada adianta realizar análises químicas sofisticadas e rigorosas, se as amostras não caracterizarem a área em estudo onde será realizado o manejo de fertilidade (CHUNG; CHONG; VARSA, 1995). Assim, a análise estatística auxilia na indicação de um número mínimo de pontos suficientes para reduzir a variação dos resultados a um nível aceitável, coerente com a recomendação tradicional de até 20 subamostras por gleba (PREZOTTI et al., 2007; ROZANE et al., 2011). Com isso, tem-se uma amostra representativa da população para que os resultados da análise do solo tenham validade técnica e científica, e que recursos não sejam empregados desnecessariamente e, ou, evitando-se amostragem não representativa (ROZANE et al., 2011).

Quando o grau de autocorrelação espacial, entre as subamostras de determinada propriedade química do solo, não é levada em consideração, como no caso da estatística clássica, frequentemente coleta-se uma quantidade excessiva de amostras para obter a precisão desejada. Assim, o conhecimento da dependência espacial das propriedades do solo é importante para nortear o processo de amostragem, promovendo otimização do processo e uma consequente redução nos custos (GONTIJO et al., 2007).

Objetivou-se, no presente trabalho, estudar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, em lavoura de café conilon e propor uma metodologia de amostragem de solo que melhor se ajuste às condições do sistema de manejo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento em uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora* Pierre), com idade de 2 anos, em sistema de plantio adensado, com espaçamento de 1,8 x 1,0 m (5.555 plantas ha^{-1}) mantendo-se quatro hastes por planta, localizada no município de São Mateus-ES, nas coordenadas 18° 41' 58'' Sul e 40° 03' 00''Oeste, com altitude média de 30 m. Verificou-se, no histórico da área, que a cultura cultivada anteriormente foi a pimenteira do reino. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006).

Demarcou-se, com o auxílio de uma trena, uma malha retangular de 20 x 61,6 m (1.232 m^2) com 60 pontos distanciados de 5,6 m entrelinhas e 5,0 m na linha de plantio (Figura 1). As fileiras da lavoura estão dispostas no sentido norte-sul. Em cada ponto amostral, foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa do cafeeiro, utilizando um amostrador de solo tipo "sonda", compondo uma amostra de, aproximadamente , 500 cm^3, na profundidade de 0-20 cm, para obtenção de dados referentes à fertilidade do solo (acidez potencial, CTC potencial, cálcio, magnésio, potássio, saturação por bases e pH em água), de acordo com EMBRAPA (1997).

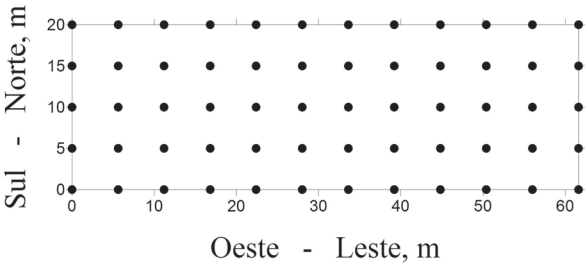


FIGURA 1 - Esquema de amostragem realizada na área experimental, em metros.

Na ocasião da implantação da lavoura em 2008, foi realizada a correção do solo com a aplicação de 2.000 kg ha^{-1} de calcário dolomítico, em sulcos e na área total. No plantio, para cada metro de sulco, foi aplicado 5 kg de uma mistura curtida nas proporções de 3:2 de palha de café com esterco de galinha, além de 300 g de superfosfato simples. Na formação da lavoura, no primeiro ano após o plantio, foram feitas adubações mensais do formulado 25-00-25 com doses crescentes de 20 g $planta^{-1}$ até o limite de 50 g $planta^{-1}$. As adubações anuais de produção, a partir do segundo ano após o plantio, foram parceladas em seis aplicações do formulado 25-00-25, com início nos meses de agosto-setembro e a cada 40 dias até o mês de abril. A cada pós-colheita (julho-agosto) realiza-se a calagem conforme recomendações técnicas do Manual de Calagem de Adubação do Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), baseadas em análises de solo.

Os resultados referentes à fertilidade do solo foram submetidos à análise estatística descritiva obtendo-se a média, mediana, variância amostral, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose, bem como a verificação da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico

Action v. 2.3 (ACTION DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

A definição do número de subamostras (n) para obter valores médios representativos das propriedades químicas em estudo, para um nível de confiança desejado, pode ser calculado pela equação 1 (CLINE, 1944), em que a quantidade de pontos amostrais necessários é diretamente proporcional ao seu CV.

$$n = \left(\frac{t\alpha / 2.CV}{er} \right)^2 \quad (01)$$

em que: tα/2 = valor da tabela de distribuição de Student para o nível de probabilidade α/2 (bilateral); CV = coeficiente de variação (%); e, er = erro relativo admitido em torno da média (%).

Os dados foram submetidos à análise geoestatística, visando definir o modelo de variabilidade espacial das variáveis envolvidas nesse estudo, obtendo-se assim, os semivariogramas e, posteriormente, o mapeamento de cada atributo químico estudado, através da krigagem. A análise da dependência espacial foi feita pela geoestatística, com auxílio do programa computacional GS^{+} ® Versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (1983):

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2}{2n(h)} \quad (02)$$

em que: n(h) número de pares amostrais [$z(x_i)$; $z(x_i + h)$] separados pelo vetor h, sendo $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$, valores numéricos observados do atributo analisado, para dois pontos x_i e $x_i + h$ separados pelo vetor h.

Os modelos de semivariograma considerados foram o esférico e exponencial. Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada e menor SQR (soma de quadrados do resíduo), nessa ordem. Faraco et al. (2008), estudando diversos critérios para validação de atributos do solo, concluíram que a validação cruzada foi o método mais adequado para a escolha do melhor ajuste de semivariograma. A validação cruzada, segundo Isaaks e Srivastava (1989), é uma técnica de avaliação de erros de estimativas que permite comparar os valores previstos com os amostrados. O valor da amostra, em certa localização, é temporariamente descartado do conjunto de dados e, então, é realizada uma previsão por krigagem no local, usando-se as amostras restantes.

Foi calculada a razão de dependência espacial (RD), que é a proporção em percentagem do efeito pepita (Co), em relação ao patamar (Co+C), dada pela equação 3:

$$RD = \frac{Co}{Co + C} 100 \quad (03)$$

de acordo com Cambardella et al. (1994), apresenta a seguinte proporção: (a) dependência forte < 25%; (b) dependência moderada de 25 a 75% e (c) dependência fraca > 75%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatística para as propriedades químicas em estudos estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que há uma tendência de distribuição simétrica para todos os atributos químicos em estudo, devido à proximidade dos seus valores de média e mediana, o que pode ser confirmado pelos valores de assimetria próximos de zero.

Os resultados referentes ao teste de Shapiro-Wilk, a 5% (P>0,05) reforçam a aceitação da hipótese de normalidade dos dados para os atributos Ca, T e V. Silva et al. (2008), estudando a variabilidade espacial dos atributos químicos na cultura do café arábica encontrou resultado semelhante para a CTC potencial. O conhecimento da distribuição de frequência dos dados de uma variável tem importantes consequências, pois a análise da variância e os testes de significância, normalmente usados na estatística clássica, baseiam-se na distribuição normal dos dados. No entanto, esse fato não deve ser motivo de preocupação quando se aborda análise espacial dos dados (CLARK, 1979).

Observa-se pela análise exploratória dos dados que a variabilidade dos atributos avaliados, medida pelo coeficiente de variação (CV) foi 20,8%, 17,8%, 41,7%, 31,1%, 32,4%, 20,6% e 6,1%, para H+Al, T, Ca, Mg, K, V e pH em água, respectivamente (Tabela 1). Classificaram-se os valores de CV como baixo para o pH em água e médio para as demais variáveis, segundo os critérios propostos por Warrick e Nielsen (1980). Classificações semelhantes foram encontradas por

Barbieri, Marques Júnior e Pereira (2008) para a T e K, Guedes et al. (2008) para H+Al, Oliveira et al. (2009) para as variáveis pH, Ca e Mg, e Silva et al. (2010) para V.

De acordo com Zanão Júnior et al. (2007), os CV's médios dos atributos químicos H+Al, T, Ca, Mg, K, %V, podem ser atribuídos ao efeito residual do manejo das adubações anteriores na lavoura de café conilon. De acordo com Davis et al. (1995), o menor CV observado para o pH é devido ser esse uma função logarítmica e, assim, apresenta naturalmente pequena variação.

Observa-se na Figura 2, o número necessário de pontos amostrais ao nível de significância de 5%, para variações em torno da média, medidas pelo erro relativo, de 5 a 30%. A quantidade de pontos de amostragem para obter variação de 10 % em torno da média, com 5% de nível de significância foi de 4, 3, 18, 9, 10, 4 e 1, respectivamente para os atributos químicos H+Al, T, Ca, Mg, K, V e pH (Figura 2). À medida que se reduz a variação em torno da média ocorre o aumento da quantidade de pontos amostrais. Assim, o aumento da exatidão da estimativa está associado ao acréscimo considerável do número de amostras, onerando o processo de amostragem sem incremento proporcional em precisão (GONTIJO et al., 2007).

Considerando que o erro amostral está dentro do tolerável, 10 % ao redor da média no presente estudo, recomendou-se coletar 18 amostras simples de solo na área estudada, valor que está de acordo com a recomendação de Prezotti et al. (2007), que é de 15 a 20 amostras simples por área. Souza et al. (1997), estudando a variabilidade espacial das propriedades químicas do solo em um pomar de citrus, com ênfase no planejamento amostral, enfatizam que não se faz uma amostragem em separado para cada atributo químico, o que significa que a precisão final da estimativa realizada após amostragem única irá depender da variável considerada.

Verificou-se estrutura de dependência espacial para todos os atributos químicos do solo em estudo (Tabela 2, Figura 3). O modelo esférico ajustou-se à semivariância estimada de todas as variáveis estudadas, com exceção do T e Mg que foram ajustados ao modelo exponencial. Souza et al. (2008), pesquisando a variabilidade espacial de atributos químicos em pastagem encontrou modelo semelhante para as variáveis V, Ca, K e H+Al.

Observou-se que os valores do coeficiente de determinação (R^2) das propriedades químicas em estudo variaram entre 0,563 e 0,998, ou seja, 56,3% à 99,8% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. O coeficiente de regressão da validação cruzada (CRCV) variou entre 0,168 e 0,727, para K e Mg, respectivamente. O CRCV indica que a estimativa do teor de Mg no solo, utilizando a técnica da krigagem, apresenta um menor erro e, portanto, é mais confiável. O baixo valor do CRCV para K deve-se, provavelmente, à maior mobilidade desse nutriente no solo, o que proporciona uma maior descontinuidade espacial, dificultando sua estimativa.

TABELA 1 - Estatística descritiva dos dados da acidez potencial, CTC potencial, cálcio, magnésio, potássio, saturação por bases e pH em água obtidos a partir de 60 amostras, em uma lavoura de café conilon.

Estatística descritiva	H+Al	T	Ca	Mg	K	V	pH
	----------$cmol_c$ dm^{-3}----------				mg dm^{-3}	%	
Média	2,74	4,89	1,32	0,45	110,9	44,1	5,2
Mediana	2,90	4,87	1,30	0,40	100,0	44,0	5,2
VA	0,33	0,76	0,31	0,02	1290,3	82,1	0,1
DP	0,57	0,87	0,55	0,14	35,9	9,1	0,3
CV	20,8	17,8	41,7	31,1	32,4	20,6	6,1
Máximo	4,00	6,84	2,50	0,80	230,0	61,5	5,9
Mínimo	1,70	3,13	0,10	0,20	50,0	23,1	4,7
Ass.	0,003	0,15	- 0,01	0,08	0,75	-0,18	0,00
Curt.	-0,36	-0,50	- 0,54	-0,24	0,73	-0,53	-1,05
p-valor	0,02	0,86*	0,63*	0,01	0,03	0,41*	0,03

VA – variância amostral; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; Ass. – coeficiente de assimetria; Curt. – coeficiente de curtose; *- distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de probabilidade.

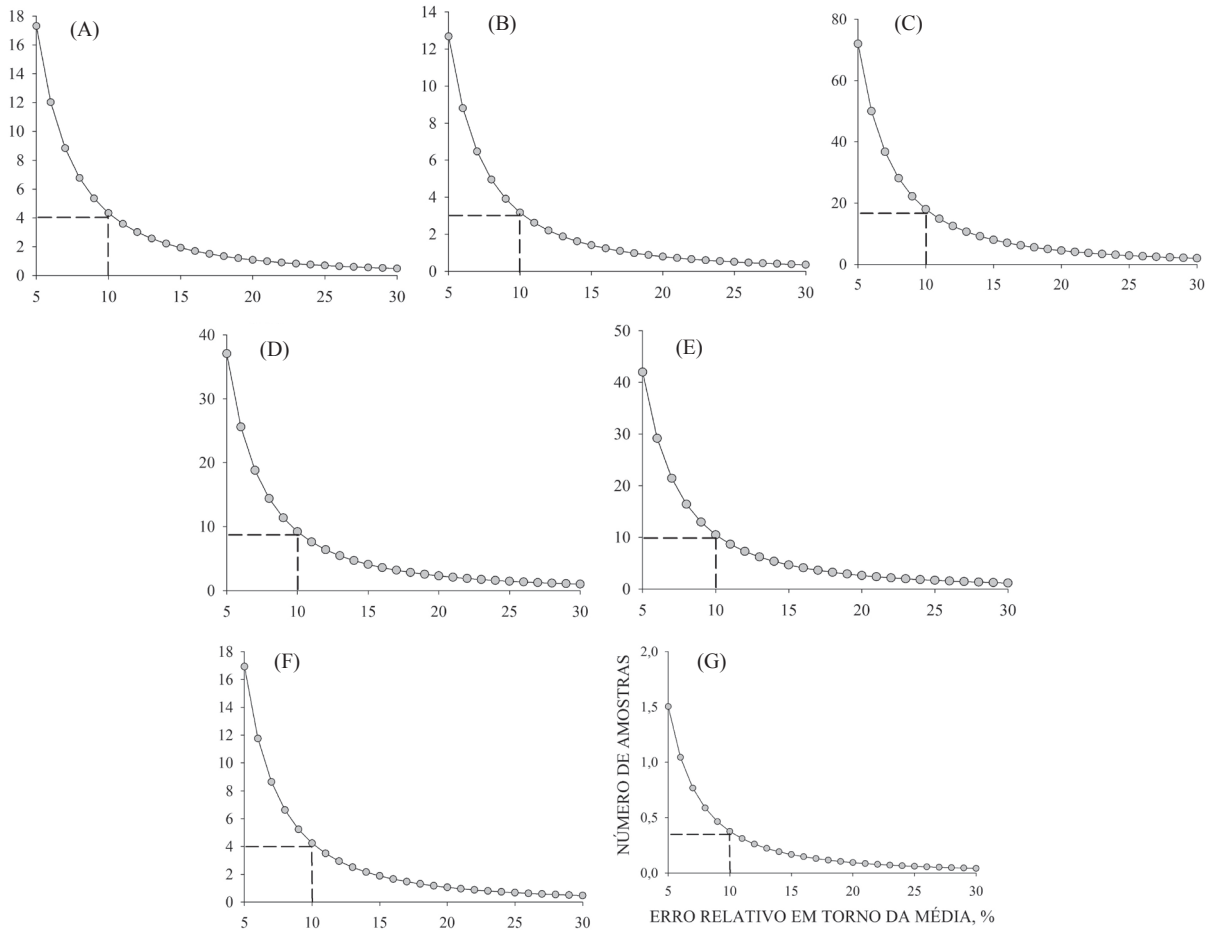


FIGURA 2 - Número de pontos amostrais para estimativa da média da acidez potencial (A), CTC potencial (B), cálcio (C), magnésio (D), potássio (E), saturação por bases (F) e pH em água (G), conforme o erro relativo em torno da média, com 5% de significância.

TABELA 2 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para acidez potencial, CTC total, cálcio, magnésio, potássio, saturação por bases e pH em água, em uma lavoura de café conilon.

Parâmetro	H+Al	T	Ca	Mg	K	V	pH
	----------$cmol_c\ dm^{-3}$----------				$mg\ dm^{-3}$	%	
RD	50,00	12,44	3,99	10,53	42,30	65,62	4,59
SQR	$8,2\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$	$8,5\ 10^{-7}$	15763	4,83	$1,11\ 10^{-4}$
CRCV	0,589	0,413	0,260	0,727	0,168	0,599	0,250
R^2	0,947	0,998	0,988	0,931	0,563	0,983	0,862

RD – razão de dependência espacial; SQR – soma de quadrado de resíduo; CRCV – coeficiente de regressão da validação cruzada; R^2 – coeficiente de determinação.

A análise da razão de dependência espacial dos atributos químicos do solo mostrou que as variáveis Ca, Mg, T e pH apresentaram grau de dependência espacial forte (<25%), concordando com Silva et al. (2007) ,para as variáveis pH, Ca e Mg e por Souza et al. (2010), para a CTC total e pH. E grau de dependência moderada (25 a 75%) para os demais atributos em estudo. Classificação semelhante foi encontrada por Gomes et al. (2007), para o K e Machado et al. (2008), para H+Al. Assim, quanto menor a razão do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pelas propriedades químicas, desse modo proporcionando melhor estimativa pela técnica

da krigagem para locais não amostrados. Com isso, verifica-se maior continuidade do fenômeno, menor variância da estimativa e maior confiança no valor estimado (LIMA et al., 2006; LIMA; SOUZA; SILVA, 2010).

O alcance é um parâmetro essencial na análise de semivariograma (Figura 3) e, consequentemente, torna-se uma medida importante na definição de procedimento de amostragem, planejamento e na avaliação experimental. Amostras separadas por distâncias menores que o alcance são espacialmente correlacionadas, ao passo que as separadas por distâncias maiores não o são (GONTIJO et al., 2007). Assim, amostras que apresentam distâncias entre si maiores que o valor do alcance têm distribuição aleatória e, são independentes entre si, não havendo restrições quanto ao uso da estatística clássica (CHAVES; FARIAS, 2009; MCBRATNEY; WEBSTER, 1983; REICHERT et al., 2008; VIERA et al., 1983).

Os valores de alcance variaram entre 7,5 e 36,6 metros, para K e T respectivamente. Na prática, o alcance ajustado (a_0) pelo modelo exponencial é três vezes o seu valor definido. O manejo do solo utilizado na área ao longo do tempo como aplicações de fertilizantes e calcário, pode ter contribuído para maior homogeneização, tendo como consequência o aumento do alcance de dependência espacial dos atributos químicos, com exceção do K. Isso se deve, provavelmente, pela alta exigência do café conilon ao K e à sua mobilidade no solo, pode ter contribuído para uma maior heterogeneidade desse atributo, diminuindo o alcance da dependência espacial. Corá et al. (2004) destacam que as propriedades químicas do solo que apresentam maior alcance de dependência espacial tendem a se apresentar mais homogêneas espacialmente. Por outro lado, baixos valores de alcance podem influir negativamente na qualidade das estimativas, uma vez que poucos pontos são usados para realização da interpolação.

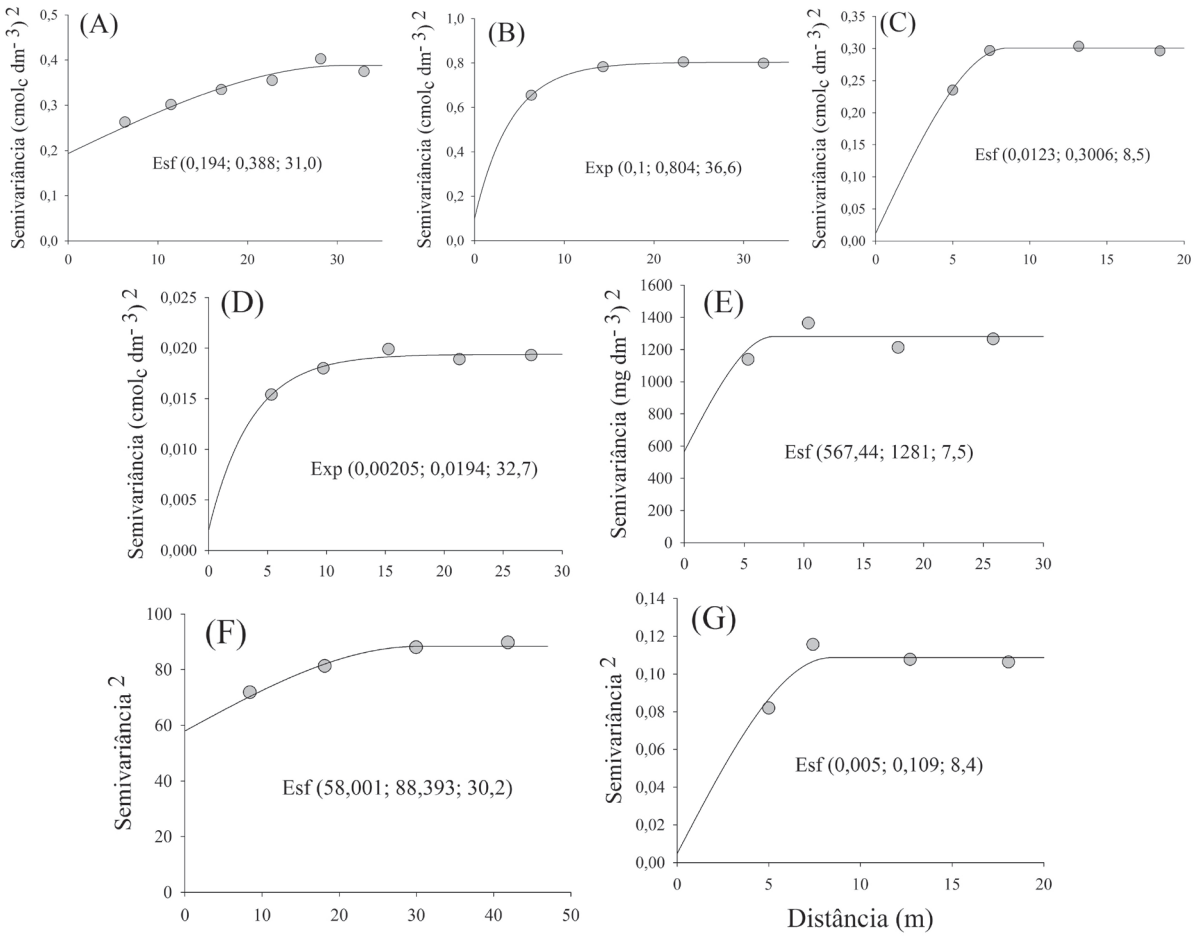


FIGURA 3 - Modelos de semivariogramas ajustados para acidez potencial (A), CTC potencial (B), cálcio (C), magnésio (D), potássio (E), saturação por base (F) e pH em água (G). Valores entre parênteses são efeito pepita (Co), patamar (Co+C) e alcance (a) em metros, respectivamente. Esf - modelo esférico; Exp – modelo exponencial.

Pelos mapas da Figura 4, observa-se tendência geral de condições menos propícias ao desenvolvimento da lavoura, na região central da área estudada que apresenta uma maior acidez do solo, comprovados por maiores valores de H+Al e menores de pH. Consequentemente, na mesma região, notam-se menores teores de Mg, K e saturação por bases. Essa variação deve-se ao manejo adotado, tais como aplicação de corretivos e fertilizantes de maneira heterogênea ou ainda, uma perda de nutrientes provocada pelo processo erosivo do solo, conforme observado por Santos, Gontijo e Nicole 2012.

O uso do alcance do semivariograma, no processo de amostragem é importante para a correta distribuição do número de amostras para determinação dos atributos químicos, de acordo com a escala de estudo. Para garantir a independência espacial, os pontos devem ser coletados a uma distância maior que o valor do alcance. Portanto, não se recomenda amostrar mais de um ponto amostral dentro desse intervalo, sob pena de haver duplicidade dos dados, bem como alto ônus para o agricultor.

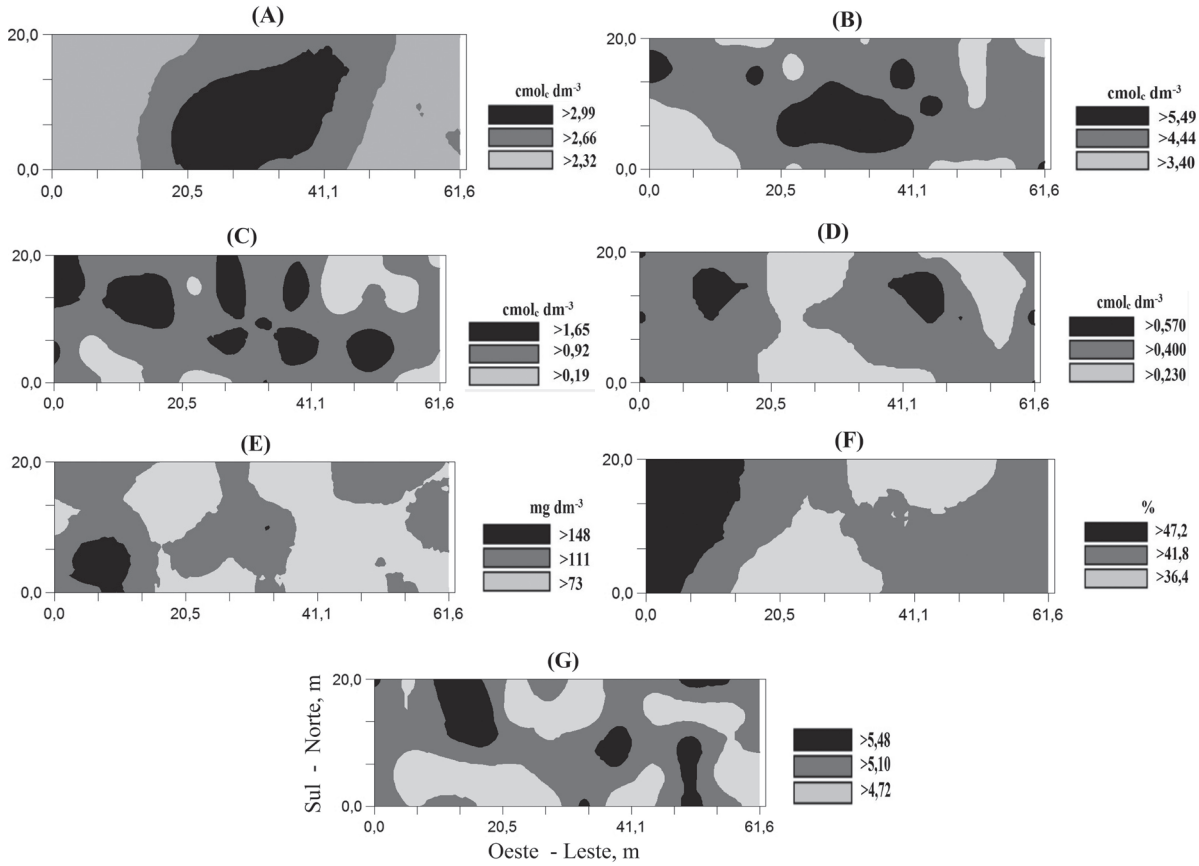


FIGURA 4 - Mapas de isolinhas das variáveis acidez potencial (A), CTC potencial (B), cálcio (C), magnésio (D), potássio (E), saturação por base (F) e pH em água (G).

4 CONCLUSÕES

Todas as variáveis em estudo apresentam distribuição simétrica e estrutura de dependência espacial, com grau de dependência moderada e forte.

Verificou-se menor valor de coeficiente de variação para pH em água (6,1%) e o maior para o teor de cálcio no solo (41,7%).

Recomenda-se, em condições similares à área estudada, coletar 18 subamostras de solo para formar uma amostra composta, associando-se menores custos de amostragem com uma maior representatividade.

5 REFERÊNCIAS

ACTION DEVELOPMENT CORE TEAM. **ACTION** 2.3: ESTATCAMP. São Carlos, 2012.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 645-653, 2008.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 211-218, 2009.

CHUNG, C. K.; CHONG, S. K.; VARSA, E. C. Sampling strategies for fertility on a stoy silt lom soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 26, n. 5/6, p. 741-763, 1995.

CLARK, I. **Practical geostatistics**. London: Applied Science, 1979. 128 p.

CLINE, M. G. Principles of soil sampling. **Soil Science**, Baltimore, v. 58, p. 275-288, 1944.

CORÁ, J. E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1013-1021, 2004.

DAVIS, J. G. et al. Variability of soil chemical properties in two sandy, dunal soils of Niger. **Soil Science**, Baltimore, v. 159, p. 321-330, 1995.

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

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306 p.

FARACO, M. A. et al. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 463-476, 2008.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **Geoestatistics for the environmental sciences**. Version 7.0. Michigan, 2004. 1 CD-ROM.

GOMES, L. O. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 591-599, 2007.

GONTIJO, I. et al. Planejamento amostral da pressão de preconsolidação de um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1245-1254, 2007.

GUEDES, L. P. C. et al. Anisotropia no estudo da variabilidade espacial de algumas variáveis químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2217-2226, 2008.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introdution to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

LIMA, J. S. S. et al. Estudo viabilidade de métodos geoestatísticos na mensuração da variabilidade espacial da dureza da madeira de Paraju (*Manilkara sp.*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 651-657, jul./ago. 2006.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 127-136, jan./fev. 2010.

MACHADO, J. B. V. et al. Variabilidade espacial de atributos de solos em unidades de manejo em área piloto de produção integrada de coco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2471-2482, 2008.

MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Chossing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 83-177, 1983.

OLIVEIRA, P. C. G. et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 708-715, 2009.

OLIVEIRA, R. B. et al. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 176-186, 2008.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo:** 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

REICHERT, J. M. et al. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 981-988, jul./ago. 2008.

ROZANE, D. E. et al. Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 111-118, 2011.

SANTOS, E. O. J.; GONTIJO, I.; NICOLE, L. R. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo, potássio no solo e produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1062-1068, 2012.

SILVA, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev. 2008.

_____. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, mar./abr. 2007.

SILVA, S. A. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 15-22, 2010.

SOUZA, G. S. et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um Argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010.

_____. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.

SOUZA, L. S. et al. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 367-372, 1997.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p. 319-344.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, jul./ago. 2007.

VEGETATIVE VIGOR CONILON COFFEE AND ITS POTENTIAL FOR IN VITRO CALLUS INDUCTION

Maurício Reginaldo Alves dos Santos[1], Maria das Graças Rodrigues Ferreira[2], Carla Liegi Lonardoni Gomes de Oliveira[3], André Rostand Ramalho[4], Marcelo Curitiba Espíndula [5]

(Recebido: 30 de julho de 2012; aceito: 28 de agosto de 2013)

ABSTRACT: Considering the importance of the culture of *Coffea canephora* in the Brazilian Amazon and the need for genetic improvement of this species for cultivation in the state of Rondonia, he objective of this study was to evaluate the correlation between the initial vigor of clonal plants of *C. canephora* variety Conilon, under field conditions, and its potential for in vitro propagation. Promising clones belonging to the Genetic Improvement Program of Coffea sp were used Embrapa (Brazilian Agricultural Research Corporation) Rondonia. The plant height, number and length of orthotropic shoots in coffee at 10 months after planting were evaluated. In the laboratory, leaves of plants of each clone were segmented into fragments of 1 cm ² which were inoculated on MS medium containing half the concentration of salts, AIB (10 μM), 2,4-D (20 μM) and 2iP (10 μM), sugar (20 g cm^{-3}) and agar (6 g cm^{-3}). Cultures were maintained in a growth chamber under 16 h photoperiod at 2000 lux and 24 ± 2 º C. The callus induction and the percentage of leaf area covered with callus cells were observed within 90 days. Clone 9 showed greater vegetative growth in the field. Only clone 12 showed no callus induced, all other clones were highly responsive to callus induction, and clone 5 showed a higher percentage of leaf area covered with callus cells. There was no phenotypic correlation between early vigor in the field and calogênico potential in vitro, for clones of coffee used.

Index terms: *Coffea canephora*, vegetative growth, plant tissue culture, callus induction.

VIGOR VEGETATIVO DE CAFÉ CONILON E SEU POTENCIAL PARA INDUÇÃO DE CALOS *IN VITRO*

RESUMO**:** *Considerando a relevância da cultura de Coffea canephora para a Amazônia brasileira e a necessidade de melhoramento genético dessa espécie para cultivo no estado de Rondônia, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a correlação existente entre o vigor vegetativo inicial de plantas clonais de C. canephora var. Conilon, em condições de campo, e seu potencial para propagação in vitro. Foram utilizados clones promissores pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Coffea sp. da Embrapa Rondônia. Foram avaliadas as características altura da planta, número e comprimento de brotos ortotrópicos, em cafeeiros com 10 meses pós-plantio. Em laboratório, folhas de plantas de cada clone foram segmentadas em fragmentos de 1 cm² os quais foram inoculados em meio MS, contendo metade da concentração dos sais, AIB (10 µM), 2,4-D (20 µM) e 2iP (10 µM), açúcar (20 g cm^{-3}) e ágar (6 g cm^{-3}). As culturas foram mantidas em sala de crescimento, sob fotoperíodo de 16 horas a 2000 lux e 24±2ºC. A indução de calos e a porcentagem de área foliar coberta com células de calo foram observadas nos 90 dias subsequentes. O clone 9 demonstrou maior crescimento vegetativo em campo. Apenas o clone 12 não apresentou calos induzidos, todos os outros clones foram altamente responsivos à indução de calos, e o clone 5 apresentou maior porcentagem de área foliar coberta com células de calo. Não houve correlação fenotípica entre vigor vegetativo inicial em campo e potencial calogênico in vitro, para os clones de cafeeiro utilizados.*

Termos para indexação*: Coffea canephora, crescimento vegetativo, cultura de tecidos vegetais, calogênese.*

1 INTRODUCTION

The coffee agribusiness is among the most important in the world due to its economic and social importance (SOUZA et al., 2005). *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner takes part in approximately 35% of the financial operations regarding coffee in the world. In Brazil, *C. canephora* culture generates income of more than half a billion dollars, taking into account all of the business activities involved with this product (FAZUOLI et al., 2007).

The species *C. arabica* L. and *C. canephora* account for 75% and 25% of the Brazilian commercial production, respectively (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013). These species are different in relation to the production system, agronomic and biochemical aspects, origins, cycle, size, number of chromosomes. *C. canephora* ('Conilon' and 'Robusta') has aroused great interest among plant breeders due to its strength, adaptation to a wide range of tropical climatic conditions, such as low altitudes and high

[1,2,4,5]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Rondônia - Rodovia BR - 364 Km 5,5 - Cidade Jardim - 76815800 - Porto Velho, RO - Cx. P.127 - mauricio@cpafro.embrapa.br, mgraca@cpafro.embrapa.br, rostand@cpafro.embrapa.br, marceloespindula@cpafro.embrapa.br
[3]Universidade Estadual de Londrina/UEL - Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445 Km 380 - Campus Universitário - Londrina - PR - 86057-970 - carlaliegi@hotmail.com

temperatures, tolerance to rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) and the major plagues that affect *C. arabica*. Its high yields and great amount of soluble solids in comparison to *C. arabica* makes the species highly attractive to the production of soluble coffee (CECON et al., 2008).

In the Brazilian Amazon region, specifically in the state of Rondonia, coffee is a dominant perennial crops (RESENDE et al., 2011). In this state, the coffee cultivations occur in small farms, under the family farm system and are a major source of family income (SOUZA et al., 2006). Rondonia has the combination of soil and climatic conditions for the cultivation of *C. canephora,* which has been increasing significantly in the last years (MARCOLAN et al., 2009). The cultivation of *C. canephora* is in the short term the most adequate alternative to increase productivity and quality of coffee produced in Rondonia, but there is need for breeding of this species. Due to these and other socioeconomic aspects, the tradition of cultivation and the hot, humid climate and low altitude of the state of Rondonia (SANTOS; FERREIRA; SARUBO, 2010). The botanical variety Conilon of *C. canephora* predominates in 95% of the coffee plantations of the state (RAMALHO; OLIVEIRA, VENEZIANO, 2009).

Among the conventional techniques for vegetative propagation of *Coffea*, the use of cuttings from orthotropic branches is the most adequate for *C. canephora* clones (BRAUN et al., 2007; FAZUOLI et al., 2007; PARTELLI et al., 2006). In general, this method is applied to 'Conilon' plants when they are two years old. The cuttings may have one or two lateral buds and are treated with auxinic compounds to promote rooting (FONSECA et al., 2007).

Currently, *in vitro* multiplication is an economically viable alternative when the goal is the large scale production of elite plants (AZEVEDO et al., 2008; CENTOFANTE et al., 2009; PASQUAL et al., 2008). Among the available techniques for micropropagation of coffee, the most common is callogenesis, a basic phase of massive propagation systems that are used in breeding programs of coffee. This technique is capable of rapid multiplication of certain genotype in short term, which allows accelerating the achievement of evidence of superior variety (SANTANNA-BUZZY et al., 2007).

Correlations have been established in several species between morphogenic events *in vitro*, as the rate of growth of tissues, and vigor in other agronomic traits. Some of the characteristics of in vitro cultures of closely related genotypes have been subjected to biometrical analyses and have been shown to be correlated in a complex fashion with apparently unrelated features of whole plants *in vivo* (GEORGE, 1993).

The objective in this this work was to evaluate clones of *C. canephora* var. Conilon in relation to their vegetative vigor under field conditions and their potential for callus induction under *in vitro* conditions, and the correlation between field and *in vitro* potentials. Although preliminary, this study provides data on the diversity of aspects among clones of the same variety of *C. canephora*, and will guide future proceedings related to their micropropagation taking into account the peculiarities of each clone.

2 MATERIAL AND METHODS

The experiment was established in December 2008 at the Experimental Station of Embrapa Rondonia, in Porto Velho city (08˚48'01"S, 63˚51'05"W, 288.7 feet height). The climatic Köppen classification is Aw, tropical rainy with average annual temperatures of 25.5°C and relative humidity of 81.5%, with no rainfall from June to August. The soil of the experimental area is a dystrophic oxisoil, medium texture (RONDÔNIA, 2009).

In the field phase ten months old plants of fifteen promising clones of *C. canephora* var. Conilon (Congolese Group SG_1) from the Coffee Breeding Program of Embrapa Rondonia were used. The evaluated characteristics were: plant height – determined from the soil surface to the tip of the dominant branch by using a ruler; number and length of orthotropic branches – with a ruler, from the insertion of the branch to its tip. The evaluation was carried out in October 2009. The experimental design was randomized blocks with three replications of six plants of each clone. The setting was planted in single row, one plant per hole (40×40×40 cm), spaced 2.0 m between plants and 3.0 m between rows. All the evaluated plants were surrounded by other plants from the same clone to avoid border effect. Plants were kept with only five orthotropic branches.

The *in vitro* phase was carried out at the Plant Biotechnology Laboratory of Embrapa Rondonia. One plant of each of the fifteen clones of *C. canephora* used in the field phase was randomly selected as a source of explants. Leaves were collected from the second pair of

orthotropic branches. At the laboratory they were washed with water and a detergent agent and immersed in 70% alcohol for 1 minute, NaOCl 1.25% for 30 minutes and rinsed three times in sterile distilled water. Under aseptic conditions the leaves were cut into fragments of about 1.0 cm^2, which were inoculated individually in assay tubes with the adaxial face in contact with the medium. This medium was supplemented with half the concentration of salts of the MS medium (MURASHIGE; SKOOG, 1962) and 10 g cm^{-3} thiamin, 1 g cm^{-3} pyridoxine, 1 g cm^{-3} nicotinic acid, 1 g cm^{-3} glicyn, 100 g cm^{-3} inositol, 100 g cm^{-3} casein, 400 g cm^{-3} malt extract, 20 g cm^{-3} sucrose, 8 g cm^{-3} agar, 10 µM indole-3-butyric acid (IBA), 20 µM 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), and 10 µM 6-(γ,γ-dimethylallylamino) purine (2iP) (SANTOS; FERREIRA; SARUBO, 2010). The experimental design was entirely randomized with three replications of 10 tubes. The cultures were kept in a growth-chamber under 16 hour photoperiod (2000 lux) at 24±2°C. In periods of 10 days during 90 days the induction of callus and the percentage of leaf area covered by callus cells were evaluated by visual observation between 0 the 25%; 25 the 50%; 50 the 75% and 75 the 100%.

The field data and the percentage of callus induction were submitted to a variance analysis and the averages were compared by the Scott-Knott test at a 5% probability level. The laboratory data were submitted to descriptive statistics. Pearson correlation was used to compare field and laboratory data. All the analysis were carried out by using the Genes statistical program.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Vegetative vigor

The number and length of orthotropic branches and the plants height were affected by the clones, with averages of 1.85 branches, 39.10 cm and 59.00 cm, respectively. The number of orthotropic branches ranged from 1.12 to 2.79. Clones 5 and 9 showed the highest number of branches, 2.72 and 2.79, respectively (Table 1). A high number of orthotropic branches can cause the "closing" of the coffee culture, because the weight of the fruits bends the branches in the middle of the street, which makes cultural treatment difficult (MARCOLAN et al., 2009). Lower values were observed in clones 3 (1.16), 4 (1.29), 13 (1.23) and 15 (1.12) (Table 1).

TABLE 1 - Number and length of branches, plant heights of Conilon coffee clones.

Clone	Vegetative vigor*		
	Number of branches	Lenght of branches (cm)	Plant heights (cm)
1	1.50 c	32.50 j	59.80 b
2	1.80 c	43.20 e	64.10 a
3	1.20 d	25.50 l	62.10 a
4	1.30 d	37.00 i	58.40 b
5	2.70 a	45.70 c	54.80 b
6	2.30 b	40.90 g	52.30 b
7	1.80 c	40.90 g	54.90 b
8	2.20 b	38.70 h	52.00 b
9	2.80 a	49.70 a	65.60 a
10	1.70 c	36.70 i	53.90 b
11	1.70 c	42.60 f	62.70 a
12	2.40 b	44.30 d	57.80 b
13	1.20 d	32.90 j	69.60 a
14	2.20 b	49.10 b	59.50 b
15	1.10 d	29.10 k	58.40 b

* Averages followed by the same letter within the column belong to the same group of similarity, by Scott-Knott criteria at a 5% level of probability.

Clones 9 and 14 showed the highest branch length, 49.73 and 49.06 cm, respectively. The lowest values were observed in clones 3 (25.51 cm) and 15 (29.05 cm), respectively (Table 1).

The highest plant height values were observed in clones 2, 3, 9, 11 and 13, with 64.1, 62.1, 65.6, 62.7 and 69.6 cm, respectively. Other clones did not differ in relation to plant height (Table 1). High plants can show high productivity; nevertheless this characteristic can make the harvesting process difficult. On the other hand, smaller plants make harvest and cultural treatments easier, and create an adverse environment for insects like the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari) and diseases such as rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.), due to aeration and light penetration in the plant (MARCOLAN et al., 2009).

In general clone 9 showed the best values regarding the vegetative vigor for its highest values of plant height, number and length of orthotropic branches. This clone can be derived from natural crosses between 'Conilon' and 'Robusta' varieties, admittedly of high vegetative vigor, provided that these varieties were grown simultaneously in commercial fields over the years, since the introduction of coffee culture in the state of Rondonia.

Callogenesis

The callus induction in leaf explants of Conilon plants ranged from zero to 100% (Figure 1). Only clone 12 showed no callus induction 90 days after inoculation, all other clones were highly responsive to callus induction and formed callus, ranging from 8.33 to 100% of induction (Table 2). According to Santos, Ferreira and Sarubo (2010), the plant regeneration from callus in these conditions can be achieved from the 53rd day after inoculation by subculturing the callus onto another medium.

Clones 1, 2, 5, 6, 8, 11, 13, 14 and 15 were highly responsive to the induction medium and showed the best results in relation to the percentage of callus induction in leaf explants (Table 2). Clones 4 and 10 showed the lowest percentages of induction, 8.33 and 42.85, respectively.

Factors such as type of explant, composition of the medium and physical conditions of incubation, such as light and temperature, can affect the callus formation (MOREIRA-DIAS et al., 2001; RODRIGUES et al., 2009). In this study the type of explant, medium and physical conditions were the same, so the clones are responsible for the different callogenesis results for they have distinct genetic constitutions. The variation within each clone is generally low due to the high homogeneity enabled by the cloning process (WEIGEL; JURGENS, 2002).

Only clones 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, and 14 showed leaf area covered by callus cells between zero and 25%. Clones 1, 2, 11 and 15 had 100% of occurrence ranging from 25 and 50%. No clone had from 50 to 75% and only clone 5 had from 75 to 100% of the leaf area covered by callus cells (Table 2). George (1993) shows many reports that illustrate how the capacity of explanted tissues to form callus and the subsequent growth rate of callus cultures, can be genotype or variety-dependent.

These results suggest that the medium composition and the cultivation conditions cannot be adequate for all used genotypes. In addition to genetic factors, the time of leaf collection, plant age and other environmental conditions can affect the behavior within the same species (VENCOVSHY, 1987).

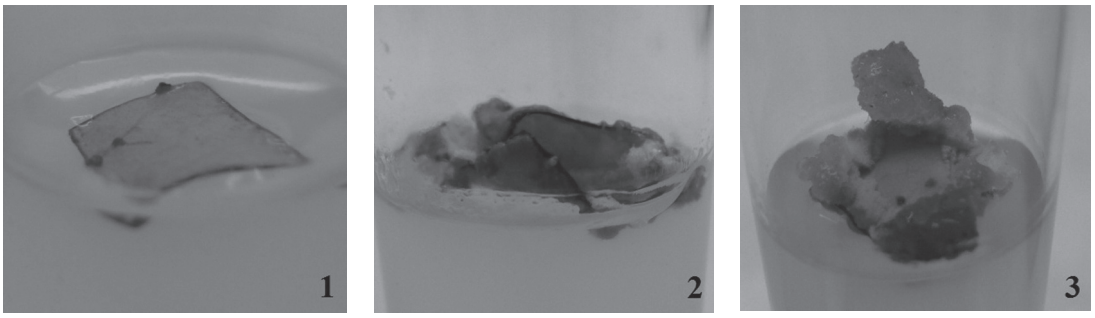


FIGURE 1 - *In vitro* cultivation of Conilon coffee leaves. (1) Leaf explant immediately after inoculation. (2) Leaf explant with swelling 30 days after inoculation. (3) Leaf callus, 60 days after inoculation. Photo: Carla Liegi L. G. de Oliveira.

TABLE 2 - Percentages of callus induction and leaf area covered by callus cells of Conilon coffee clones, 90 days after inoculation.

Clone	Callus induction (%)	% Leaf area covered by callus cells			
		0-25%	25-50%	50-75%	75-100%
1	100,00 a	0.00	100.00	0.00	0.00
2	100.00 a	0.00	100.00	0.00	0.00
3	60.00 c	20.00	40.00	0.00	0.00
4	8.33 e	8.33	0.00	0.00	0.00
5	100.00 a	16.67	16.67	0.00	66.66
6	100.00 a	33.33	66.67	0.00	0.00
7	91.66 a	83.32	8.34	0.00	0.00
8	100.00 a	45.45	54.55	0.00	0.00
9	88.88 b	88.88	0.00	0.00	0.00
10	42.85 d	42.85	0.00	0.00	0.00
11	100.00 a	0.00	100.00	0.00	0.00
12	0.00 f	0.00	0.00	0.00	0.00
13	100.00 a	100.00	0.00	0.00	0.00
14	100.00 a	94.12	5.88	0.00	0.00
15	100.00 a	0.00	100.00	0.00	0.00

*Averages followed by the same letter do not differ by Tukey test at a 5% level of probability.

Correlations

For the correlations between the traits under evaluation, the number of orthotropic shoots was the only variable that correlated positively with length of orthotropic shoots (r = 0.8664) (Table 3). Looking for genetic information on the breeding of Conilon coffee, Fonseca et al. (2006) evaluated the correlation between plant height and number of branches with several characteristics of productivity, but did not find any correlation. The author considered that these parameters are not appropriate to select promising Conilon clones.

The expected correlations between callus induction and number of shoots, shoot length, and plant height were not confirmed. In an overview, the results suggest that there is no correlation between vegetative vigor and cellular division in *in vitro* conditions.

According to George (1993), certain kinds of morphogenic responses in tissue cultures are seen to be directly related to the behavior exhibited by whole plants or parts of plants *in vivo*.

Keyes et al. (1981) working with tobacco cotyledons noted correlations between the rate of the tissues *in vitro* and vigor in other agronomic traits and suggested that characteristics of *in vitro* cultures might be of value for the rapid identification of hybrid combinations which could produce superior plants in the field. In *Petunia hybrid* E. Vilm. however, Hanson and Read (1981) found that although F_1 hybrids generally gave more vigorous plants and callus cultures than their inbred parents, there was no consistent correlation between tissue culture and field performance. Callus from the shoot meristems of the interspecific hybrid between *Trifolium hybridum* L. and *T. ambiguum M. Bieb* grew more slowly than those of either of the parental species (RUPERT et al., 1976).

TABLE 3 - Pearson correlation coefficient to the studied characteristics.

	Callus induction (%)	Plant height (cm)	Number of orthotropic branches
Branches length (cm)	0.0176	- 0.0656	0.8664*
Number of orthotropic branches	0.0762	- 0.0270	
Plant height (cm)	0.1309		

* Significance at a 1% level of probability.

4 CONCLUSIONS

In general clone 9 showed the best values regarding the vegetative vigor for its highest values of plant height, number and length of orthotropic branches.

All the clones were highly responsive to callus induction (except clone 12), but only clone 5 showed from 75 to 100% of the leaf area covered by callus cells, in 66.67% of the explants.

The results suggest that there is no correlation between callus induction and number of shoots, shoot length, and plant height.

5 REFERENCES

AZEVEDO, B. M. et al. Aclimatização de mudas micropropagadas de *Heliconia lingulata* Ruiz & Pav. em ambiente protegido, em função da lâmina de irrigação. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 55-61, 2008.

BRAUN, H. et al. Produção de mudas de café 'Conilon' propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia**, Arica, v. 25, n. 3, p. 85-91, 2007.

CECON, P. R. et al. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1171-1176, set. 2008.

CENTOFANTE, A. R. et al. Germinação *in vitro* de sementes de *Merremia tomentosa* Hallier F.: influência de meios de cultura e GA_3. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 135-139, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira:** café, safra 2013, 2ª estimativa, maio 2013. Brasília: MAPA/SPC/DECAF/CONAB, 2013. 20 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 1 jul. 2013.

FAZUOLI, L. C. et al. Café robusta: uma nova opção para a cafeicultura paulista. **O Agronômico**, Campinas, v. 59, p. 71-74, 2007.

FONSECA, A. F. A. et al. Divergência genética em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 599-605, abr. 2006.

_____. Jardins clonais, produção de sementes e mudas. In: FERRÃO, R. G. et al. (Org.). **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. p. 1-702.

GEORGE, E. Factors affecting growth and morphogenesis: 1., genotype and the physical environment. In: _____. **Plant propagation by tissue culture**. 2nd ed. Edington: Exegetics, 1993. v. 1, p. 183-230.

HANSON, J.; READ, P. E. A comparison of *in vitro* culture and whole plant performance of four *Petunia hybrida* cultivars and their inbred parents. **HortScience**, Alexandria, v. 16, p. 426, 1981.

KEYES, G. J. et al. Hybrid vigor in callus tissue cultures and seedlings of *Nicotiana tabacum* L. **Journal Heredity**, Oxford, v. 72, p. 172-174, 1981.

MARCOLAN, A. L. et al. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia; EMATER-RO, 2009. 61 p. (Sistemas de Produção, 33). Disponível em: <http://www.cpafro.embrapa.br/>. Acesso em: 15 set. 2010.

MOREIRA-DIAS, J. M. et al. Daylength and photon flux density influence the growth regulator effects on morphogenesis in epicotyl segments of *Troyer citrange*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 87, p. 275-290, 2001.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth biossays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 473-497, 1962.

PARTELLI, F. L. et al. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 949-954, jun. 2006.

PASQUAL, M. et al. Micropropagação do abacaxizeiro ornamental. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 45-49, 2008.

RAMALHO, A. R.; OLIVEIRA, C. L. L. G.; VENEZIANO, W. Caracterização por descritores fenotípicos de acessos de *Coffea arabica* L. em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos Expandidos...** Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. 1 CD-ROM.

RESENDE, O. et al. Qualidade do café Conilon submetido à secagem em terreiro híbrido e de concreto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 327-335, mar./abr. 2011.

RODRIGUES, M. et al. Morfogênese *in vitro* de nim a partir de explantes cotiledonares. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 21-26, jan./fev. 2009.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Boletim climatológico de Rondônia, ano 2007**. Porto Velho, 2009. 36 p.

RUPERT, E. A. et al. Differentiation in callus and cell suspension cultures of *Trifolium* species and hybrids. **Agronomy Abstracts**, Madison, v. 1, p. 52-54, 1976.

SANTANA-BUZZI, N. et al. Advances in coffee tissue culture and its practical applications. **In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, Raleigh, v. 43, p. 507-520, 2007.

SANTOS, M. R. A.; FERREIRA, M. G. R.; SARUBO, V. Determination of callus growth curve in Conilon coffee. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 133-136, jan./mar. 2010.

SOUZA, M. S. de et al. Ocorrência de Cephalonomia stephanoderis Betrem (Hymenoptera: Bethylidae) em cafezais da Amazônia Brasileira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 560-562, 2006.

SOUZA, S. A. S. et al. Infestação natural de moscas frugívoras (Diptera: Tephritoidea) em café arábica, sob cultivo orgânico arborizado e a pleno sol, em Valença, RJ. Neotropical Entomology, Londrina, v. 34, p. 639-648, 2005.

VENCOVSHY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

WEIGEL, D.; JURGENS, G. Stem cells that make stems. **Nature**, London, v. 415, p. 751-754, 2002.

A DECISION SUPPORT SYSTEM TO AID THE CALCULATION OF THE COST OF THE POST-HARVEST PROCESSING OF COFFEE

Rafael Vargas Mesquita dos Santos[1], Henrique Duarte Vieira[2], Flávio Meira Borém[3], Eder Pedroza Isquierdo[4]

(Recebido: 05 de agosto de 2012; aceito: 24 de janeiro de 2013)

ABSTRACT: Various computer programs were developed to calculate the cost of the coffee harvest. However, few address the costs of coffee in its post-harvest stage. This study was aimed to develop a system for calculating the cost of the coffee post-harvest to facilitate decision making regarding the most cost-effective post-harvest processes. Thirty-four farmers in southern Minas Gerais state answered a questionnaire designed to validate this system. The use of a decision support system showed that the simulated costs in the post-harvest stage were not statistically different from the costs informed by the representatives of the selected farms.

Index terms: Coffee processing, computer program, simulation, modeling

Pós-Café: UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O CÁLCULO DO CUSTO DA PÓS-COLHEITA DO CAFÉ

RESUMO: *Vários programas computacionais foram desenvolvidos para calcular o custo da colheita do café. No entanto, poucos abordam os custos da fase de pós-colheita do café. Objetivou-se, neste trabalho, desenvolver um sistema de cálculo do custo da pós-colheita do café para facilitar a tomada de decisão quanto aos processamentos de melhor custo-benefício. Trinta e quatro fazendas do sul de Minas Gerais responderam a um questionário elaborado para validar esse sistema. Ao empregar o sistema de apoio à decisão, foi constatado que os custos simulados na fase de pós-colheita não diferem estatisticamente dos custos informados pelos responsáveis das fazendas entrevistadas.*

Termos para indexação: *Pós-colheita do café, programa computacional, simulação, modelagem.*

1 INTRODUCTION

In view of the rapid recent expansion of the specialty coffee market with increasingly demanding consumers, it is essential to improve the quality of the beverage in order to meet market demand and increase the income of the grower (MENDONÇA et al., 2007; RESENDE et al., 2011; SAATH et al., 2010). One of the determining factors for this situation is the post-harvest processing (ABRAHÃO et al., 2010). Borém (2008) affirm that most agricultural issues related to Brazilian coffee production had a very favorable evolution. However, there is lack of information on the management of technology knowledge. Such information could help us ensure high quality and low cost for the post-harvest processing of coffee.

For coffee growers, consultants and cooperatives involved in the post-harvest handling and processing of coffee, it is still difficult to decide which post-harvest process is the most suitable because there are many variables involved (climate variations, availability of infrastructure and capital, etc.) (Figure 1). Many aspects should be considered to facilitate the decision making of growers, consultants and cooperatives.

According to Field, Kirchain and Roth (2007) and Valente et al. (2011), determination of costs is relevant for this analysis and essential for decision makers.

Due to the large number of variables that influence the costs of coffee processing in the post-harvest stage, the present study aimed to develop a decision support system to determine the costs of reception, centrifuging, peeling, pulping, mucilage removal, wastewater treatment and coffee drying.

The purpose is to systematize the existing knowledge in the field in order to facilitate a decision regarding the most cost-effective post-harvest processes, as well as to raise awareness among producers of the importance of previously

[1]Instituto Federal do Espírito Santo/IFES - Coordenadoria de Informática - Cx. P. 527 - 29300-970 - Cachoeiro de Itapemirim - ES ravarmes@gmail.com
[2]Universidade Estadual Norte Fluminense/UENF - Centro de Ciência e Tecnologias Agropecuárias/CCTA - Campos dos Goytacazes - RJ - henrique@uenf.br
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG flavioborem@deg.ufla.br
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG eder.isquierdo@yahoo.com.br

neglected factors, and, finally, to clarify some critical points regarding processes already in use.

2 MATERIAL AND METHODS

Definition of coffee processing in the post-harvest stage

The first stage of this study comprised the selection of the several types of coffee produced: natural coffee, floater coffee, coffee cherry and green coffee, green coffee, peeled coffee cherry, coffee cherry without mucilage and pulped coffee cherry. All these types of coffee can be dried in the sun on a patio or in an oven dryer.

Definition of the processing costs to be calculated

At this stage, the costs to be calculated for post-harvest processing were defined.

Table 1 shows the major costs calculated by the system, as well as a summary of their formulas. Costs are calculated per bag of coffee.

Identification of the variables needed to calculate the defined costs

Once the main costs involved in post-harvest processing of coffee are defined, the variables required to calculate these costs are determined.

Based on the formulas of the cost variables (Table 1), the following input variables were defined as necessary parameters: production (bags), harvest time (days), percentage of coffee cherry at the beginning of harvest, percentage of green coffee fruits at the beginning of harvest, percentage of floater coffee at the beginning of harvest, value of tariff (R$/kWh), man cost per day (R$), Price of the standard coffee bag (R$), Price of the bags of each type of coffee (R$), type of patio, fermentation

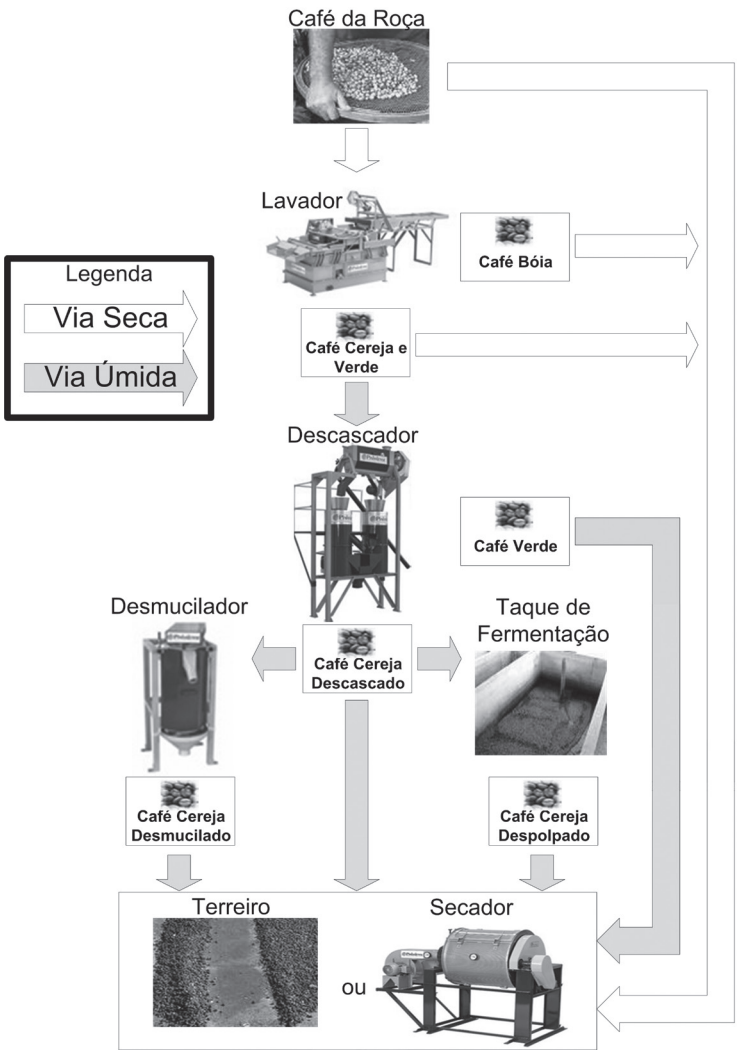


FIGURE 1 - Different possibilities of coffee processing (SANTOS, 2012).

tank, wastewater treatment, thickness of the types of coffee on the patio (meters), drying period of the types of coffee on the patio (days), effective time of drying of the coffee types in the dryer (hours), total time of drying in dryer of the types of coffee (hours), maximum time of operation of agricultural machinery (hours/day), washer, large strainer, peeler, eco-filter, mucilage removing process, spending on buildings, labor for coffee processing, maximum operating time of the dryer (hours/day), dryer, elevator assembly, dryer shed, air heating system, fuel used for drying the coffee.

Implementation of the *Pós-Café* decision support system

The following tools were used in the development of the application:

Programming Language

The programming language chosen for the implementation was Visual Basic.

The main reasons for choosing this language were:

• Easy language: taking into consideration the lack of experience of developers.

• Support for multiple graphic standards: necessary for the results of simulations.

Modeling Language

UML (Unified Modeling Language) was used in the modeling of the *Pós-Café* system, which is a graphic language for visualizing, specifying, constructing and documenting artifacts of complex software systems (BOOCH; RUMBAUGH, 2006).

System modeling was performed using the Rational Rose software (ROSE, 2007).

Database

Access database was chosen. There is no need to install Access (MICROSOF OFFICE, 2010) and its driver on the user's computer, which facilitates the installation of the *Pós-Café*.

Configuration Management

The tool used during project development to support the configuration management was the Apache… (2011). This tool helps organize the files in order to always keep updated versions on all the computers used by developers.

System Verification

Two tests were carried out during the development of the system:

• Tests carried out by system developers: concern checks made by the developers to confirm that the results obtained by the system met requirement specifications.

• Tests carried out by coffee growers: some coffee growers, that can be of assistance in the project, received copies of the *Pós-Café* and were supposed to return them later with suggestions, improvements and possible changes in the system, to ensure that the software achieves the most accurate representation of the post-harvest processing of coffee.

Application of the validation questionnaire to farmers

Thirty-four farmers in southern Minas Gerais answered the questionnaire. These farms were selected because they use several types of processing in coffee plantations. This ensured a more consistent process of validation of the *Pós-Café* system. The information requested in this questionnaire concern the input variables needed to calculate the costs of the post-harvest processing of coffee, which were cited in the previous subsection, in the section Material and Methods.

Table 2 shows the answers provided by the 34 farmers to some input variables. These values were used to simulate the costs of the *Pós-Café* system.

TABLE 1 - Key variables of the costs that were calculated and their respective formulas.

Variable	Formula
Cost of Electricity	(Total Power of Machinery * Value of kWh) / Number of Bags
Cost of Labor in Processing	(Number of Operators of Machines * Price per Day * Time of Harvest) / Amount of Bags
Cost of Labor on the Patio	(Total Number of Workers on the Patio * Price per Day) / Number of Bags
Total Cost of Depreciation	(Cost of Depreciation in Machinery + Cost of Depreciation on Patios) / Number of Bags
Cost of Fuel (This cost takes into account all types of coffee dried)	(Number of Dryers * Effective Drying Time / Total Drying Time) * Harvest Time * 24 * Drying Cost Per Hour) / Number of Bags

TABLE 2 - key data from the questionnaires applied to the 34 farms used in the simulations of costs of the Pós-Café system.

ID	N (%)	B (%)	VE (%)	VD (%)	CV (%)	CD (%)	CDM (%)	SAC (un.)	CO (dias)	kWh (R$)	PMO (R$/ Dia)	MO (un.)	ESP (m)	TT (dias)	TS (horas)	LAV (un.)	DESC (un.)	DESM (un.)	SEC (un.)
1	15.0	55.0	10.0	0.0	0.0	0.0	20.0	19000	80	0.29	30.00	1	0.06	8.00	17.00	1	1	1	2
2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10000	85	0.29	50.00	0	0.10	6.00-		0	0	0	0
3	16.7	55.0	3.3	0.0	0.0	25.0	0.0	6000	120	0.29	42.00	3	0.03	6.25-		2	2	0	4
4	20.0	45.0	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0	4000	60	0.29	50.00	3	0.04	5.00	27.00	1	1	0	2
5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1700	100	0.29	50.00	1	0.08	10.00-		0	0	0	0
6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2100	60	0.29	30.00	1	0.05	12.00-		1	0	0	0
7	12.5	51.7	12.5	3.3	0.0	0.0	20.0	6000	90	0.29	50.00	3	0.06	7.00	36.00	1	1	1	4
8	44.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	9000	90	0.29	25.00	3	0.05	5.33	24.00	1	1	1	2
9	10.0	40.0	20.0	0.0	0.0	0.0	30.0	4000	120	0.29	45.00	2	0.05	5.75	25.00	1	1	1	2
10	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	900	45	0.15	45.00	1	0.08	9.75-		1	0	0	0
11	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1500	60	0.15	40.00	1	0.10	8.50-		0	0	0	0
12	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4500	70	0.15	45.00	1	0.08	7.50-		0	0	0	0
13	10.0	60.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	5000	80	0.26	40.00	1	0.07	7.33	17.50	1	0	0	4
14	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6000	75	0.29	60.00	1	0.08	9.50-		1	0	0	0
15	20.0	63.0	2.5	0.0	0.0	0.0	14.5	13500	60	0.28	40.00	3	0.05	7.63	38.00	1	1	1	8
16	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2300	70	0.15	50.00	1	0.06	9.50-		1	0	0	0
17	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	800	26	0.29	50.00	2	0.07	8.00-		1	0	0	0
18	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8000	50	0.18	45.00	2	0.06	8.00-		0	0	0	0
19	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1300	80	0.29	35.00	1	0.17	9.25-		0	0	0	0
20	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8000	105	0.18	45.00	1	0.06	4.25	20.00	1	0	0	4
21	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6500	45	0.15	50.00	1	0.04	8.75	25.00	0	0	0	1
22	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8500	90	0.29	46.00	1	0.06	1.50	24.00	0	0	0	5
23	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3500	95	0.27	30.00	3	0.04	6.00-		1	0	0	1
24	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4700	80	0.29	30.00	1	0.10	9.00-		1	0	0	0
25	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4000	90	0.17	40.00	1	0.13	5.50	12.00	0	0	0	1
26	14.0	55.0	14.0	0.0	0.0	0.0	17.0	18000	120	0.29	40.00	3	0.06	4.00	66.50	2	1	2	9

Continua...

TABLE 2 - Continued.

ID	N (%)	B (%)	VE (%)	VD (%)	CV (%)	CD (%)	CDM (%)	SAC (un.)	CO (dias)	kWh (R$)	PMO (R$/ Dia)	MO (un.)	ESP (m)	TT (dias)	TS (horas)	LAV (un.)	DESC (un.)	DESM (un.)	SEC (un.)
27	0.0	65.0	5.0	0.0	0.0	0.0	30.0	16000	100	0.15	40.00	3	0.06	5.50	40.00	2	2	1	8
28	15.0	45.0	2.0	3.0	0.0	0.0	35.0	6000	90	0.29	50.00	3	0.05	4.40	12.00	1	1	1	3
29	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6000	80	0.29	40.00	1	0.07	6.00	24.00	0	0	0	2
30	20.0	32.0	12.0	0.0	0.0	0.0	36.0	38000	110	0.16	30.00	3	0.02	4.50	17.00	3	5	3	10
31	27.0	17.0	6.0	0.0	0.0	0.0	50.0	6000	72	0.17	45.00	3	0.06	9.17	12.50	2	2	2	4
32	45.0	35.0	5.0	0.0	0.0	0.0	15.0	35000	90	0.19	45.00	3	0.05	9.40	7.67	3	1	1	9
33	15.0	45.0	5.0	0.0	0.0	0.0	35.0	11000	60	0.29	45.00	3	0.10	8.25	19.50	1	1	2	6
34	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1800	100	0.29	50.00	1	0.07	8.50-		1	0	0	0

Legend for the variables in Table 2:
ID: identification number of the selected farm
N: percentage of natural coffee produced
B: percentage of floater coffee produced
VE: percentage of green coffee produced
VD: percentage of peeled green coffee produced
CV: percentage of coffee cherry and green coffee produced
CD: percentage of peeled coffee cherry produced
CDM: percentage of coffee cherry without mucilage produced
SAC: number of coffee bags produced
CO: number of days of the harvest season
kWh: price of the kilowatt-hour
PMO: price of labor per working day
MO: labor used in coffee processing (except the patio labor)
ESP: average thickness of the coffee on the patio (considering all types of coffee produced)
TT: average total drying time on the patio (considering all types of coffee produced)
TS: average total drying time at the dryer oven (considering all types of coffee produced)
LAV: number of washers used in the post-harvest stage of coffee
DESC: number of peelers used in the post-harvest stage of coffee
DESM: number of machines used to remove mucilage in the post-harvest stage of coffee
SEC: number of dryers used in the post-harvest stage of coffee.

Statistical validation of the Pós-Café decision support system

Data from the questionnaire answered by the 34 farmers were used as inputs in simulations processed in the *Pós-Café* system. The proposal was a detailed study of the processing cost reports produced by the system.

A computer software simulation was performed for each one of the 34 farms. These simulations were stored in computer files originated by the functionality of the *Pós-Café* tool, in ".pos" extension. Thus, the simulations can be analyzed at any time.

Data from the 34 questionnaires, as well as the computer software simulations originated by the *Pós-Café* system, were compared to the processing costs informed by the farmers.

After analysis of the data related to processing costs (simulated and informed by the farmers) and verification of the normal distribution and homogeneous variance, statistical analysis was proposed for validation of the *Pós-Café* tool, which included parametric test with comparisons of means, specifically Student's t-test.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Pós-Café Support Decision System

The *Pós-Café* consists of a support system aimed to facilitate decision making regarding the most cost-effective post-harvest processes, that is, it uses human knowledge to solve problems that require the presence of a specialist in this stage of coffee processing.

The main contribution of the *Pós-Café*, from the modeling and systematization of this knowledge, is to facilitate the decision making by growers, cooperatives and consultants regarding the most cost-effective processes to be used during the post-harvest stage of coffee. Such decision making would be facilitated by greater knowledge of the costs of separation, peeling, pulping, mucilage removal and drying processes, as well as of the revenues generated by the sale of the coffees produced after the application of these processes.

The basic idea of the system is to enable the user to choose two possible coffee processing systems, as shown in Figure 2, in order to carry out a simulation of costs and comparison of the two processes.

After the selection of the type of processing, the user must provide data related to production, according to some forms of data entry (Figure 3).

The *Pós-Café* system shall process and return the reports of processing revenues (Figure 4), processing costs (Figure 5) and net margin (Figure 6).

The decision of the coffee grower on the best process to be adopted shall be facilitated by the information reports generated by the system:

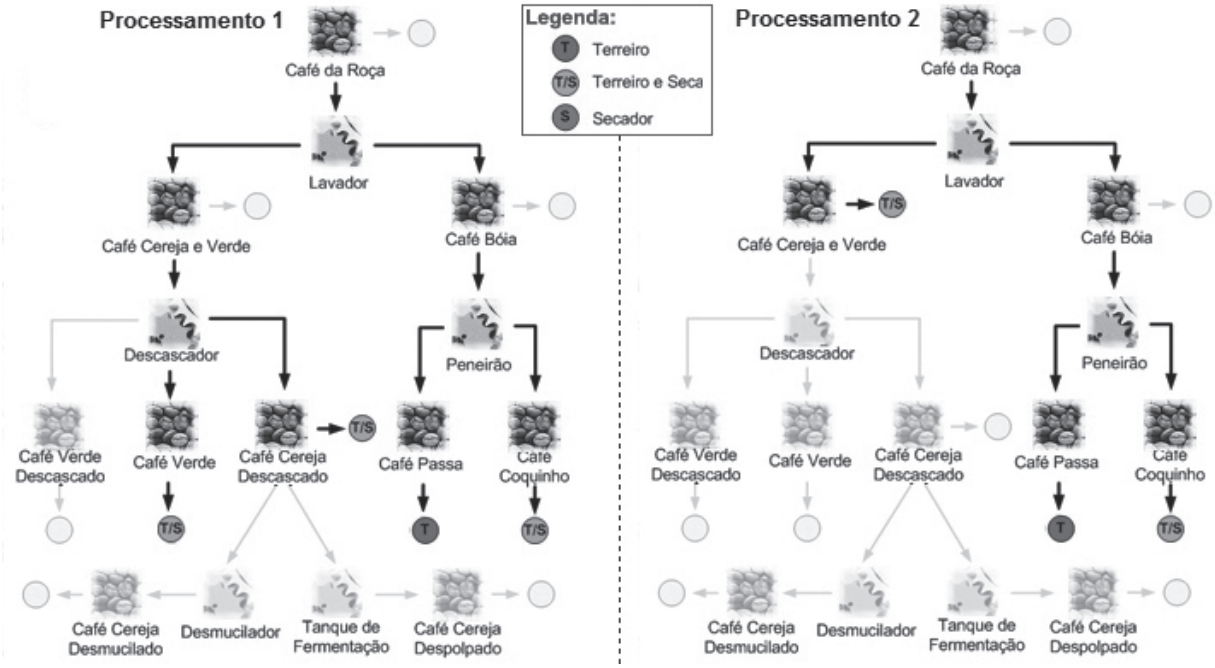


FIGURE 2 - Screen for selection of coffee processes of the Pós-Café tool (SANTOS, 2012).

• Revenue report (Figure 4): This report presents the total number of bags produced for the types of coffee selected for the processing chosen. The values in reais (R$) of each bag and the total revenue are also shown for each type of coffee.

• Cost report (Figure 5): This report presents the cost per bag, in reais (R$), sorted by categories of electricity, labor in coffee processing (operators of agricultural machinery), labor on the patio (workers that turn the coffee on the patio), total depreciation (depreciation of the patio and agricultural machinery) and the cost of fuel (used in mechanical drying of coffee).

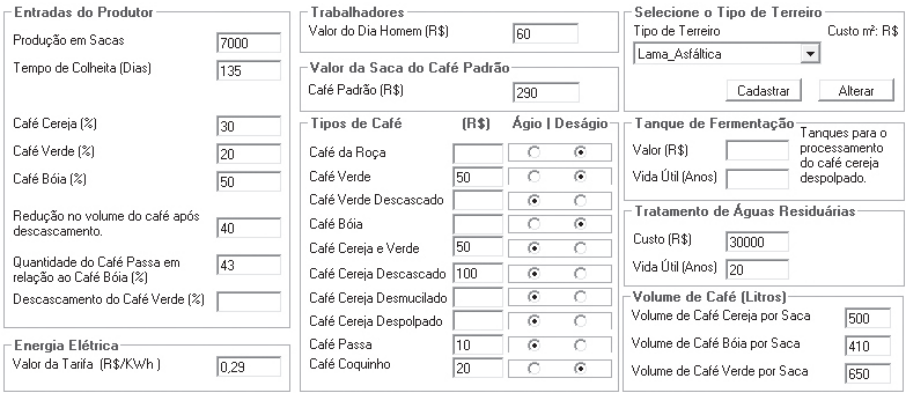
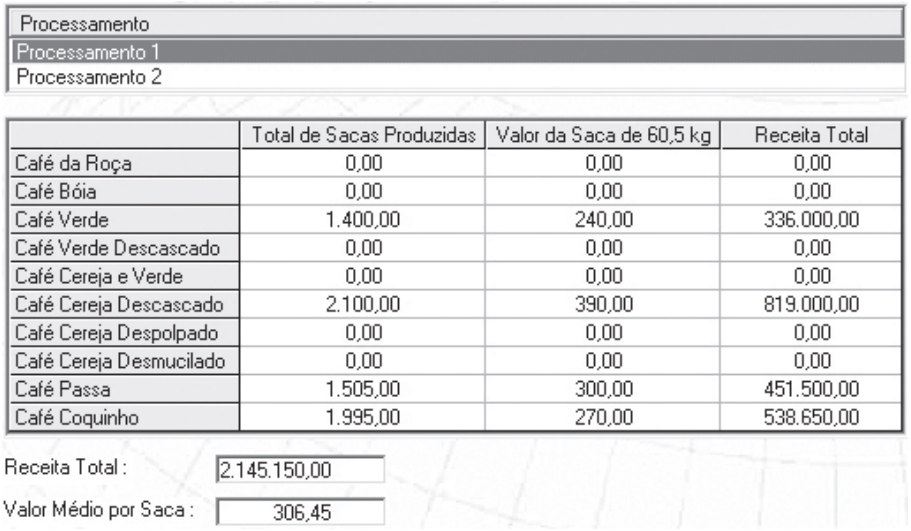
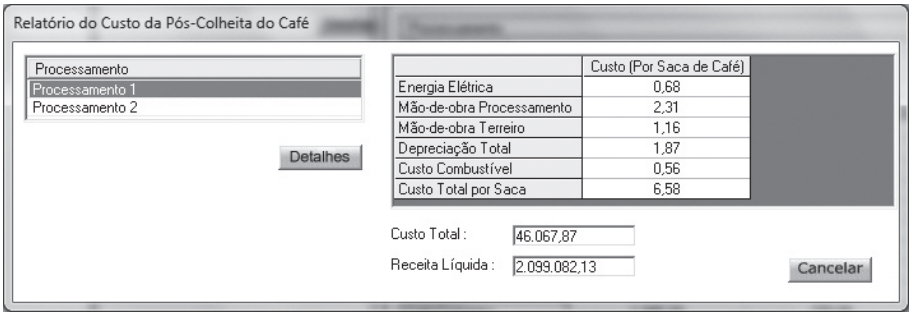


FIGURE 3 - Data entry screen of the Pós-Café tool (SANTOS, 2012).



	Total de Sacas Produzidas	Valor da Saca de 60,5 kg	Receita Total
Café da Roça	0,00	0,00	0,00
Café Bóia	0,00	0,00	0,00
Café Verde	1.400,00	240,00	336.000,00
Café Verde Descascado	0,00	0,00	0,00
Café Cereja e Verde	0,00	0,00	0,00
Café Cereja Descascado	2.100,00	390,00	819.000,00
Café Cereja Despolpado	0,00	0,00	0,00
Café Cereja Desmucilado	0,00	0,00	0,00
Café Passa	1.505,00	300,00	451.500,00
Café Coquinho	1.995,00	270,00	538.650,00

FIGURE 4 - Screen of the report of the revenues from Pós-Café processes (SANTOS, 2012).



	Custo (Por Saca de Café)
Energia Elétrica	0,68
Mão-de-obra Processamento	2,31
Mão-de-obra Terreiro	1,16
Depreciação Total	1,87
Custo Combustível	0,56
Custo Total por Saca	6,58

FIGURE 5 - Screen of the report of Pós-Café processing costs (SANTOS, 2012).

• Net margin report (Figure 6): This report presents the cash value per coffee bag that the grower will gain or lose depending on the type of coffee processing chosen. In the example of Figure 6 the grower will lose sixty cents if processing one (1) is chosen instead of processing two (2).

All reports shown above (reports of net revenue, processing costs and net margin) take into account the percentage values of coffee cherry, percentage of green coffee, premium and discount of coffee bags informed in the data input forms. (Figure 3).

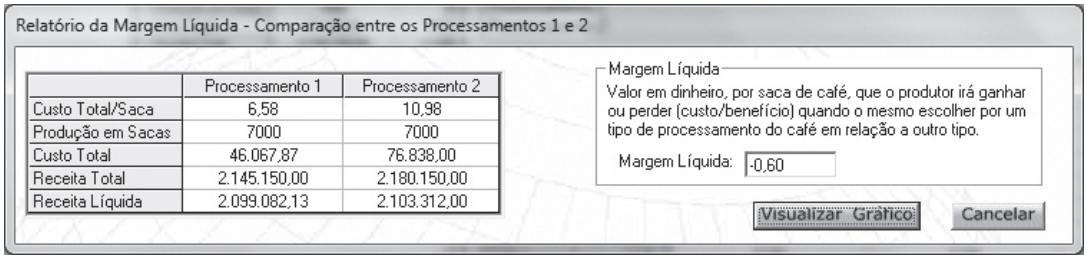
However, Figure 7 shows a graph of the net margin generated by the *Pós-Café* tool.

In the net margin graph, the grower can visualize other situations that consider different premiums (value in reais for the difference between bags of the type of coffee of higher value of each processing) and percentages of coffee cherry (percentage of coffee cherry at the time of harvest).

Speculating on these aspects, the grower can identify at what point one processing is economically more advantageous than the other.

In Figure 7, the point 30% of coffee cherry and 50 reais of premium is stressed, which represents the difference between the coffee bags with higher value for processing number one (bag of peeled coffee cherry: R$390,00) and processing number two (bag of coffee cherry and green: R$340,00). At this point, the net margin is approximately minus sixty cents of real (-0.60). That is, choosing processing number one (1) instead of processing number two (2), under these conditions, will cause the grower to lose sixty cents of real (-0.60) per bag of coffee produced. Under different conditions, e.g. the point 40% of coffee cherry and 60 reais of premium, processing number one (1) is preferable over processing number two (2).

In short, the graph is a resource of the tool that simulates new situations to assist the coffee grower in making decisions.



	Processamento 1	Processamento 2
Custo Total/Saca	6,58	10,98
Produção em Sacas	7000	7000
Custo Total	46.067,87	76.838,00
Receita Total	2.145.150,00	2.180.150,00
Receita Líquida	2.099.082,13	2.103.312,00

FIGURE 6 - Report of the report of net margin between the Pós-Café processes (SANTOS, 2012).

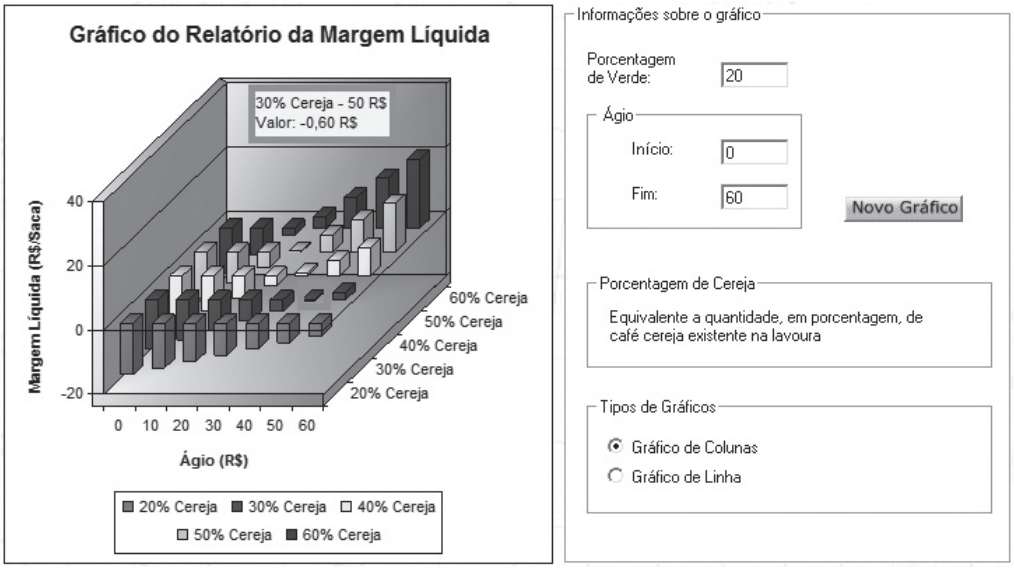


FIGURE 7 - Screen of the net margin graph for the Pós-Café tool (SANTOS, 2012).

Statistical validation of the *Pós-Café* decision support system

For the validation of the *Pós-Café* system the costs per bag of coffee during the post-harvest stage reported by the farmers were compared to the costs simulated in the *Pós-Café* system, with the answers to the questionnaires provided by these farmers considered as input data.

So the statistical validation of the *Pós-Café* tool considered cost data reported and simulated from the 34 farms, as shown in Table 3.

Student's t-test was used for statistical validation. The t test is applied to test hypotheses of population means when variables are normally distributed variables with unknown variances.

TABLE 3 - Data from informed and simulated costs of farms in southern Minas Gerais.

Farm	Informed Cost	Simulated Cost
1	R$ 6.00	R$ 6.98
2	R$ 2.10	R$ 4.08
3	R$ 9.00	R$ 8.66
4	R$ 15.00	R$ 11.82
5	R$ 6.00	R$ 9.36
6	R$ 15.00	R$ 7.76
7	R$ 20.00	R$ 17.72
8	R$ 8.50	R$ 8.04
9	R$ 10.00	R$ 11.17
10	R$ 12.22	R$ 8.59
11	R$ 8.45	R$ 5.24
12	R$ 8.50	R$ 8.35
13	R$ 12.00	R$ 9.61
14	R$ 7.15	R$ 10.00
15	R$ 6.00	R$ 8.98
16	R$ 10.04	R$ 8.13
17	R$ 13.02	R$ 9.32
18	R$ 10.30	R$ 10.20
19	R$ 7.00	R$ 7.01
20	R$ 6.00	R$ 6.95
21	R$ 4.00	R$ 8.55
22	R$ 5.00	R$ 9.27
23	R$ 5.80	R$ 6.05
24	R$ 2.50	R$ 4.54
25	R$ 8.00	R$ 5.25
26	R$ 9.50	R$ 14.16
27	R$ 9.50	R$ 9.41
28	R$ 8.80	R$ 9.39
29	R$ 8.00	R$ 10.85
30	R$ 8.00	R$ 6.92
31	R$ 12.00	R$ 11.69
32	R$ 10.00	R$ 9.25
33	R$ 10.00	R$ 9.36
34	R$ 10.00	R$ 15.24

According to Ribeiro and Melo (2009), this is a case of two dependent populations, and, thus, the random variable of interest was the difference between the pairs of two samples, instead of the values of these samples that must have the same size.

Table 4 shows information related to the descriptive statistics analysis of cost data.

After descriptive statistics, the *Lilliefords* test was conducted to test data normality, according to Table 5.

Conclusion: as the calculated value (0.0746) is lower than the tabulated values (α = 0.05 and α = 0.01), hypothesis H_0 is not rejected. Therefore, the random variable D has a normal distribution.

Once data normality is verified, Student's t-test (Table 6) was applied with the purpose of comparison of means. The hypotheses tested were: H_0 (μ_D=0) vs H_a ($\mu_D \neq 0$), where D represents the difference between the two populations.

Conclusion: it can be seen that average difference was equal to zero (P=0.7842 > α=0.05). Thus, there is no difference between the means of variables Y1 and Y2.

TABLE 4 - Descriptive statistics of data related to processing costs.

Variables	Minimum	Maximum	Missing	Valid
REP	1.0	34.0	0	34
Y1	2.10	20.0	0	34
Y2	4.08	17.7	0	34

Y1 = Informed Processing Costs
Y2 = Simulated Processing Costs
D = Y1-Y2 = Difference between Informed and Simulated Processing Costs.

TABLE 5 - Verification of normality.

Variables	Calculated Value	Value (P=0.05)	Value (P=0.01)
D	0.0746	0.152	0.177

TABLE 6 - Student's t-test for comparing the means

Variables	Data	Means	Deviations	T	GL	Probability
Y1		8.9229	3.6222			
D	34	-0.1329	2.8073	-0.276	33	0.7842
Y2		9.0559	2.8611			

4 CONCLUSIONS

The *Pós-Café* decision support system has proven to be a reliable tool. The costs of coffee processing in the post-harvest stage calculated by the *Pós-Café* are consistent with the costs informed by the farmers.

The *Pós-Café* tool can be used by coffee growers, consultants and other professionals involved in the post-harvest stage of coffee to help them make decisions regarding the most cost-effective processes to be used during the referred stage.

5 REFERENCES

ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr. 2010.

APACHE subversion. Disponível em: <http://subversion.apache.org/>. Acesso em: 8 jun. 2011.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. **UML:** guia do usuário. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

BORÉM, F. M. Processamento do café. In: _____. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. v. 1, p. 127-158.

FIELD, F.; KIRCHAIN, R.; ROTH, R. Process cost modeling: strategic engineering and economic evaluation of materials technologies. **JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society**, Warrendale, v. 59, n. 10, p. 21-32, 2007.

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arábica* L. suscetíveis e resistentes à Hemileia vastatrix Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

MICROSOFT OFFICE. **Access**. Disponível em: <http://office.microsoft.com/en-us/access/>. Acesso em: 8 jun. 2011.

RESENDE, O. et al. Qualidade do café conilon submetido à secagem em terreiro híbrido e de concreto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 327-335, mar./abr. 2011.

RIBEIRO, J. I.; MELO, A. L. P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa, MG: Folha, 2009. 45 p.

ROSE, R. **Rational Rose Enterprise**. Disponível em: <http://www.ibm.com/software/awdtools/developer/rose/>. Acesso em: 8 jun. 2011.

SAATH, R. et al. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arábica* L.) durante o processo de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 196-203, jan./fev. 2010.

SANTOS, R. V. M. **Sistema de apoio à decisão para gestão da pós-colheita do café**. 2012. 140 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2012.

VALENTE, D. S. M. et al. Um sistema de apoio à decisão para determinação de tarifas em unidades armazenadoras de grãos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 735-744, ago. 2011.

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE CAFÉ, NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO

André Thomazini[1], Humberto Carlos Almeida de Azevedo[2],
Patrick Leal Pinheiro[3], Eduardo de Sá Mendonça[4]

(Recebido: 07 de agosto de 2012; aceito: 19 de abril de 2013)

RESUMO: O estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de café arábica e o maior produtor de café conilon do Brasil. A cultura do café é responsável por grande parte da renda familiar de 67% dos agricultores do Estado. Em geral, a produção é baseada em sistemas de monocultivo apresentando avançado estágio de degradação do solo. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo de café sob alguns atributos físicos do solo. O trabalho foi realizado em 6 propriedades de agricultura familiar e 2 matas nativas onde o cultivo do café conilon é manejado em diferentes sistemas.Neste estudo foram usadas amostras compostas de solo obtidas em duas camadas (0 a 10 e 10 a20 cm). Determinou-se a granulometria, perda de solo do horizonte A, argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo e de partículas, porosidade total, estabilidade de agregados e os diâmetros médios geométricos dos agregados. Sistemas de manejo agroecológicos apresentaram menor dispersão de argila e maior grau de floculação. Para esse tipo de manejo, a densidade do solo e de partículas apresentaram valores mais próximos das matas de referência. Os agregados foram até 47% menos estáveis em lavouras que utilizam a capina em relação aos que utilizam a roçagem. A utilização da capina consequentemente expõe o solo às ações do clima e aumenta o potencial de degradação do solo ao longo dos anos, reduzindo sua qualidade física.

Termos para indexação: Café conilon, sustentabilidade, agricultores familiares.

PHYSICAL SOIL ATRIBUTES IN DIFFERENT COFFEE MANAGEMENT SYSTEMS IN THE SOUTHERN REGION OF ESPIRITO SANTO

ABSTRACT: *Espirito Santo state is the second largest coffee arabica producer and the largest canephoracoffee producer in Brazil. Coffee culture is responsible for a large part of the family income of 67% of the state farmers. Generally, production is based in monoculture systems showing advanced soil degradation stage. The objective of this study is to evaluate the effects of different coffee management sytems under some physical soil attributes. The work was conducted in 6 family agriculture properties and two native forests where conilloncoffee is handled through different systems. In this study were used compound soil samples obtained from two layers (0 to 10 and 10 to 20cm). Were determined granulometry, loss of horizon A, water dispersed clay, flocculation level, soil and particle densities, total porosity, aggregates stability and average geometric diameters of the aggregates. Agroecological management systems presented lower clay dispersion and higher flocculation levels. For this type of management, soil density and particle levels presented values closer to the reference forests. Aggregates were down to 47% less stable in farmings that use weeding in relation to the ones that use mowing. Weeding use consequently exposes soil to weather actions and increases soil degradation potential throughout the years, reducing its physical quality.*

Index terms: *Conilon coffee, sustainability, family farmers.*

1 INTRODUÇÃO

No estado do Espírito Santo, a cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais desenvolvidas. O Estado é o maior produtor de café conilon do Brasil. A primeira estimativa de safra 2011 foi de 7.6 milhões de sacas beneficiadas, superior em 3,71% a de 2010 (CONJUNTURA DO CAFÉ NO ESPÍRITO SANTO JANEIRO - CONAB, 2011). A maioria das lavouras da região Sul encontra-se em propriedades de agricultura familiar, com baixa aplicação de insumos agrícolas e práticas de manejo de menor sustentabilidade agrícola e em sua maioria, são estabelecidas em regiões de relevo forte ondulado a montanhoso (THOMAZINI, AZEVEDO; MENDONCA, 2012; BRINATI et al., 2008).

Os atributos físicos do solo podem ser usados como indicadores de sua qualidade e permitem o monitoramento de áreas que sofreram impacto da agricultura. A identificação e o desenvolvimento de sistemas de manejo de solo adaptados às condições edafoclimáticas, sociais e culturais regionais é uma das principais metas da pesquisa em manejo de solos (COSTA et al., 2003).

No sul do estado do Espírito Santo, as lavouras de café conilon são manejadas de diferentes formas, desde sistemas mais tradicionais com capina e eliminação total da vegetação espontânea, a sistemas agroflorestais

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro de Ciências Agrárias/CCA -29500-000 - Alegre - ES - andre.thz@gmail.com
[2]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro de Ciências Agrárias/CCA -29500-000 - Alegre - ES hcazevedo.agro@gmail.com
[3]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro de Ciências Agrárias/CCA -29500-000 - Alegre - ES - patricklpinheiro@gmail.com
[4]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro de Ciências Agrárias/CCA -29500-000 - Alegre - ES - eduardo.mendonca@ufes.br

e consórcios café-frutas-árvores, que são mais diversificados e mantêm maior cobertura do solo. A maioria das lavouras nessa região apresenta manejo convencional, com baixa cobertura do solo (BRINATI et al., 2008). Isso, ao longo dos anos, gera o empobrecimento do solo pela perda do horizonte superficial e consequente perda de matéria orgânica, material mineral e nutrientes, levando à queda da produtividade da lavoura (BEUTLER et al., 2003).

Os efeitos da erosão em sistemas que não priorizam a conservação do solo são comuns nessa região. Na estação chuvosa de 2011 foram quantificadas, em sistemas de manejo convencional de café, perdas de 2,71 Mg/ha de solo (AZEVEDO et al., 2011). Paralelamente a isso, manejos que apresentam cobertura do solo, diversidade de plantas espontâneas e cultivadas proporcionaram as menores perdas (0,092 Mg/ha) (AZEVEDO et al., 2011). Dessa forma, o efeito do manejo nesses sistemas têm reflexos diretos nos atributos físicos do solo, como textura, densidade do solo, argila dispersa e estabilidade de agregados (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000). Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo da cultura do café em alguns atributos físicos do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em seis propriedades de agricultura familiar e duas matas nativas na comunidade Feliz Lembrança, município de Alegre, região do Caparaó, Espírito Santo, área de abrangência do bioma Mata Atlântica. O clima regional é o tropical, chuvoso no verão e seco no inverno, a temperatura média anual é de 22° C. A altitude mínima é de 100m e a máxima de 1.326m e pluviosidade média anual de 800-1.200 mm. Nas propriedades existem diferentes áreas de plantio de café (como cultura principal), cultivado em sistemas agroflorestais e consórcios (Tabela 1).As áreas foram separadas de acordo com a classe de solos (grupos 1 e 2). A classe de solo no Grupo 1 é formada por Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) profundo e bem drenado, ácido e pobre em nutrientes disponíveis para as plantas, e no Grupo 2 a classe é de Neossolo (SANTOS et al., 2010). A mata nativa A foi utilizada como referência para Grupo 1 e a mata nativa E para o Grupo 2.

Os sistemas são de baixa dependência de insumos externos, e o manejo das plantas espontâneas é realizado manualmente com enxada retirando a cobertura do solo e roçadeira manual nos que a mantêm. Eventualmente, os agricultores realizam adubação com formulados de NPK e calagem anual. A caracterização química dos solos é apresentada na Tabela 2.Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições, em cada grupo. Para a caracterização do manejo, foram coletadas amostras compostas nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, sendo que cada repetição foi constituída por 4 amostras simples. As avaliações foram feitas no Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). Para medir a perda do horizonte A, foi feita uma medição em outubro de 2010 e outra em março de 2011 do horizonte com auxílio de uma régua graduada. Para isso foram abertas trincheiras a fim de visualizar a dimensão do horizonte A nos diferentes sistemas. A perda foi calculada por diferença e transformada em porcentagem.

As amostras de solo foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A análise granulométrica foi realizada em conformidade com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997). A determinação da argila dispersa em água seguiu a mesma metodologia usada na determinação da argila total sem dispersante químico. Para a determinação da densidade do solo, utilizaram-se amostras indeformadas coletadas com o auxílio de amostrador de Uhland, pelo método do anel volumétrico. A cada medida de densidade foram tomadas a altura e o diâmetro de cada anel com auxílio de um paquímetro, para o cálculo do seu volume. A densidade de partícula foi realizada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997). A porosidade total do solo (PT) foi obtida pela expressão: PT= (1-Ds/Dp), sendo Ds: densidade do solo eDp: densidade de partículas.

Para a determinação da estabilidade de agregados, a coleta de solo foi realizada sem destruição dos torrões, que foram acondicionados em sacos plásticos e, posteriormente, secados ao ar. No preparo das amostras, os torrões foram desmanchados manualmente, tomando-se cuidado para não destruir os agregados. Os agregados foram, posteriormente, passados em peneiras de 4 mm e 2 mm, e os agregados retidos na menor peneira foram selecionados para a análise em laboratório, via úmida no aparelho de Yoder (EMBRAPA, 1997).Determinou-se a porcentagem de agregados retidos em cada classe de tamanho, o diâmetro médio de agregados (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) para as amostras nas duas camadas(EMBRAPA, 1997).

TABELA 1 - Descrição dos sistemas de manejo na comunidade de Feliz Lembrança, Alegre, Espírito Santo.

Grupo 1 – Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)							
SIST	Composição anterior	Idade Café	Composição atual	Tempo de adoção	Cobertura Vegetal	Unidade Paisagem	
A	Mata Atlântica	-	Mata Atlântica	-	Presente	Topo de elevação convexa	
B	Café e Palmito	12	Café, Ingá, Palmito, Frutíferas, VE(2)	4	Presente	Terço médio de elevação côncava	
C	Café	14	Café, Trapoeraba	8	Presente	Terço médio de elevação convexa	
D	Café e Pastagem	15	Café, Banana, Laranja, Mamão	6	Ausente	Terço médio de elevação convexa	
	Roçagem	Capina	EF(4)	TE(5)	Altitude	D(6)	Coordenadas
A	-	-	Oeste	6	706	4	20°47'13.00"S 41°30'20.28"W
B	Realiza	Não	Oeste	8	405	27	20°47'52.51"S 41°30'37.72"W
C	Realiza	Não	Oeste	9	395	26	20°47'38.27"S 41°30'23.76"W
D	Não	Realiza	Norte	8	403	33	20°47'37.58"S 41°30'52.63"W
Grupo 2 – Neossolo							
SIST	Composição anterior	Idade Café	Composição atual	Tempo de adoção	Cobertura Vegetal	Unidade Paisagem	
E	Mata Atlântica	-	Mata Atlântica	-	Presente	Terço médio de elevação côncava	
F	Café e Coco	13	Café, Coco, Laranja, Banana, TRP(3); VE	8	Presente	Terço médio de elevação côncava	
G	Café	7	Café	7	Ausente	Terço Inferior de elevação convexa	
H	Café	22	Café, Acerola, Brachiaria, VE	10	Presente	Terço médio de elevação convexa	
	Roçagem	Capina	EF(4)	TE(5)	Altitude	D(6)	Coordenadas
E	-	-	Leste	9	580	35	20°47'55.68"S 41°30'32.28"W
F	Realiza	Não	Leste	7,5	290	6	20°47'37.58"S 41°30'52.63"W
G	Não	Realiza	Oeste	8,5	346	23	20°47'44.45"S 41°30'38.85"W
H	Realiza	Não	Oeste	9	365	27	20°47'49.58"S 41°30'25.71"W

(1) SIST: Sistemas de cultivo, grupos 1 e 2; (2) VE: Vegetação espontânea; (3) TPR: Trapoeraba; (4)EF:Exposição da face; (5) TE: Tempo de exposição em horas; (6)D: Declividade em porcentagem.

TABELA 2 - Caracterização química dos sistemas de manejo de café na comunidade de Feliz Lembrança, Alegre, ES.

		P[1]	K[1]	Na[2]	Ca[2]	Mg[2]	Al[2]	H+Al	SB	t	T	V
Sistemas	pH	--------mg/dm³-------			----------cmolc/dm³----------				------cmolc/dm³-----			%
Grupo 1 – Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)												
----------0 a 10 cm----------												
A	4,40	3,44	10,10	0,00	0,76	0,20	0,55	3,15	0,99	1,54	4,14	23,84
B	6,70	2,24	61,90	0,60	0,78	1,10	0,00	1,10	2,04	2,04	3,14	64,98
C	5,50	1,85	7,00	0,00	2,31	0,46	0,10	2,20	2,79	2,89	4,99	55,89
D	5,40	2,32	18,60	0,00	2,66	0,64	0,15	2,10	3,35	3,50	5,45	61,45
----------10 a 20 cm----------												
A	4,40	2,34	5,70	0,20	1,80	0,20	0,85	3,20	2,02	2,87	5,22	38,64
B	6,80	2,33	30,40	0,50	0,33	1,07	0,00	1,10	1,48	1,48	2,58	57,37
C	5,60	1,45	5,60	0,00	1,68	0,37	0,05	1,75	2,06	2,11	3,81	54,12
D	5,60	1,86	12,80	0,00	2,38	0,60	0,10	2,35	3,01	3,11	5,36	56,18
Grupo 2 –Neossolo												
----------0 a 10 cm----------												
E	5,50	2,32	12,90	0,00	1,77	0,47	0,05	2,15	2,27	2,32	4,42	51,39
F	5,80	4,35	13,60	0,00	1,08	0,87	0,10	3,30	1,98	2,08	5,28	37,56
G	4,70	1,09	4,20	0,00	0,08	0,14	1,00	3,70	0,23	1,23	3,93	5,87
H	6,00	3,43	15,30	0,00	5,54	0,95	0,00	1,60	6,53	6,53	8,13	80,32
----------10 a 20 cm----------												
E	5,50	2,43	10,20	0,00	1,21	0,44	0,05	1,95	1,68	1,73	3,63	46,22
F	5,30	3.33	10,80	0,00	1,05	0,59	0,45	3,20	1,67	2,12	4,87	34,26
G	4,90	1,23	3,90	0,00	0,08	0,13	0,93	3,25	0,22	1,15	3,47	6,31
H	6,10	2,77	13,00	0,00	4,11	0,72	0,00	1,75	4,86	4,86	6,61	73,54

1 forma disponível; 2 forma trocável.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), utilizando-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 são apresentados os teores de areia, silte e argila para os solos sob diferentes sistemas de manejo de café. As diferenças na granulometria se devem às diferenças pedológicas, sendo solos com características distintas, o que os diferenciam em se tratando das proporções de areia, silte e argila. Entretanto, o histórico de uso da área proporciona diferentes coberturas do solo, cada sistema apresentando susceptibilidade distinta à erosão ao longo dos anos, o que pode influenciar a granulometria com a remoção seletiva das partículas de argila da camada superficial (FERRÃO et al., 2004 THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONCA, 2012).

A redução da espessura do horizonte superficial do solo é apresentada na Tabela 4. No grupo 1 (LVA) a menor redução do horizonte A foi verificada no sistema agroecológico C

(8,5%). A maior redução foi observada para o sistema G (53,65%) enquanto que o sistema de cultivo conservacionista H reduziu apenas 5,2%, ao longo do período chuvoso no grupo 2. Para Santos et al. (2010) a espessura do horizonte A é indicativa da qualidade do solo e do seu potencial produtivo. Manejos agroecológicos proporcionam maior aporte de material orgânico, que aumentam a espessura do horizonte A e protegem o solo da degradação. Além disso, a preservação do horizonte A é fundamental para um bom desenvolvimento das plantas, assegurando produção de qualidade e sustentável de alimentos (FRANCO, 2000).

TABELA 3 - Valores médios de areia, silte e argila e a classificação textural do solo segundo SBCS e EMBRAPA nas profundidades de 0-10 e 10- 20 cm, para os diferentes sistemas de manejo do café.

Sistemas	Areia	Silte	Argila	Classe Textural SBCS[1]	Embrapa
	---------- g kg^{-1} de solo ----------				
	Grupo 1 – Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)				
	----------0--10----------				
A	731,86	68,03	200,10	Franco Argilo Arenoso	Média
B	536,79	59,90	403,21	Argila Arenosa	Argilosa
C	600,52	28,25	371,23	Argila Arenosa	Argilosa
D	614,44	49,22	336,34	Franco Argilo Arenoso	Argilosa
	----------10--20----------				
A	639,00	43,64	317,37	Franco Argilo Arenoso	Média
B	502,24	61,20	436,56	Argila Arenosa	Argilosa
C	518,98	31,80	449,21	Argila Arenosa	Argilosa
D	599,83	44,46	355,70	Argila Arenosa	Argilosa
	Grupo 2 – Neossolo				
	----------0--10----------				
E	777,93	59,48	162,59	Franco Arenoso	Média
F	636,90	83,00	280,63	Franco Argilo Arenoso	Média
G	692,33	82,04	225,62	Franco Argilo Arenoso	Média
H	559,25	79,00	361,75	Argila Arenosa	Argilosa
	----------10--20----------				
E	544,31	72,59	383,10	Argila Arenosa	Argilosa
F	543,12	156,65	300,24	Franco Argilo Arenoso	Média
G	539,95	78,04	382,01	Argila Arenosa	Argilosa
H	670,61	40,17	289,21	Franco Argilo Arenoso	Média

TABELA 4 - Estimativa média da perda do horizonte A nos diferentes sistemas de manejo do café, durante a estação chuvosa 2010/2011.

	Grupo 1 – Latossolo Vermelho Amarelo(LVA)				Grupo 2 – Neossolo			
Sistemas	A	B	C	D	E	F	G	H
	----------cm ----------							
Novembro	16.50	12.00	8.20	4.00	22.00	6.00	4.10	9.50
Março	16.40	10.50	7.50	3,3	22.00	4.80	1.90	9.00
	----------% ----------							
Perda	0.06	12.50	8.50	17,5	0.00	20.00	53.65	5.20

A tabela 5 apresenta os valores de porcentagem de argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total. Nas duas profundidades do solo, no Grupo 2 o sistema G (café em Neossolo) apresentou os maiores teores de argila dispersa em água (91,66 e 92,36%, respectivamente) e os menores para o grau de floculação (7,93 e 7,30 g/cm³, respectivamente) com valores significativamente diferentes ($p<0,05$). O LVA (Grupo 1) em média, apresentou maior dispersão de argila do que o Neossolo (Grupo 2), devido aos maiores conteúdos de argila desse grupo. Para a densidade do solo no Grupo 1, o sistema D (café, banana, laranja e mamão sobre LVA) diferenciou-se significativamente ($p<0,05$) dos demais sistemas nas duas profundidades. O mesmo comportamento foi verificado pelo sistema G (café e Neossolo) no Grupo 2. Esses sistemas de manejo não priorizam a manutenção da cobertura no solo, adotando um manejo que, ao longo dos anos, potencializa a degradação do solo, o que pode explicar os maiores valores de densidade. Os sistemas que mantêm a cobertura vegetal , adotando a roçada da vegetação espontânea, como os sistema agroflorestais B e F, obtêm valores de densidade mais próximos das matas de referência para cada grupo.

Maia et al. (2006) verificaram que agroecossitemas que priorizam a cobertura vegetal do solo apresentam menor dispersão de argila e maior floculação do solo, quando comparados a sistemas de cultivo intensivo. Santos et al. (2009) em seus estudos caracterizando solos da região sul do estado do Espírito Santo, verificaram que o manejo conservacionista aplicado nos sistemas de cultivo melhorou a qualidade física

TABELA 5 - Valores médios de argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP) e porosidade total (P) para os diferentes sistemas de manejodo café, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm.

SISTEMAS	ADA (%)(1)	GF (%)(2)	DS (g/cm³)(3)	DP (g/cm³)(4)	P (%)(5)
Grupo 1 – Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)					
0 a 10 cm					
A	55.24 d	43.77 a	0.98 b	2.57 b	66.33
B	69.98 c	28.19 b	1.13 b	2.65 b	56.00
C	90.31 a	9.16 d	1.15 b	2.21 c	54.00
D	81.35 b	17.64 c	1.36 a	2.89 a	57.33
10 a 20 cm					
A	42.28 c	57.38 a	1.04 c	2.60 b	66.00
B	80.87 a	19.45 c	1.14 bc	2.64 b	57.66
C	74.89 b	24.43 b	1.20 b	2.30 c	54.66
D	79.61 ab	20.72 c	1.40 a	2.91 a	58.66
Grupo 2 – Neossolo					
0 a 10 cm					
E	63.20 c	36.01 a	1.04 c	2.56 c	63.66
F	76.17 b	23.01 b	1.33 b	2.78b	55.66
G	91.66 a	7.93c	1.63 a	2.95 a	43.00
H	78.43 bc	22.90 b	1.19 bc	2.77 b	56.66
10 a 20 cm					
E	30.42 c	68.90 a	1.07 c	2.53 c	59.66
F	74.64 b	24.68 b	1.36 b	2.75 b	60.00
G	92.36 a	7.30 c	1.70 a	2.95 a	45.66
H	73.78 b	25.55 b	1.23 b	2.88ab	55.33

(1) ADA: Argila dispersa em água; (2) GF: Grau de floculação; (3) DS: densidade do solo; (4) DP: Densidade de partículas; (5) P: Porosidade total. Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

do solo e proporcionou melhores produtividades e qualidade na produção de alimentos.Effgen (2006) encontrou diferenças significativas em diferentes manejos nas lavouras cafeeiras na região sul do Espírito Santo. Na profundidade de 0 a 20 cm, em um LatossoloVermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, o manejo da lavoura com roçagem associada ao uso da palha de café apresentou menor densidade do solo (1,36 g/cm³). Já no sistema que utiliza a capina como manejo das plantas espontâneas a densidade do solo foi de 1,46 g/cm³.

Matiello et al. (2002) afirmam que, devido ao café conilon apresentar raízes mais vigorosas, a densidade do solo crítica para o desenvolvimento radicular está em torno de 1,45 mg/dm³. Segundo os autores, as raízes de café conilon só não são capazes de romper solos com densidade acima de 1,80 mg/dm³. De modo geral, os sistemas estudados não apresentam densidade do solo restritiva ao desenvolvimento radicular do café conilon. Apenas os sistemas de manejo D(café, banana, laranja e mamão em LVA)e G (café em Neossolo) apresentam densidades do solo limitantes ao desenvolvimento do café. Sistemas de manejo convencional tornam o solo mais susceptível à degradação, reduzindo a capacidade do solo de reter água e nutrientes, e os teores de carbono orgânico (MATOS et al., 2011). Esse processo acarreta restrições ao desenvolvimento e produção para a cultura do café (ZUCOLOTO et al., 2008; EFFGEN, 2006).

A Figura 1 apresenta os diâmetros médios geométricos (DMG) e ponderados (DMP) para os diferentes grupos, nas duas profundidades estudadas. No grupo 1(LVA), os maiores valores médios de DMG e DMP foram obtidos no sistema agroflorestal B (palmito e frutíferas em LVA), na camada de 0 a 10 cm e para o sistema de manejo agroecológico C(café e trapoeraba) na camada de 10 a 20 cm. Os sistemas agroecológicos do Grupo 2 apresentaram o mesmo comportamento do Grupo 1.

Na Tabela 6 são apresentados valores da porcentagem média dos agregados em diferentes classes. O Grupo 1, Latossolo, apresentou maior porcentagem média de agregados na classe de 4 mm do que o Grupo 2, Neossolo. Os solos do Grupo 1 apresentaram maiores teores de argila do que os do Grupo 2. Na camada de 0 a 10 cm o sistema B (café e palmito em LVA) apresentou maior porcentagem de agregados na classe de 4 mm e o sistema C (Café e trapoeraba) os maiores valores na camada de 10 a 20 cm. Os dois sistemas de cultivo apresentaram, em média, menores teores de agregados menores que 0,25 mm nas duas camadas. A formação de agregados maiores e estáveis promovem melhorias na qualidade do solo, aumentando a porosidade e capacidade de infiltração de água, facilitando o crescimento das raízes e diminuindo a dispersão de argila (SANTOS et al., 2009). Isso evidencia que o manejo convencional da lavoura cafeeira não favorece a formação de agregados estáveis no solo (ZUCOLOTO et al., 2008; EFFGEN, 2006).

Em ambientes onde não há revolvimento do solo é potencializada a interação das partículas de argila e matéria orgânica, participando como agentes agregantes favorecendo a estabilidade de agregados (EFFGEN, 2006).O menor aporte

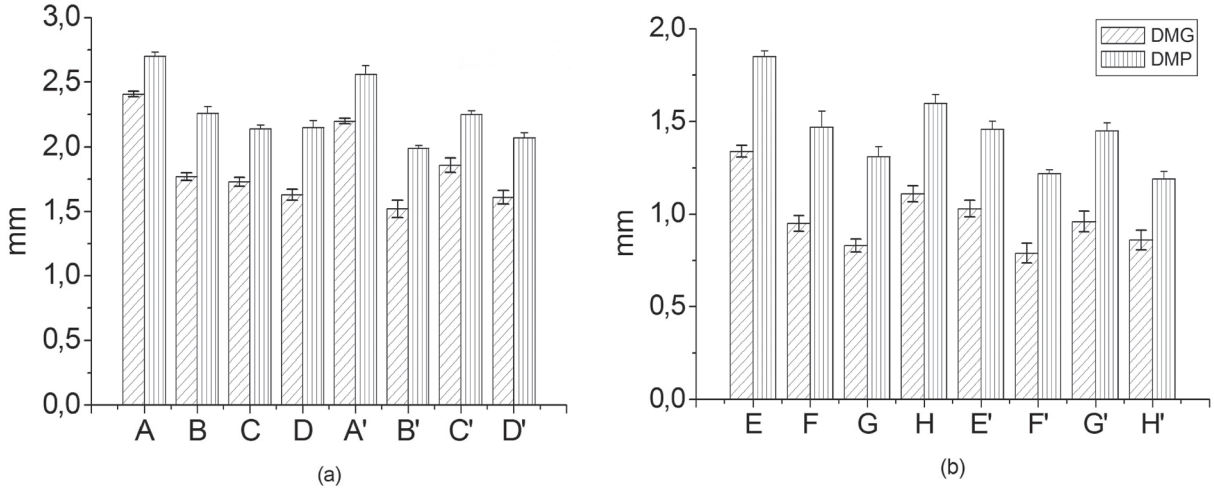


FIGURA 1 - Diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado para o grupo 1 (a)(A, B, C, D e A',B', C',D') e grupo 2 (b)(E, F, G, H e E', F', G' H') na camada de 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente.

orgânico nas lavouras de café da região do Caparaó-ES é de grande frequência devido ao alto índice de capinas, que reduz a proteção do solo e remove toda a matéria fresca sobre o solo (BRINATE et al., 2008).Existe correlação significativa entre o conteúdo de matéria orgânica e índice de estabilidade de agregados, ocorrendo graças ao fato de as moléculas orgânicas atuarem nas etapas de formação e estabilização dos agregados, além de servirem de fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação (WOHLENBERG et al., 2004).

TABELA 6 - Porcentagem média de agregados em diferentes classes nos diferentes sistemas de manejo do café nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm.

	Classes de Agregados				
SISTEMAS	4 a 2	2 a 1	1 a 0.5	0.5 a 0.25	< 0.25
	----------mm----------				
	Grupo 1 – Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)				
	0--10				
A	84.45 a	9.77 d	1.21 c	0.93 c	3.63 c
B	63.11 b	20.09 b	5.23 b	4.62 b	6.94 a
C	54.79 c	27.17 a	8.37 a	5.26 ab	4.40 b
D	58.79 b	19.26 c	9.02 a	5.39 a	7.52 a
	10--20				
A	84.45 a	9.77 d	1.21 d	0.93 c	3.63 c
B	48.62 d	27.60 a	11.13 b	6.18 a	6.46 a
C	60.01 b	25.11 b	6.25 c	4.92 b	3.70 c
D	53.69 c	22.57 c	12.22 a	6.22 a	5.29 b
	Grupo 2 – Neossolo				
	0--10				
E	43.82 a	27.41 b	11.73 d	7.86 c	9.16 c
F	29.42 b	26.06 b	16.46 a	14.06 a	13.99 b
G	21.96 c	30.79 a	14.45 c	14.90 a	17.88 a
H	32.90 b	28.98 ab	15.71 b	12.14 b	10.24 c
	10--20				
E	24.65 a	35.38 a	17.97 c	11.39 c	10.60 b
F	19.42 b	26.59 c	20.36 b	18.66 a	14.97 a
G	25.84 a	30.78 b	13.50 d	11.40 c	15.12 a
H	13.13 c	36.79 a	22.93 a	16.80 b	10.34 b

Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

1. A remoção da cobertura do solo no sistema cafeeiro conilon potencializa a dispersão de argila e consequente degradação do solo, ao longo dos anos de cultivo.

2. A manutenção do aporte orgânico no solo em sistemas agroecológicos aumenta a estabilidade dos agregados e seu diâmetro, além de reduzir os valores de densidade do solo, sendo fundamental para um bom desenvolvimento e produtividade do café conilon na região do Caparaó-ES.

5 AGRADECIMENTOS

Aos agricultores pelo interesse no trabalho, ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica dos dois primeiros autores e pela bolsa de produtividade em pesquisa do último autor.

6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, H. C.; THOMAZINI, A. ; PINHEIRO, P. L. ; GODINHO, T. O. ; MENDONCA, E. S. Perdas de solo, água e nutrientes sob diferentes sistemas de cultivo no sul capixaba. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Resumos expandidos...Viçosa: SBCS, 2011. v. 1. p. 12-16.

BEUTLER J. F.; BERTOL I.; VEIGA M.; WILDNER L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Alumino férrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 509-517, 2003.

BRINATE, S. V. B. ; NOGUEIRA, N. O. ; MARTINS, L. D ; TOMAZ, M. A. ; ANDRADE, F. V ; PASSOS, R.R. Avaliação dos atributos físicos de solos sob cultivo de café na microrregião do caparaó ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR-II INICJR, 2008, São José dos Campos. Resumos expandidos... São José dos Campos, 2008,v. 1. p. 12-16.

CONAB. Conjuntura do Café no Espírito Santo janeiro/2011. Vitória-ES. Disponível em www.conab.gov.br/.../11_02_11_08_24_40_conjuntura_cafe_janeiro_2011.pdf Acesso: 01 nov. 2011.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n.5, p. 527-535, 2003.

EFFGEN, T. A. M. Atributos do solo em função de tratos culturais em lavouras de cafeeiro conilon no sul do Estado do Espírito Santo. 2006. 91p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Alegre, UFES. 2006.

EMBRAPA: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.;MUNER, L. H.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. Café Conilon: Técnicas de produção com variedades melhoradas. Vitória: INCAPER, 2004. 60p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows 4. 0. In:Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45, 2000, São Carlos. Anais. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.

FRANCO, F.S. Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na zona da mata de Minas Gerais. 2000. 148f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,MG, 2000.

GLIESSMAM, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 35 p.

MAIA, S. M. F. ; XAVIER, F. A. S. ; OLIVEIRA, T. S. ; MENDONCA, E. S. ; ARAUJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 30, p. 837-848, 2006.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNADES, D. R. Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2002. 387p.

MATOS, E. S. ; MENDONCA, E. S. ; CARDOSO, I. M. ; LIMA, P. C ; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, p. 141-149, 2011.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.M.; SÁ, M.A.C.; LIMA, J.M. Agitador horizontal de movimento helicoidal na dispersão mecânica de amostras de três Latossolos do sul e campos das vertentes de Minas Gerais. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 26, n. 3, p. 881-887, 2002.

THOMAZINI, A. ; AZEVEDO, H. C. ; MENDONCA, E. S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 7, p. 150-159, 2012.

SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R. R.; SILVA, L.V.M.; OLIVEIRA, P.P.; GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais. BioscienceJournal, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 940-947, 2010.

SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R. R.; SANTOS, C.L. GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 4, p. 140-149, 2009.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, n. 5, p.191-199, 2000.

ZUCOLOTO, M. ; COELHO, R. I. ; LIMA, J. S. S. ; SANTOS, J. G. ; ALMEIDA, G. D. Atributos físicos de um latossolo sob diferentes coberturas vegetais. Revista Facultad Nacional de Agronomia, Medellin, v. 61, n. 2, p. 4600-4604, 2008.

WOHLENBERG, E. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação em sucessão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 28, n.5, p. 891-900, 2004.

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE CULTIVO EM DUAS ÉPOCAS DE PODA NOS TEORES CAULINARES DE CARBOIDRATOS EM CAFEEIROS

Sérgio Parreiras Pereira[1], Danielle Pereira Baliza[2], Meline Oliveira Santos[3], José Donizeti Alves[4], Rubens José Guimarães[5]

(Recebido: 10 de agosto de 2012; aceito: 28 de maio de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os teores caulinares de carboidratos de cafeeiros em função do espaçamento de cultivo e em duas épocas de poda. O experimento foi conduzido em uma lavoura na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Machado, MG, implantada em janeiro de 1992. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 2, sendo quatro espaçamentos entre as linhas (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 m), três espaçamentos entre as plantas na linha de plantio (0,5; 0,75; 1,0 m), e duas épocas de poda (uma precoce feita logo após a colheita no mês de julho 2002 e a outra tardia no mês de janeiro de 2003), totalizando 24 tratamentos com três repetições. Em julho de 2002 e em janeiro de 2003 foram realizadas as podas tipo "recepa", em que foram coletadas as amostras dos discos caulinares dos cafeeiros e analisados os teores de carboidrato acumulados no caule. Os tratamentos foram também avaliados quanto à produtividade e à produção por planta, no ano de 2002. A produtividade é influenciada negativamente pelo aumento do espaçamento entre as linhas de plantio, enquanto a produção por planta é maior no espaçamento de 1,00 m entre plantas. Nos maiores espaçamentos entre as plantas ocorre uma manutenção nos teores de açúcares solúveis totais de uma época de poda para a outra. Os teores de amido aumentam em todos os espaçamentos entre as épocas de poda. Quando a poda é realizada seis meses após a colheita dos frutos, os cafeeiros apresentam maiores teores caulinares de carboidratos.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, adensamento, amido, poda, açúcares solúveis totais.

INFLUENCE OF CULTIVATION SPACING AND TWO PRUNING TIMES ON STEM CARBOHYDRATE LEVELS IN COFFEE

***ABSTRACT**: The objective of this work was to evaluate coffee plant stem carbohydrate contents in function of the cultivation spacing and at two pruning times. The experiment was conducted on a crop in the Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), in Machado, MG, implanted in January of 1992. The experimental design was in random blocks in a 4 x 3 x 2 factorial outline, being four spacings bewteen rows (2.0; 2.5; 3.0 and 3.5 m), three spacings among the plants in the planting row (0,5; 0,75; 1,0 m), and two pruning times (one early, soon after harvest in July 2002 and the other late, in the month of January, 2003), totaling 24 treatments with three repetitions. In July, 2002 and in January, 2003 the stump type prunings were conducted, when the coffee plant stem disk samples were collected and the accumulated of stem carbohydrate content were analyzed. The treatments were also appraised as to the productivity and the production per plant in the year of 2002. The productivity is negatively influenced by the increase of the spacing among the planting rows, while the per plant production is higher at the spacing of 1.00 m among plants. In greater planting row is maintained in the levels of total soluble sugars of a pruning time for another. The starch content increased in all the spaces between the pruning times. When the pruning is conducted six months after the harvest of the fruits, the coffee plants present higher stem carbohydrates levels.*

***Index terms**: Coffea arabica, densification, starch, pruning, total soluble sugars.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, parece haver uma tendência de redução dos espaçamentos do plantio na maioria das culturas, especialmente das lenhosas perenes (PEREIRA et al., 2007). No caso do cafeeiro, a variação no espaçamento de plantio entre as linhas e entre as plantas na linha tem proporcionado impactos econômicos significativos, não apenas pela influência na produtividade, mas também pela alteração no manejo da lavoura (CARVALHO et al., 2006; PAULO; JUNIOR; FAZUOLI, 2005; PEREIRA et al., 2011).

Neste contexto, uma grande vantagem dos plantios adensados é o ganho em produtividade e consequente redução do custo de produção, pela utilização mais eficiente da radiação solar, da água e dos minerais (CARVALHO et al., 2006; CARVALHO et al., 2013). No entanto, reduções no espaçamento de plantio entre as linhas e entre as plantas, refletem em maior altura do ramo ortotrópico primário (RENA et al., 1994), causam

[1]Instituto Agronômico de Campinas/IAC - Avenida Barão de Itapura, 1.481 - 13012−970 - Campinas - SP - pereiracafes@yahoo.com.br
[2]Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Avançado Bom Sucesso/IF Sudeste MG - Rua São José, 249 - Bairro São José 37.220-000 Bom Sucesso - MG - danielle.baliza@ifsudestemg.edu.br
[3,4]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Biologia/DBI - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG jdalves@dbi.ufla.br - melineoli@hotmail.com
[5]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG rubensjg@dag.ufla.br

morte mais intensa dos ramos plagiotrópicos no terço inferior dos cafeeiros (MATIELLO et al., 2002; THOMAZIELLO et al., 1998) e diminuem a área útil produtiva de cada planta, representada pelo diâmetro e o comprimento da copa. Com este nível significativo de fechamento, tanto entre, quanto dentro das linhas de plantio, é constatada a necessidade da poda, uma vez que a produtividade tende a diminuir com o avanço da idade do plantio, desencadeada pelo aumento da competição entre as plantas (CARVALHO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007; PEREIRA et al., 2007).

Atualmente, a realização de podas em lavouras cafeeiras adultas é prática bem aceita pelos cafeicultores, tanto para a manutenção da capacidade produtiva quanto para correção de problemas relacionados à arquitetura das plantas, como exemplo, a ocorrência de chuvas de granizo, geadas ou ataque de pragas e doenças. Contudo, devido à escassez de trabalhos científicos envolvendo essa técnica, os resultados encontrados ainda são inconclusivos e divergentes. Uma possível explicação é a não consideração do estado fisiológico em que se encontram as plantas para a realização da prática (PEREIRA et al., 2008).

O estudo dos teores de carboidratos nos órgãos vegetais serve como um indicativo da atividade metabólica do tecido, essencial para o crescimento do órgão, podendo ser utilizado como referência para avaliar-se o estado de depauperamento da planta (ARAUJO et al., 2008; LIVRAMENTO et al., 2003; PEREIRA et al., 2008).

Livramento et al. (2003) concluíram que, para cafeeiros, em bom estado fitossanitário, existe uma correlação positiva entre níveis de produtividade e níveis de carboidratos nos ramos e que a poda, quando realizada logo após a colheita, apresenta melhores resultados. Entretanto, Pereira et al. (2008) avaliando o efeito da poda em mudas passadas de cafeeiros, observaram uma diminuição no teor de açúcares solúveis totais e de amido no caule e nas raízes secundárias. Já em pessegueiro, Araujo et al. (2008) observaram um aumento nos teores de carboidratos em ramos após a poda de renovação, realizada 45 dias após a colheita, uma vez que os frutos, principais drenos, foram retirados das plantas. Entretanto, a concentração de carboidratos solúveis nos ramos variou ao longo do ciclo do pessegueiro e a poda de renovação, realizada logo após a colheita, provocou uma queda na produção do pessegueiro no ano seguinte.

Objetivou-se,neste trabalho,avaliar os teores caulinares de carboidratos em cafeeiros em função do espaçamento de cultivo, em duas épocas de poda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Machado, MG (21°40'S, 45°55'W, a 881 m de altitude). A lavoura utilizada foi da espécie *Coffea arabica* L., cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, plantada em 1992 em sistema "renque". As adubações com corretivos e nutrientes foram feitas conforme a recomendação para a cultura (GUIMARÃES et al., 1999).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 24 tratamentos, em esquema fatorial (4x3x2), com três repetições, sendo: fator 01: quatro espaçamentos entrelinhas (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 m); fator 02: três espaçamentos entre as plantas na linha de plantio (0,5; 0,75; 1,0 m) e; fator 03: duas épocas de poda (uma precoce feita logo após a colheita no mês de julho de 2002 e outra tardia no mês de janeiro de 2003). Cada parcela media doze metros de comprimento, possuindo três linhas de plantio. A parcela útil considerada foi a linha interna, pois essa sofreu influência tanto do adensamento entre as linhas quanto entre as plantas na linha.

Em julho de 2002, após a colheita dos frutos, realizou-se a poda precoce do tipo recepa a 40 cm de altura do solo. Em janeiro de 2003, realizou-se a recepa daquelas parcelas referentes à segunda época. Imediatamente após a recepa nas duas épocas de poda, foram coletados discos caulinares de seis plantas por parcela.

Após a recepa, com auxílio de motosserra, foram obtidos os discos caulinares dos ramos ortotrópicos com aproximadamente 1 cm de largura. Imediatamente após a obtenção dos discos em campo, esses foram envoltos em papel alumínio, etiquetados, acondicionados em nitrogênio líquido e, posteriormente, armazenados em freezer a - 80 ºC, por um período de um mês até a realização das análises.

No laboratório, as amostras foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada, à temperatura de 70º C, até peso constante. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 mesh e armazenadas em sacos plásticos em freezer a-80 ºC, por um período de um mês, até a realização

das análises. No laboratório de Qualidade do Café "Dr. Alcides de Carvalho" da EPAMIG em Lavras, MG, foram efetuadas análises de açúcares totais e amido, extraídos pelo método de LaneEnyon e quantificados pela técnica proposta por Somogy e adaptada por Nelson (1944).

Em campo, os tratamentos foram avaliados quanto à produtividade e à produção por planta no ano de 2002, com a finalidade de verificar-se o valor dessas variáveis antes da realização da poda. A colheita foi realizada no momento em que as parcelas apresentavam menos de 20% de frutos verdes. Foi determinado o peso dos frutos, na forma de "café da roça", por unidade experimental e por planta. O café da roça é o café colhido em diversos estádios de maturação misturados: verde, cereja, passa e seco. Do total, retirou-se uma amostra de 2 kg, que foi seca até 11% de umidade, beneficiada e pesada. Os dados obtidos foram transformados em sacas de café beneficiado por hectare e em gramas de café beneficiado por planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003). Os efeitos dos tratamentos sobre as variáveis respostas foram verificados pelo teste de médias (Scott Knott, $P \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características produtividade (sacas por hectare) e produção (gramas por planta) não houve interação entre os fatores espaçamento entre as plantas na linha e entre as linhas de plantio, sendo esses fatores analisados isoladamente.

A redução do espaçamento entre as linhas de plantio afetou diferencialmente a produtividade dos cafeeiros em estudo. As parcelas com espaçamentos de 2,0 e 2,5 m foram as mais produtivas e não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo superiores as parcelas com maiores espaçamentos (3,0 e 3,5 m) (Tabela 1).

Pereira et al. (2011), ao avaliarem as consequências da redução do espaçamento entre as linhas de plantio sobre a produtividade dos cafeeiros, em oito colheitas (1994 a 2001), observaram redução média na produtividade de 14,52 sacas beneficiadas por hectare a cada metro de incremento no espaçamento entre as linhas. No presente trabalho, notou-se semelhança aos resultados obtidos pelos pesquisadores, isso é, com aumento de 1 m entre as linhas de plantio houve redução da produtividade de 19 sacas, em média.

Para a produção individual de cada planta não foram observadas diferenças nesta variável em função do aumento do espaçamento entre as linhas de plantio (Tabela 1). Esses resultados indicam que os diferentes ambientes, resultantes da variação da densidade de plantio, foram homogêneos entre si, uma vez que as plantas produziram, individualmente, a mesma quantidade de café.

Esta ausência de diferenças significativas na produção individual de frutos pelos cafeeiros, ao se considerar o espaçamento crescente entre fileiras nesta lavoura de 10 anos de idade, reflete em parte, o estado vegetativo dos cafeeiros. Carvalho et al. (2006), Martinez et al. (2007), Melo et al. (2005) e Pereira et al. (2011), estudando os reflexos da redução de espaçamentos sobre o crescimento e a arquitetura da plantas verificaram que, à medida em que se diminui a distância entre as fileiras do cafeeiro, as plantas apresentam-se mais altas e com maior altura da inserção dos ramos plagiotrópicos do terço inferior.

TABELA 1 - Produtividade em sacas por hectare e produção em gramas de café beneficiado (11% b.u.) por planta da safra de 2002 de cafeeiros submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas de plantio.

Espaçamento entre linhas	Produtividade (sc/ha)	Produção (g/planta)
2,0	81,0 a	733,0 a
2,5	80,0 a	888,0 a
3,0	67,0 b	887,0 a
3,5	56,0 b	899,0 a
Média	71,00	851,75
CV(%)	18,58	18,82

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

De acordo com Pereira et al. (2011), no espaçamento mais adensado entre as linhas, a maior altura das plantas levou a um maior autossombreamento e, com isso, a um menor diâmetro de saia e uma maior morte dos ramos plagiotrópicos inferiores, devido à deficiência de incidência de radiação naquelas partes das plantas. Por outro lado, a menor altura das plantas cultivadas entre fileiras mais distantes foi compensada por ramos plagiotrópicos inferiores maiores e mais baixos em relação ao nível do solo. Assim, essas diferenças no crescimento e arquitetura dos cafeeiros podem ser uma das justificativas para a semelhança produtiva entre as plantas no cultivo de maior e menor espaçamento entre as linhas.

Sabe-se que a manutenção e o enchimento dos frutos do cafeeiro dependem, em um primeiro momento, da fotossíntese corrente, e partindo da premissa de que ela foi igual em todos os tratamentos, é lícito esperar uma mesma produção das plantas, e, portanto, com a mesma força de dreno, tal como ocorreu, em todos os tratamentos (Tabela 1).

Os diferentes espaçamentos entre as plantas na linha de plantio não influenciaram a produtividade dos cafeeiros, enquanto que a produção individual de cada planta aumentou significativamente, em média, 59% e 15%, quando a distância entre as plantas na linha passou de 0,5m para 0,75m e de 0,75m para 1,0 m, respectivamente (Tabela 2).

Pereira et al. (2011) ao estudarem os efeitos dos diferentes espaçamentos de cultivo do cafeeiro, no período de oito colheitas, observaram uma queda média de cerca de 215 g de café por planta com a redução de 0,50 m no espaçamento entre as plantas na linha de plantio. Apesar da queda na produção por planta ser expressiva no menor espaçamento, a produtividade manteve-se semelhante ao maior espaçamento. Isso demonstra que o maior número de plantas por unidade de área, no menor espaçamento, é preponderante para a manutenção da produtividade em níveis adequados. No presente trabalho, notou-se semelhança aos resultados obtidos por Pereira et al. (2011), ou seja, com redução de 0,5 m entre as plantas na linha de plantio houve uma redução de 479 g de café por planta, em média.

Tanto para os teores de açúcares solúveis totais quanto para o teor de amido ocorreu efeito significativo na interação tripla entre os fatores avaliados (Tabela 3).

Em julho de 2002, embora tenham sido observadas algumas diferenças em função dos fatores avaliados, não foi encontrada nenhuma tendência para os teores de amido. Para os teores de açúcares solúveis totais, as menores médias foram proporcionadas pelo espaçamento de 0,75 m entre plantas com 3,5 m entrelinhas. Em janeiro de 2003, houve diferença significativa para os teores de amido somente no espaçamento de 0,50 cm entre plantas, sendo os menores valores observados no espaçamento entrelinhas de 2,00 m. Enquanto para os teores de açúcares solúveis totais não foram encontradas diferenças entre os tratamentos (Tabela 4).

Para os discos caulinares colhidos em julho de 2002, em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas, não foram observados padrões de caracterização dos teores de açúcares solúveis totais e amido, embora tenham sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Já em janeiro de 2003, tanto para os teores de amido e açúcar solúveis totais os maiores valores foram encontrados no espaçamento entre plantas de 1,00 m (Tabela 4).

Ao se compararem os dados de produtividade com os teores de amido e de açúcares solúveis totais nos caules das plantas, logo após a colheita em julho de 2002 e janeiro de 2003 (Tabelas 1, 2 e 4), observou-se que embora a produtividade

TABELA 2 - Produtividade em sacas por hectare e produção em gramas de café beneficiado (11% b.u.) por planta da safra de 2002 de cafeeiros submetidos a diferentes espaçamentos entre as plantas nas linhas de plantio.

Espaçamento entre plantas	Produtividade (sc/ha)	Produção (g/planta)
0,50	72,0 a	577,0 c
0,75	75,0 a	915,0 b
1,00	66,0 a	1056,0 a
Média	71,00	849,33
CV (%)	18,58	18,82

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 3 - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para açúcares solúveis totais (AST) e amido (A), em caules de cafeeiros submetidos a diferentes espaçamentos entre as plantas e entre as linhas de plantio, em duas épocas de poda.

		QM	
Fontes de Variação	GL	AST	A
Esp. entre plantas (P)	2	0,750**	16,818**
Esp. entre linhas (L)	3	0,023ns	6,745**
Época (E)	1	2,318**	907,238**
Blocos	2	0,032ns	1,562ns
P x L x E	6	0,056*	2,899**
Erro	57	0,028	0,720
CV (%)		11,19	6,91
Média Geral		1,50	12,28

*,** Significativo, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

tenha variado significativamente de 56 a 81 sacas por hectare com a redução do espaçamento, as concentrações dos carboidratos pouco diferiram.

Até a década de 1980, acreditava-se que os teores de carboidratos se correlacionavam negativamente com a produtividade da planta (RENA; NACIF; GUIMARÃES, 2003). Entretanto, Carvalho et al. (1993) verificaram que a fotossíntese corrente exerce um importante papel para o desenvolvimento dos frutos, o que diminui a importância das reservas de carboidratos presentes em ramos e caules relacionadas com esse evento. E mais recentemente, Livramento et al. (2003), ao estudarem a influência da produção nos níveis de carboidratos das plantas de café, observaram que uma elevada produção de frutos não é um fator que se apresenta relacionado com o esgotamento das reservas de carboidratos em cafeeiro. A manutenção das reservas orgânicas no caule sugere que, independentemente do espaçamento das linhas e mediante o desenvolvimento e a manutenção de uma superfície foliar fotossinteticamente ativa nos terços médio e superior das plantas, houve o fator responsável pela sustentação de uma elevada carga de frutos, produzindo fotoassimilados "extras" para o armazenamento.

Considerando os resultados de janeiro de 2003 e sabendo que os açúcares solúveis totais refletem, de maneira geral, a fotossíntese líquida corrente, o maior teor desses componentes nos caules das plantas cultivadas no maior espaçamento (1,0 m) revela um microclima mais favorável, possivelmente em função da maior disponibilidade de radiação incidente. A verificação de uma maior eficiência no metabolismo do carbono, nessa condição, pode ser corroborada ao se observar uma maior produção de frutos nessas plantas, sem gastos da reserva de carboidratos, aqui representada pelo teor de amido.

Livramento et al. (2003) ao investigarem a influência da produção dos cafeeiros nos teores de carboidratos verificaram que os teores de açúcares solúveis totais no caule e os de amido nas folhas, ramos e, principalmente, nos caules, determinados após a colheita, foram mais elevados nas plantas que obtiveram as maiores cargas de frutos. Considerando que os frutos não se comportaram como drenos suficientemente fortes, a ponto de se esgotarem as reservas de carboidratos nas diversas partes da planta, os mesmos se valem, prioritariamente, da fotossíntese corrente.

Recentemente Alves et al. (2011) confirmaram as observações feitas por Livramento et al. (2003), ao encontrarem uma relação positiva entre o teor de carboidratos e a carga de frutos dos cafeeiros. Os autores verificaram que os cafeeiros com frutos apresentaram níveis mais elevados de açúcares solúveis e os mesmos níveis de amido nas folhas e raízes, em comparação com os cafeeiros que tiveram seus frutos removidos. Esses resultados sugerem que os cafeeiros ajustam sua capacidade fotossintética de acordo com a carga de frutos. Franck et al. (2006) encontraram valores mais elevados de fotossíntese, à medida em que houve aumento de carga dos frutos. Esse ganho na fotossíntese pode ser creditado à maior disponibilidade de CO_2 interno associado à maior condutância estomática (DAMATTA et al., 2008; SILVA et al., 2010). Contudo, Cannel (1976) relata que o esgotamento das reservas de carboidratos em cafeeiro é um fator relacionado à elevada produção de frutos.

TABELA 4 - Teores de açúcares solúveis totais (AST) e amido (A) no caule de cafeeiros submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas de plantio, em função de diferentes épocas de poda e espaçamentos entre as plantas.

	Época											
	Julho/02						Janeiro/03					
	Espaçamento entre plantas											
	0,50		0,75		1,00		0,50		0,75		1,00	
Espaçamento entre linhas	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A
2,0	1,4Ba	6,9Bb	1,9Aa	9,3Aa	1,5Ba	7,0Bb	1,0Ba	13,2Cb	1,2Ba	15,5Ba	1,5Aa	16,9Aa
2,5	1,4Ba	9,2Aa	1,8Aa	7,9Bb	1,8Aa	9,5Aa	1,1Ba	14,4Ba	1,2Ba	15,7Aa	1,5Aa	16,7Aa
3,0	1,6Ba	8,8Ba	1,9Aa	10,1Aa	1,7Ba	10,7Aa	1,0Ba	15,3Aa	1,1Ba	16,0Aa	1,6Aa	16,9Aa
3,5	1,5Aa	7,8Bb	1,4Ab	7,3Bb	1,7Aa	9,8Aa	1,2Ba	15,6Aa	1,4Ba	16,2Aa	1,6Aa	17,0Aa
Média	1,47	8,17	1,75	8,65	1,67	9,25	1,07	14,62	1,22	15,85	1,55	16,85
CV (%)	11,19	6,91	11,19	6,91	11,19	6,91	11,19	6,91	11,19	6,91	11,19	6,91

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, dentro de cada época, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Aos seis meses após a colheita (janeiro de 2013), com o aumento do espaçamento entre as plantas, observou-se uma relação crescente entre a produção por plantas e os teores de açúcares solúveis totais, enquanto para o teor de amido essa relação ocorreu apenas nos espaçamentos entrelinhas de 2,0 e 2,5 m (Tabelas 2 e 4). Para Franck et al. (2006), a presença dos frutos aumenta a taxa fotossintética das folhas do cafeeiro e essas fornecem assimilados para os frutos localizados em sua base. No presente estudo, essas plantas, mediante o desenvolvimento e a manutenção de uma superfície foliar fotossinteticamente ativa mínima, conseguiram sustentar sua elevada produção de frutos.

Outro aspecto importante a ser discutido refere-se aos níveis de carboidratos encontrados nos caules, nas duas épocas de podas das plantas. Em geral, verificou-se uma queda nos teores de açúcares solúveis totais, entretanto, no espaçamento de 1,00 m entre plantas em todos os espaçamentos entrelinhas de plantio e para o espaçamento de 0,75 m entre plantas com 3,50 m entrelinhas, não foi observada diferença significativa entre as épocas de poda (Tabela 5). Esses dados nos permitem inferir que, em espaçamentos maiores entre as plantas (0,75 e 1,00 m), a redução nos teores de açúcares solúveis totais é menor de um ano para o outro.

Para os teores de amido houve aumento entre as coletas de julho de 2002 e janeiro de 2003 para todos os espaçamentos estudados, conforme pode ser observado na Tabela 5. Tais variações podem ser reflexo das condições climáticas no momento das coletas, bem como do manejo adotado entre as duas épocas.

Neste sentido, observa-se uma retomada do crescimento vegetativo do cafeeiro a partir do início da primavera do ano de 2002, em função de aumentos na temperatura e do reinício da estação chuvosa (AMARAL; RENA; AMARAL, 2006). Esse novo ritmo de enfolhamento da planta, de maneira geral, tem sido potencializado pela adoção de práticas de manejos culturais como adubação, controle de pragas e doenças, próprias para essa estação, sendo comum encontrar lavouras bem vigorosas e bem enfolhadas, que proporcionam elevadas taxas fotossintéticas. Com isso, uma boa parte dos carboidratos recém-sintetizados, como os açúcares solúveis totais, são exportados para atender ao crescimento de novos ramos, folhas e frutos e o restante armazenado no caule, como sacarose ou na forma de amido. Portanto, o aumento nos níveis de amido observado em janeiro de 2003 reflete uma alta taxa fotossintética no período.

Tabela 5 - Teores de açúcares solúveis totais (AST) e amido (A) no caule de cafeeiros submetidos a diferentes épocas de, em função de diferentes espaçamentos entrelinhas de plantio e entre plantas.

	Espaçamento entrelinhas																							
	2,0						2,5						3,0						3,5					
	Espaçamento entre plantas																							
	0,50		0,75		1,00		0,50		0,75		1,00		0,50		0,75		1,00		0,50		0,75		1,00	
Época	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A	AST	A
Julho/02	1,4a	6,9b	1,9ª	9,3b	1,5a	7,0b	1,4a	9,2b	1,8a	7,9b	1,5a	9,5b	1,6a	8,8b	1,9a	10,1b	1,7a	10,7b	1,5a	7,8b	1,4a	7,3b	1,7a	9,8b
Janeiro/03	1,0b	13,2a	1,2b	15,5a	1,5a	16,9a	1,1b	14,4a	1,2b	15,7a	1,8a	16,7a	1,0b	15,3a	1,1b	16,0a	1,6a	16,9a	1,2b	15,6a	1,4a	16,2a	1,6a	17,0a
Média	1,2	10,0	1,5	12,4	1,5	11,9	1,2	11,8	1,5	11,8	1,6	13,1	1,3	12,0	1,5	13,5	1,6	13,8	1,3	11,7	1,4	11,7	1,6	13,4
CV (%)	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9	11,1	6,9

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

A produtividade é influenciada negativamente pelo aumento do espaçamento entre as linhas de plantio, enquanto a produção por planta é maior no espaçamento de 1,00 m entre plantas.

Nos maiores espaçamentos entre as plantas ocorre uma manutenção nos teores de açúcares solúveis totais de uma época de poda para a outra, enquanto nos menores espaçamentos há uma redução desses valores. Os teores de amido aumentam em todos os espaçamentos entre as épocas de poda.

Quando a poda é realizada seis meses após a colheita dos frutos, os cafeeiros apresentam maiores teores caulinares de carboidratos.

5 REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. et al. Source-sink manipulations in Coffea arabica L. and its effect on growth of shoots and root system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 956-964, set./out. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n5/a13v35n5.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n3/29107.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

ARAUJO, J. P. C. et al. Influência da poda de renovação e controle da ferrugem nas reservas de carboidratos e produção de pessegueiro precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 331-335, jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n2/a11v30n2.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CANNEL, M. G. R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 41, n. 484, p. 245-253, 1976.

CARVALHO, C. H. M. de et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, abr. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n2/v30n2a08.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.

_____. Relação entre produção, teores de N, P, K, Ca, Mg, amido e a seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 6, p. 665-673, jun. 1993. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3925/1216>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F_4 de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 33-42, jan./mar. 2013. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/323>. Acesso em: 3 jun. 2013.

DAMATTA, F. M. et al. In field grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, Cambridge, v. 178, n. 2, p. 348-357, Apr. 2008. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2008.02367.x/pdf>. Acesso em: 16 jun. 2012.

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.

FRANCK, N. et al. Soluble sugars mediate sink feedback down-regulation of leaf photosynthesis in field-grown *Coffea arabica*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 26, n. 4, p. 517-525, Apr. 2006. Disponível em: <http://treephys.oxfordjournals.org/content/26/4/517.full.pdf+html>. Acesso em: 13 jul. 2012.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

LIVRAMENTO, D. E. et al. Influência da produção nos níveis de carboidratos e recuperação de cafeeiros após a recepagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 292, p. 737-752, 2003. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V50N292P26103.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 481-489, 2007. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/404>. Acesso em: 13 jul. 2012.

MATIELLO, J. B. et al. Podas. In: _____. **Cultura de café no Brasil:** novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 256-274.

MELO, B. et al. Avaliação de cultivares de cafeeiro com irrigação, em diferentes espaçamentos na linha de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 300, p. 245-253, 2005. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V52N300P01905.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2012.

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

OLIVEIRA, E. et al. Eliminação de linhas em cafeeiros adensados por meio semimecanizado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1826-1830, nov./dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a33v31n6.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2012.

PAULO, E. M.; JUNIOR, E. F.; FAZUOLI, L. C. Comportamento de cultivares de cafeeiro em diferentes densidades de plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 397-409, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n3/26433.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2012.

PEREIRA, S. P. et al. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n2/v46n02a06.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2012.

_____. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 643-649, maio/jun. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n3/a07v31n3.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

PEREIRA, T. A. et al. Carboidratos, redutase do nitrato e restabelecimento de mudas "passadas" de cafeeiros após a poda em diferentes alturas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 3, p. 236-242, maio/jun. 2008. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V55N003P03608.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

RENA, A. B. et al. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1994. p. 71-85.

RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Fenologia, produtividade análise econômica do cafeeiro em cultivos com diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 133-196.

SILVA, L. et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 965-972, set. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n9/a05v45n9.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

THOMAZIELLO, E. A. et al. **Cultura do café**. Campinas: CATI, 1998. 57 p. (Boletim Técnico, 193).

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMAS DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA DE CAFÉ CONILON

Victor Maurício da Silva[1], Alex Fabian Rabelo Teixeira[2], Edvaldo Fialho dos Reis[3], Antônio Carlos Benassi[4], Eduardo de Sá Mendonça[5]

(Recebido: 14 de agosto de 2012; aceito: 14 de junho de 2013)

RESUMO: A produção de café conilon em sistemas de manejo orgânico tem aumentado no estado do Espírito Santo, no entanto, informações sobre o impacto desse manejo nas características químicas do solo são poucas e inconclusivas.Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de manejos de adubação orgânica sobre atributos químicos de solo, em agroecossistema de café conilon. Em uma lavoura localizada no município de Linhares-ES, foi montado, experimento em delineamento de blocos casualizados com distribuição fatorial 2 x 2 x 5, com três repetições, sendo os fatores: dois compostos orgânicos; presença e ausência de leguminosa; e cinco proporções de cada composto (0; 25; 50; 75; e 100%) em substituição à adubação mineral recomendada. Cada repetição foi composta por uma parcela de 30 plantas de café, sendo 12 úteis centrais. Os compostos foram: composto 1, preparado com capim- elefante e palha-de-café na proporção 1:1 (v:v); e composto 2, preparado com capim-elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). A leguminosa utilizada foi o feijão-de-porco, semeada nas entrelinhas dos cafeeiros. Com a utilização de 100% do composto 1 e composto 2, o pH atingiu valores de 6,5 e 6,3, respectivamente em relação ao pH 4,8, obtido com a adubação mineral. As médias obtidas para a soma de bases (SB) acompanharam o comportamento das bases trocáveis (Ca, Mg e K) do solo, ou seja, aumentaram de forma linear ($p<0,10$), com o aumento das proporções dos compostos. A adubação com compostos orgânicos é uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo no agroecossistema de café conilon.

Termos para indexação: *Coffea canephora*, compostagem, relação C/N, argissolo, acidez do solo.

CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL ORGANIC FERTILIZER ON SYSTEMS OF COFFEE CONILON

ABSTRACT: *The production of Conilon in organic systems has increased in the state of Espírito Santo, however, information on the impact of management on soil chemical characteristics are few and inconclusive. The aim of this study was to evaluate the effect of organic management fertilization on chemical properties of soil in agroecossystem conilon. On a farm in the municipality of Linhares, state of Espirito Santo, was mounted experiment in randomized complete block design with factorial distribution 2 x 2 x 5, with three replications, with factors: two organic compounds, presence and absence of legumes and five proportions of each compound (0, 25, 50, 75, and 100%) in replacement of mineral fertilization recommended. Each replication consisted of a plot of 30 plants of coffee, with 12 working stations. The compounds were: compound 1, prepared with elephant grass and straw-de-café in the ratio 1:1 (v: v) and compound 2, prepared with elephant grass thatched-of-coffee and bed-of-chicken in the ratio 2:1:1 (v: v: v). The legume used was the bean-to-pig, sown between the rows of coffee trees. With the use of 100% of compound 1 and compound 2, the pH reached values of 6.5 and 6.3 respectively compared to pH 4.8 obtained with the mineral fertilizer. he means for the sum of bases (SB) followed the behavior of the exchangeable cations (Ca, Mg and K) of the soil that is linearly increased ($p <0.10$) with increasing proportions of the compounds. The fertilization with organic compounds is an alternative to improve soil fertility in agroecosystems of conilon.*

Index terms: *Coffea canephora*, *composting, C / N ratio, ultisol, soil acidity.*

1 INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) é produzido em larga escala no norte do Espírito Santo, o que eleva esse Estado à posição de destaque nacional na sua produção. Devido ao alto potencial produtivo, a adubação geralmente é realizada com adubos minerais de alta solubilidade (PREZOTTI et al., 2007). Porém, o uso desses adubos sem calagem e adubação orgânica, pode levar o solo a perder sua fertilidade (THEODORO et al., 2003). Em Latossolo Vermelho Amarelo sob lavoura de café conilon, foi verificado que a adubação anual com 450, 150 e 450 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, reduziu o pH do solo e aumentou os teores de Al^{3+} e H+Al, em relação ao solo não adubado utilizado como referência (GUARÇONI, 2011). Embasado na literatura, o autor afirma que esses resultados se devem , principalmente, a adubação nitrogenada, sendo que durante a reação de nitrificação cada molécula de amônio (NH_4^+)

[1, 3, 5]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Programa de Pos-Graduação em Produção Vegetal/PPGPV - Cx. P. 16 29.500-000 - Alegre - ES - victor-mauricio@bol.com.br - edreis@cca.ufes.br - eduardo.mendonca@ufes.br
[2, 4]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPER - Centro Regional de Desenvolvimento Rural Nordeste/CRDR Nordeste - Cx. P. 62 - 29.900-970 - Linhares - ES - afabian@incaper.es.gov.br - acbenassi@incaper.es.gov.br

gerada a partir da ureia é capaz de liberar duas moléculas de H^+, com consequente redução do pH e aumento da acidez trocável e potencial.

A matéria orgânica em sistemas tropicais é de extrema importância, pois os solos dessas regiões são bastante intemperizados e lixiviados, possuindo baixa fertilidade natural (SILVA; MENDONÇA, 2007). O aporte de resíduos orgânicos pode promover aumentos nos teores de Ca, Mg e K trocáveis nas camadas superficiais do solo, como provável resposta à quantidade desses nutrientes presentes no resíduo e não ao aumento da disponibilidade do nutriente preexistente no solo (AMARAL; ANGHINONI; DESCHAMPS, 2004; FRANCHINI et al., 1999; PAVINATO; ROSOLEN, 2008).

Nos últimos anos, iniciativas de adubação orgânica com resíduos disponíveis têm aumentado entre os cafeicultores de conilon no Espírito Santo. Porém, faltam informações sobre impacto desse manejo nas características químicas do solo, sob essa cultura. Comparativamente ao *Coffea arabica* L., estudos nesse sentido com a espécie *C. canephora* ainda são incipientes (PARTELLI et al., 2009). Visando potencializar o uso da adubação orgânica em cafeeiros, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de manejos de adubação orgânica sobre atributos químicos do solo, em um agroecossistema de café conilon no estado do Espírito Santo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em lavoura de café conilon (com irrigação), localizada em propriedade de base familiar no distrito Córrego do Farias, Linhares-ES (19°15'67'' S e 40°01'93'' O e 17 m). A lavoura selecionada apresentava cerca de 0,75 ha e quatro anos de idade num espaçamento de 3,0 x 1,2 m, com os clones 12 V - componente da cultivar Vitória INCAPER 8142 - e o G 35 da empresa Verdebras. O solo da lavoura é um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, formado sobre os sedimentos da Formação Barreiras (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006). Antes do estudo, a análise granulométrica e química da área na profundidade 0-20 cm apresentou as seguintes características: textura franco-arenosa; pH 5,6; 1,9 dag kg^{-1} de matéria orgânica; 7 mg dm^{-3} de P; 44 mg dm^{-3} de K; 1,3 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca; 0,3 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg; 0,1 $cmol_c$ dm^{-3} de Al; 2,1 $cmol_c$ dm^{-3} de H + Al; 1,7 $cmol_c$ dm^{-3} de soma de bases (SB) e 44,9% de saturação por bases (V). Antes da implantação do experimento, foi realizada calagem por meio do método da saturação por bases, de forma a elevá-la para 70% (PREZOTTI et al., 2007).

O experimento foi montado num esquema fatorial 2 x 2 x 5, sendo: "composto orgânico" em dois níveis; "leguminosa" em dois níveis (presença e ausência); e "proporções de cada composto" em cinco níveis (0; 25; 50; 75; e 100%) num delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Cada repetição foi formada por parcela de 30 plantas do cafeeiro conilon, sendo 12 plantas úteis centrais. Os compostos utilizados foram: composto 1 , preparado com a mistura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) e palha-de-café na proporção 1:1 (v:v); e composto 2, preparado pela mistura de capim- elefante, palha-de-café e cama-de-frango na proporção 2:1:1 (v:v:v). A montagem das leiras de composto foi realizada no mesmo dia do corte do capim. Para a montagem do composto 1, foi realizado empilhamento alternado dos resíduos vegetais por camadas de 50 cm de altura. Para o composto 2, as camadas foram dispostas com alturas de 50 cm para o capim e 25 cm para a palha-de-café e cama-de-frango. Foi realizado apenas um reviramento manual aos 45 dias, após a montagem das leiras. Constatado o término da compostagem por meio de características físicas, amostras foram retiradas e encaminhadas para análise química no Laboratório de Análises de Solos e Planta do INCAPER/CRDR-CS (Tabela 1).

TABELA 1 - Caracterização química (em base seca) do composto 1 (C1) e composto 2 (C2) aos 120 dias após a montagem das leiras.

Tipo	Umid. (%)	M.O. (%)	C/N	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
					----------dag kg^{-1}----------						----------mg kg^{-1}----------				
	1º ano agrícola (2009/ 2010)														
C1	64,0	68, 6	23	7,6	1,50	0,30	1,73	0,63	0,16	0,14	21	5111	63	28	23
C2	59,5	62,8	10	7,1	3,05	3,55	3,09	3,56	0,75	0,37	406	3115	490	203	37

Umid.: umidade dos compostos orgânicos; M.O.: matéria orgânica; pH: pH em $CaCl_2$.

O feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis (L.) DC.*)] foi semeado manualmente nas entrelinhas em 11/2009. Para o plantio, foi utilizado o espaçamento de 1 m, a partir do caule do cafeeiro e 50 cm entrelinhas (totalizando 3 linhas de leguminosas). Para a semeadura, foram utilizadas 8 sementes por metro linear de sulco. O corte foi realizado aos 90 dias após o plantio na fase de pleno florescimento, sendo a palhada mantida em cobertura.

O tratamento com adição de nutrientes de fonte exclusivamente mineral (testemunha ou 0% de composto orgânico) consistiu na aplicação de 380 kg ha^{-1} ano de N na forma de sulfato de amônio para produtividade esperada de 51-70 sacas por hectare ano. Para a adubação com fósforo e potássio, foi utilizado 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 350 kg ha^{-1} de K_20 na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente (PREZOTTI et al., 2007). Os tratamentos com fontes orgânicas foram determinados a partir do teor de N dos compostos orgânicos. No tratamento de fonte exclusivamente orgânica (100% de composto orgânico), foi aplicado 25,33 Mg ha^{-1} do composto 1 e 12,50 Mg ha^{-1} do composto 2 (em base úmida). Ressalta-se que a umidade dos compostos não foi utilizada na correção dos cálculos de adubação devido à limitação econômica imposta pela quantidade excessiva de composto que seria necessária. Nas proporções 25, 50 e 75% das doses de composto orgânico, a adubação foi combinada com as fontes minerais supracitadas. Desse modo, para 25, 50 e 75% de composto orgânico foram utilizados 75, 50 e 25% de fonte mineral, respectivamente. Os adubos foram aplicados na projeção da copa e ao redor de toda a planta.

A adubação foi parcelada em quatro etapas: 1ª etapa (20% do adubo) em 11/2009; 2ª etapa (20% do adubo) em 12/2009; 3ª etapa (20% do adubo) em 03/2010; e 4ª etapa (40% do adubo) em 04/2010. A escolha dessas etapas de adubação compreendeu o período entre as primeiras floradas e a granação dos frutos.

Para a caracterização de macronutrientes, pH e Al^{3+} do solo, em agosto de 2010 (120 dias após o término das adubações do primeiro ano agrícola), foram retiradas amostras deformadas na profundidade de 0-20 cm, nas parcelas experimentais. Em cada parcela, com auxílio de sonda (SONDATERRA®), foram retiradas amostras simples sob a copa das 12 plantas úteis para compor uma amostra composta. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas, secas à sombra e passadas em peneira de 2 mm, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Foram determinados os valores de pH, H+Al, P, K, Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+}, de acordo com EMBRAPA (1997). Posteriormente, foram determinados a CTC efetiva (t) e a CTC a pH 7,0 (T), soma de bases (SB) e saturação por bases (V) (EMBRAPA, 1997).

Para verificação da normalidade e homogeneidade de variância, os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Bartlett, e, em seguida, à análise de variância ($p<0,10$) utilizando o software SISVAR. Utilizou-se o teste de Tukey ($p<0,10$) para os fatores qualitativos e a análise de regressão para o fator quantitativo. Os modelos foram escolhidos em função da coerência com o fenômeno em estudo e por meio dos coeficientes de intercepto e inclinações (os betas), utilizando-se o teste t de Student ao nível de 10% de probabilidade. Optou-se por utilizar o nível de 10% de significância devido à variabilidade do solo, característica de experimentos conduzidos em propriedade agrícola.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a acidez do solo (pH, Al^{3+} e H+Al), houve diferença ($p<0,10$) para as proporções de ambos os compostos (Figura 1). O pH aumentou de forma linear com o incremento das proporções dos compostos. Com a adubação realizada com 100% do composto 1 e composto 2, o pH atingiu valores de 6,5 e 6,3, respectivamente em relação ao pH 4,8, obtido com a adubação mineral. Em geral, o aumento do pH promoveu reduções nos valores de Al^{3+} e do H+Al. Estudos mostram que a adição de matéria orgânica ao solo pode promover efeito direto no aumento do pH e diminuição do Al^{3+} (ALVES; MELO; FERREIRA, 1999; FRANCHINI et al., 2001). Esse efeito ocorre devido à ligação de íons H^+ com moléculas orgânicas, complexação de Al^{3+} e aumento da saturação da CTC do solo por bases (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). De acordo com as classes de interpretações propostas para a fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007), o pH apresentou valores altos (entre 6,1-7,0), na proporção de 100% e valores baixos (entre 4,5-5,4), nas outras proporções. Para o Al^{3+}, as proporções dos compostos demonstraram níveis baixos (< 0,3 $cmol_c$ dm^{-3}), eliminando-se totalmente na proporção de 100%.

Com o aumento das proporções do composto 1, houve redução linear ($p<0,10$) do P disponível (Figura 2a). O composto 1 foi aportado em maior quantidade (Mg ha^{-1}), em relação ao composto 2. O aporte orgânico pode diminuir a energia de ligação do fosfato aos colóides inorgânicos do solo, deixando o P mais disponível às plantas (RHEINHEIMER et al., 2003), além de competir

e bloquear os sítios de adsorção de P (ANDRADE et al., 2003; GUARÇONI; MENDONÇA, 2003). O aumento das proporções do composto 2, na ausência da leguminosa, favoreceu o incremento linear ($p<0,10$) de P (Figura 2b), como resultado da maior concentração de P nesse composto (Tabela 1). As proporções do composto 2 apresentaram valores altos (> 20 mg dm^{-3}) nesse elemento (PREZOTTI et al., 2007), o que suporta a maior expressividade dos valores de P no composto.

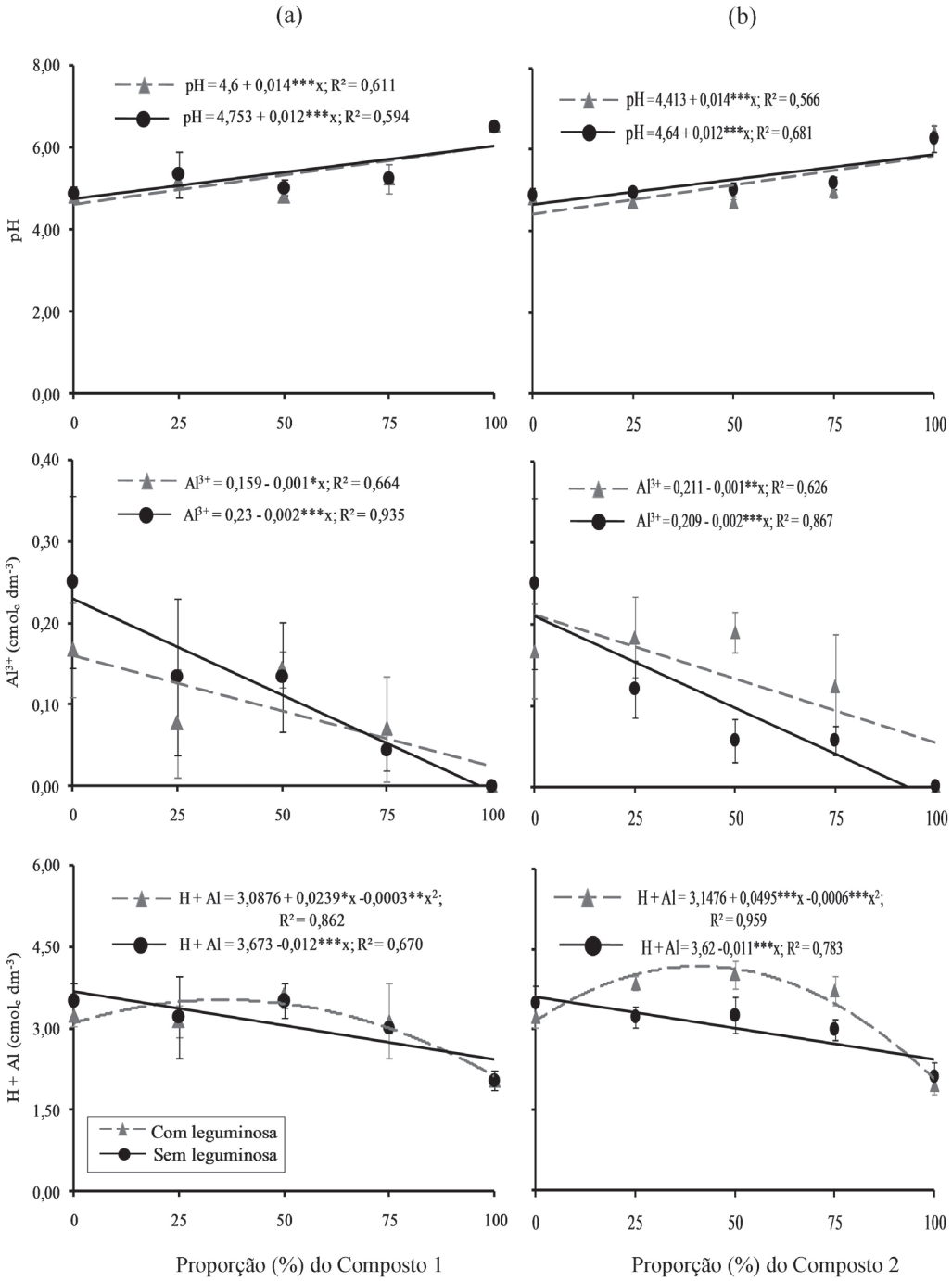


FIGURA 1 - Valores médios de pH, Al^{3+} e H+Al do solo em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa, nas proporções dos compostos – pH: 0,4715; Al^{3+}: 0,1289; H+Al: 0,7354. Barras na vertical: erro padrão. ***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste t de Student.

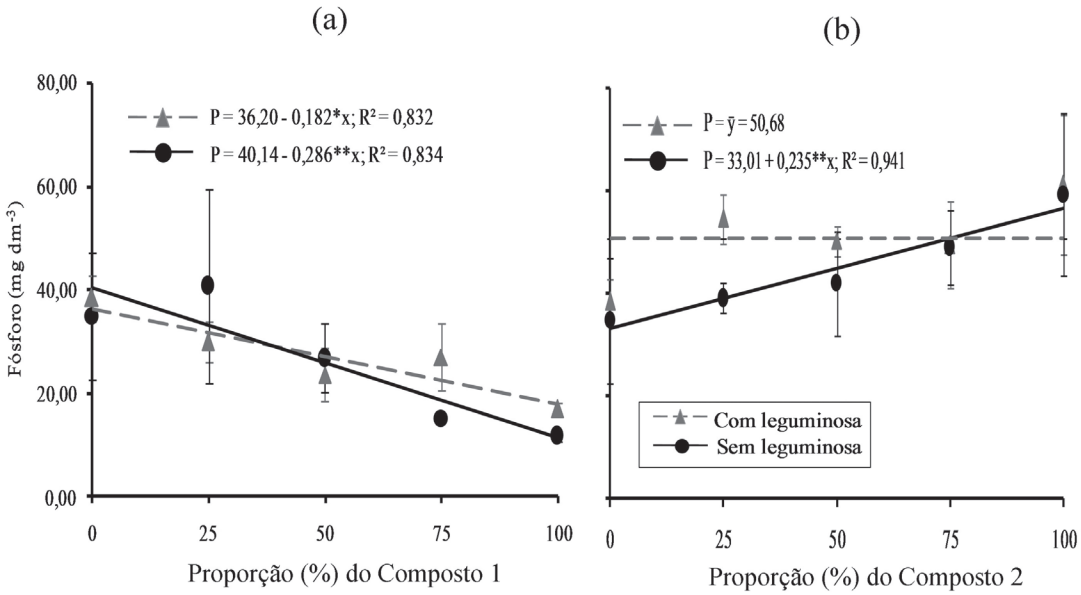


FIGURA 2 - Valores médios de fósforo (P) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%), para o estudo do fator leguminosa, nas proporções dos compostos: 21,3. Barras na vertical: erro padrão. ***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste t de Student.

Para as bases trocáveis (K, Ca e Mg), de modo geral, ocorreram aumentos lineares ($p<0,10$) com o incremento das proporções dos compostos (Figura 3). Alves, Melo e Ferreira (1999), testando doses crescentes de composto de lixo urbano (0; 12,5; 25; 50 e 100 t ha^{-1}) em um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa, verificaram aumentos significativos de bases trocáveis (K, Ca e Mg), em função do aumento das doses do composto e atribuíram isso ao processo de mineralização da matéria orgânica aportada. Ressalta-se que o teor de K não aumentou com o incremento das proporções do composto 2 (Figura 3), possivelmente em função de ser um material mais lábil (de relação C/N baixa e menor comparado ao composto 1), o que pode ter proporcionado taxa acelerada de mineralização e maior lixiviação de K comparado ao composto 1.

A soma de bases (SB) e saturação por bases (V) seguiram o comportamento das bases do solo, aumentando de forma linear ($p<0,10$) com as proporções dos compostos (Figura 4). Essa tendência está de acordo com Ricci, Padovani e Paula Júnior (2010), que observaram aumentos significativos ($p<0,05$) nesses atributos, na profundidade de 0–20 cm, com o aporte de doses de composto de biossólido. A soma de bases apresentou valores dentro do limite médio (entre 2,0-5,0 mg dm^{-3}) (PREZOTTI et al., 2007) e apenas nas proporções de 100% dos compostos, a saturação por bases apresentou níveis médios (entre 50-70%), nas demais, foram baixos (< 50%). A maior saturação por bases no manejo de adubação de 100% orgânico, pode estar relacionada com o aumento do pH e das bases trocáveis, corroborando com os resultados obtidos por Theodoro et al. (2003).

Para a CTC efetiva, houve ajuste linear crescente ($p<0,10$), com o aumento das proporções dos compostos orgânicos (Figura 5a-5b). A CTC a pH 7 aumentou de forma linear com o aumento das proporções do composto 1 e, de forma quadrática, com o incremento das proporções do composto 2. Em solos tropicais e subtropicais, a CTC da matéria orgânica é fundamental para a CTC total do solo, sendo essencial na retenção de nutrientes e na diminuição da lixiviação. A interação da fração argila com a matéria orgânica promove a diminuição do valor do ponto de carga zero (PCZ), reduzindo a carga positiva existente na superfície (SILVA; MENDONÇA, 2007). De acordo com a classe de fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007), na proporção de 100% de ambos compostos, a CTC efetiva apresentou valores dentro do limite médio (entre 2,5-6,0 $cmol_c$ dm^{-3}). Diferentemente, as demais proporções não seguiram essa tendência e ficaram abaixo do preconizado. A CTC a pH 7 apresentou valores dentro do limite médio (entre 4,5-10 $cmol_c$ dm^{-3}).

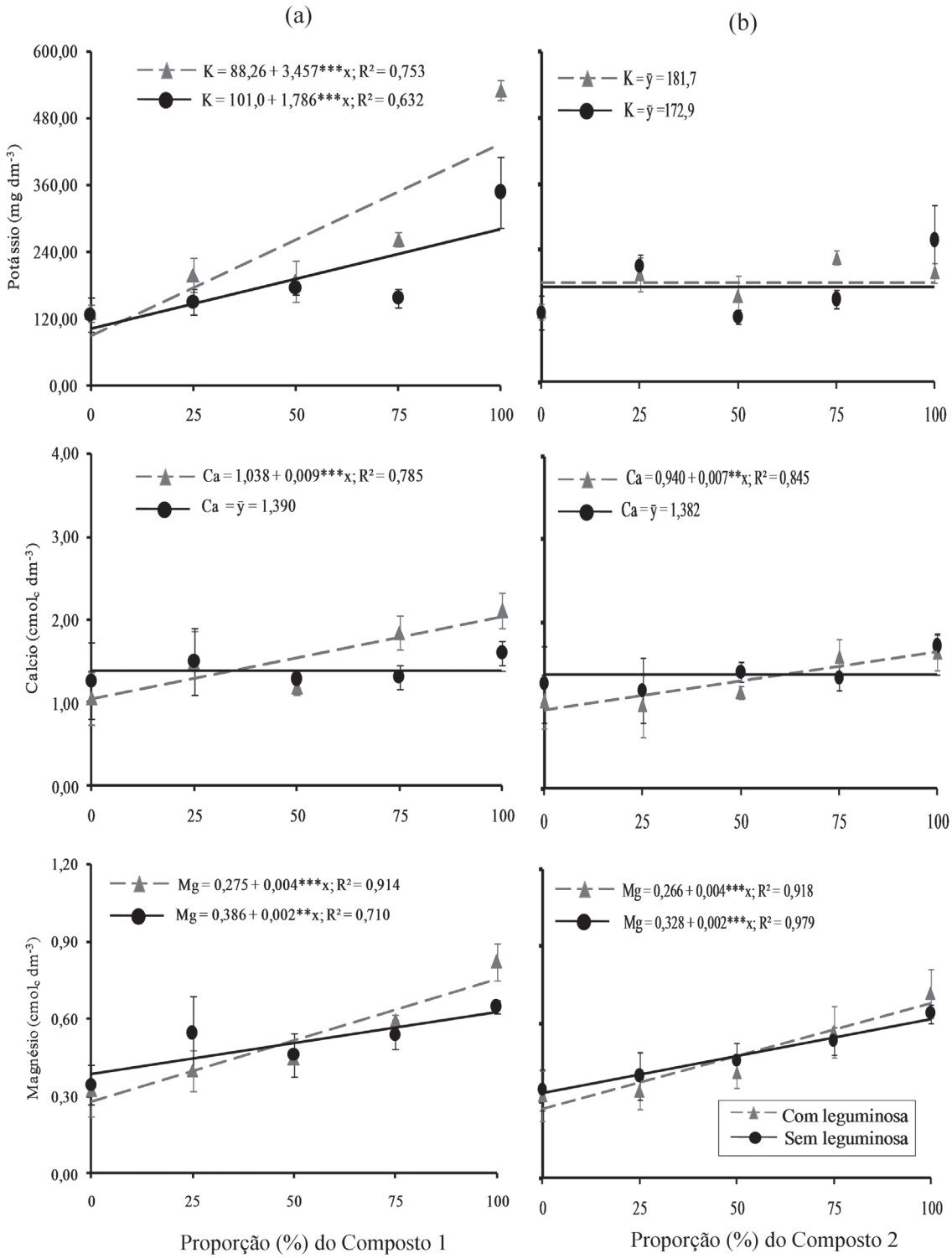


FIGURA 3 - Valores médios de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) ,para o estudo do fator leguminosa ,nas proporções dos compostos – K: 79,7811; Ca: 0,6231; Mg: 0,1883. Barras na vertical: erro padrão. ***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste t de Student.

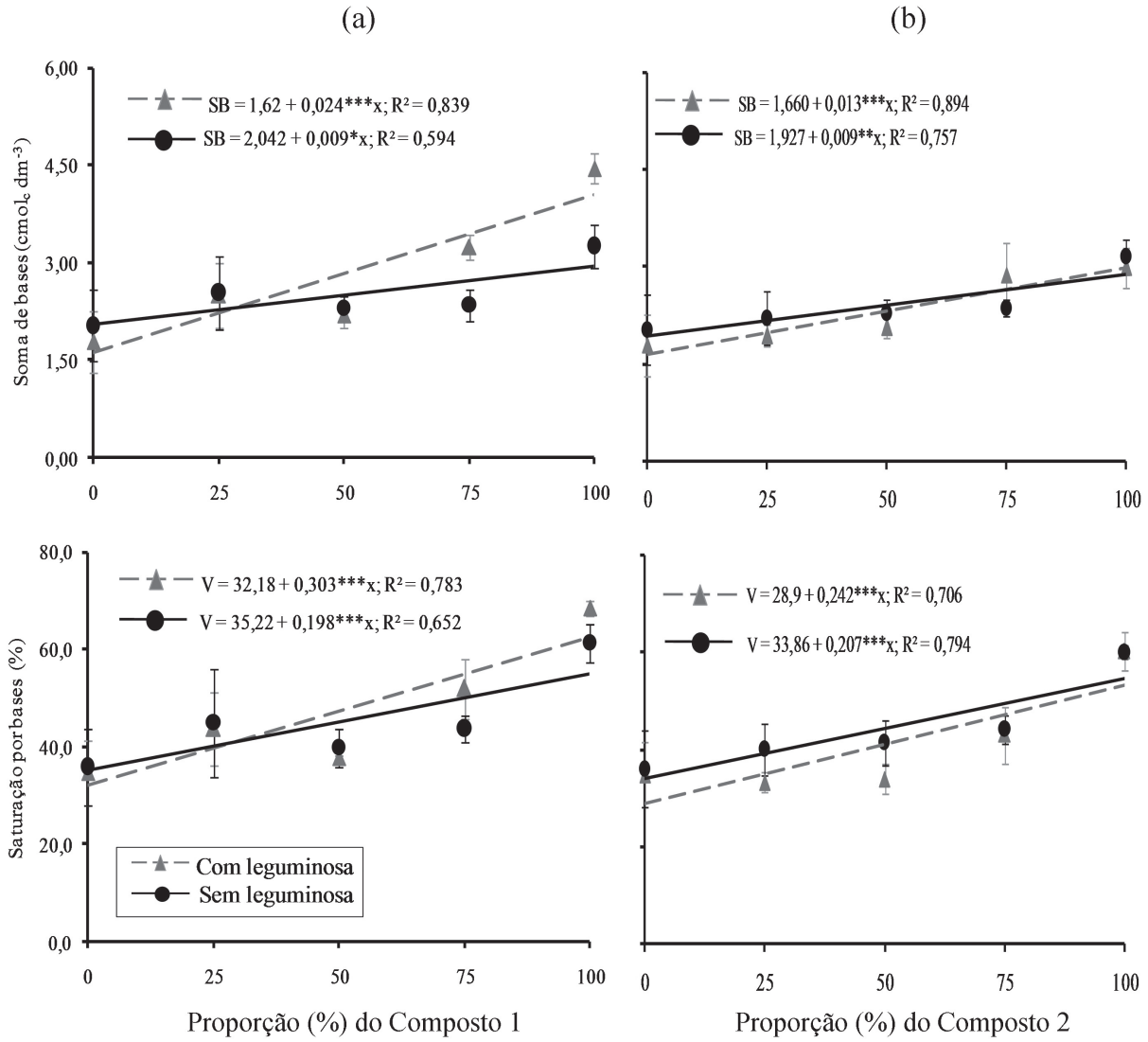


FIGURA 4 - Valores médios de soma de bases (SB) e saturação por bases (V) em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%) para o estudo do fator leguminosa nas proporções dos compostos – SB: 0,8765; V: 12,8688. Barras na vertical: erro padrão. ***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente pelo teste t de Student.

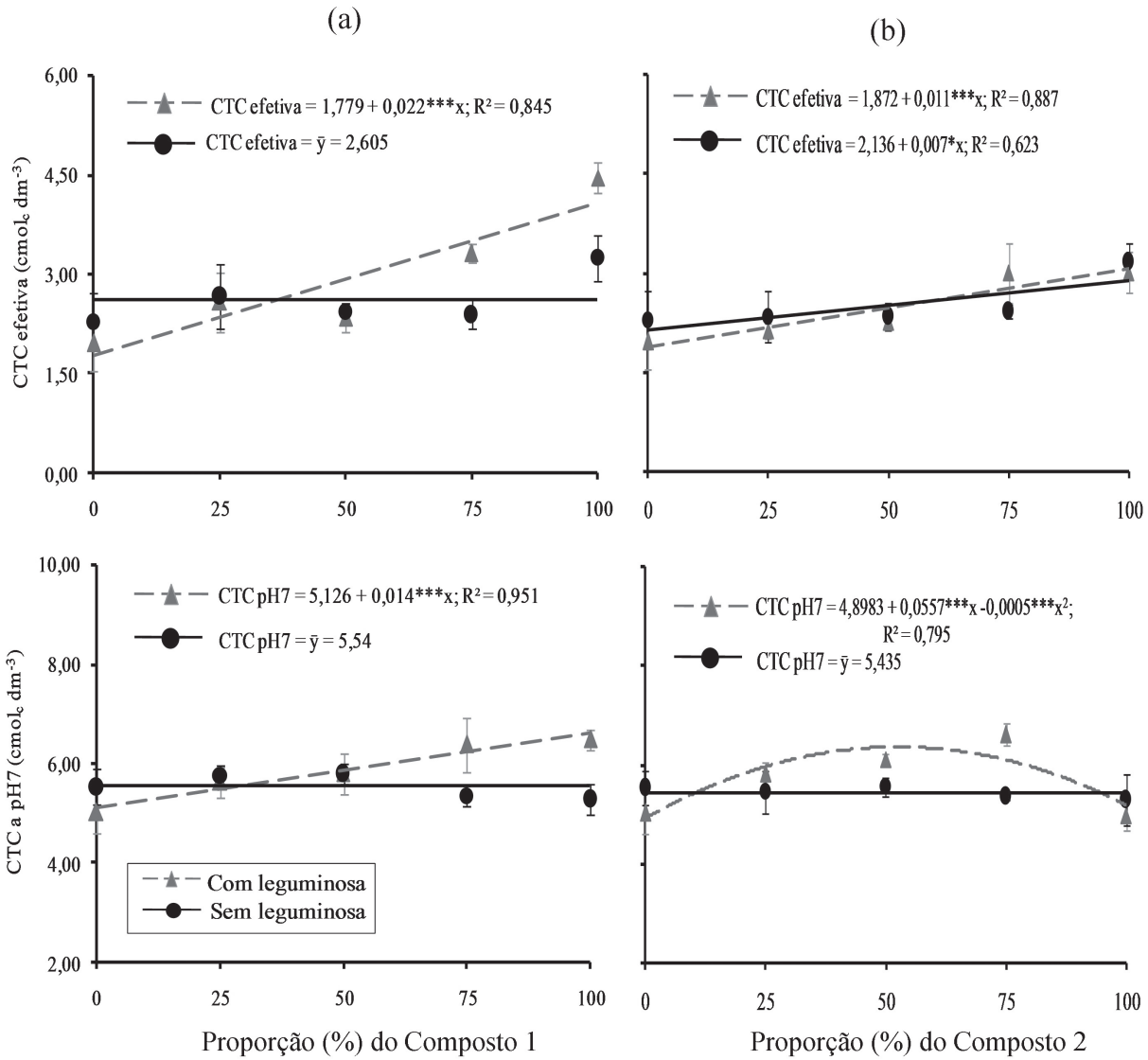


FIGURA 5 - Valores médios de CTC efetiva e CTC a pH7 em função das proporções (%) do composto 1 (a) e composto 2 (b) na presença e ausência da leguminosa (feijão-de-porco). DMS (Tukey a 10%), para o estudo do fator leguminosa, nas proporções dos compostos - CTC efetiva: 0,7787; CTC a pH: 0,7930. Barras na vertical: erro padrão. ***; **; *: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste t de Student.

4 CONCLUSÕES

Aos 120 dias após da adubação, o pH aumenta de forma linear com o incremento das proporções de ambos os compostos e esse aumento promove reduções do Al^{3+} e do H + Al.

Em relação à adubação mineral, o pH aumenta de 1,5 a 1,7 unidades, quando os cafeeiros são adubados com compostos orgânicos, dependendo da qualidade do composto utilizado.

O aumento das proporções do composto 1 reduz o teor de P em resposta à diminuição da capacidade máxima de adsorção pelo solo e aumento simultâneo da absorção pelos cafeeiros.

Não há efeito de leguminosa (p>0,10) para as variáveis estudadas devido ao período curto do experimento e a taxa de decomposição acelerada, em solos de regiões tropicais.

A adubação com compostos orgânicos pode ser uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo, no agroecossistema de café conilon.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo-FAPES, pela concessão de bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor. Ao SAF/MDA, SECIS/MCT, por intermédio do CNPq, pelo apoio

financeiro. Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural-INCAPER, pelo apoio logístico. Ao agricultor e família, pelo apoio e participação.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 729-736, 1999.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 115-123, 2004.

ANDRADE, F. V. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolo e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 27, p. 1003-1011, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2006. 306 p.

FRANCHINI, J. C. et al. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 2267-2276, 1999.

_____. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant and Soil**, The Hague, v. 231, p. 55-63, 2001.

GUARÇONI, M. A. Características da fertilidade do solo influenciadas pelo plantio adensado de café conilon. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 949-958, jul./set. 2011.

GUARÇONI, M. A.; MENDONÇA, E. S. Capacidade tampão de pH do solo e disponibilidade de fósforo pela adição de composto orgânico. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, p. 141-145, jul./dez. 2003.

PARTELLI, F. L. et al. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2065-2072, 2009.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 911-920, 2008.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo:** 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Dessorção de fósforo avaliada por extrações sucessivas em amostras de solo provenientes dos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 1053-1059, 2003.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; PAULA JÚNIOR, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado: II., atributos químicos e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, p. 543-551, 2010.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

THEODORO, V. C. A. et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

CARACTERIZAÇÃO E USO DA VARIABILIDADE GENÉTICA DE BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE *Coffea canephora* Pierre ex Froehner

Rodrigo Barros Rocha[1], Diogo dos Santos Vieira[2], André Rostand Ramalho[3], Alexsandro Lara Teixeira[4]

(Recebido: 24 de agosto de 2012; aceito: 25 de julho de 2013)

RESUMO: Estratégias eficientes para manipular a variabilidade genética são determinantes para o sucesso dos programas de melhoramento de *Coffea canephora*. Combinações entre genitores divergentes expressam maior efeito heterótico, devendo a seleção de matrizes considerar, simultaneamente, a divergência genética e o desempenho agronômico superior.Objetivou-se, neste trabalho, quantificar a diversidade genética de acessos de *C. canephora* do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Rondônia, visando à identificação de plantas de maior divergência genética e maior potencial produtivo para hibridização. Para isso, entre 1100 acessos foram pré-selecionadas 89 plantas para avaliação dos principais componentes da produção de café beneficiado. Para a quantificação da diversidade genética foi utilizada a técnica de componentes principais, associada a pontos de referência para reunir as informações de divergência genética e de desempenho agrícola em uma única análise. Os acessos selecionados apresentaram expressiva variabilidade genética para os principais componentes de produção, com destaque para os valores de peneira média acima de 17, o que indica uma condição favorável para a realização de cruzamentos controlados visando à seleção de plantas de maior produtividade e tamanho de grãos.

Termos para indexação: *Coffea canephora*, divergência genética, potencial produtivo, robusta, conilon.

CHARACTERIZATION AND USE OF GENETIC VARIABILITY OF BANK ACTIVE GERMPLASM *Coffea canephora* Pierre ex Froehner

ABSTRACT: *Efficient strategies to manipulate the genetic variability are crucial to the success of breeding programs Coffea canephora. Combinations between divergent parents express greater heterosis effect, and the selection of matrices consider both genetic divergence and superior agronomic performance. The objective of this study was to quantify the genetic diversity of C. canephora accesses Active Germplasm Bank of Embrapa Rondônia, in order to identify plants of greater genetic diversity and higher yield potential for hybridization. For this, between 1100 accessions were pre-selected 89 plants for evaluation of major components in the production of processed coffee. For quantification of genetic diversity technique for principal components associated landmarks to gather the information of genetic divergence and agricultural performance in a single analysis was used. The selected accessions showed significant genetic variability for the major components of production, highlighting the values of average blend above 17, which indicates a favorable condition for performing controlled crosses for selection of plants for increased productivity and grain size.*

Index terms: *Coffea canephora, eenetic divergence, productive potential, robusta, conilon.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a bebida do café é consumida por mais de dois bilhões de pessoas, número esse, que corresponde a 33% da população mundial. Na Amazônia Ocidental, a principal espécie cultivada é o *Coffea canephora,* que se caracteriza por apresentar plantas de duas variedades botânicas distintas, denominadas conilon e robusta. No ano de 2011, o estado de Rondônia destacou-se como segundo maior produtor brasileiro de *C. canephora*, cultivado em sua maioria em pequenas áreas de até 10 hectares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012).

A seleção de plantas de maior potencial produtivo e melhor uniformidade de maturação é considerada uma das principais alternativas para o aumento de produtividade dos cafezais (RAMALHO et al., 2011). Estratégias eficientes para uso da variabilidade genética são determinantes para o sucesso dos programas de melhoramento do cafeeiro. Bancos de germoplasma utilizados apenas com o objetivo de conservação da variabilidade genética podem, ao invés de promover, atrasar programas de melhoramento, devido ao alto dispêndio de recursos financeiros necessários para sua manutenção (LEEUWEN; LLERAS-PÉREZ; CLEMENT, 2005).

A conservação dos recursos genéticos visando à recombinação entre matrizes superiores e divergentes permite agregar valor à variabilidade genética contida nos bancos de germoplasma (CARVALHO et al., 1991; GASPARI-PEZZOPANE; MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2004). Características de alta herdabilidade, tais como, peneira média e resistências a doenças

[1,3,4]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Rondônia - BR 364 - Km 5,5 - Zona Rural - 76815-800 Porto Velho - RO - rodrigo.rocha@embrapa.br - andre.rostand@embrapa.br - alexsandro.teixeira@embrapa.br
[2]Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná - CEULJI / ULBRA - Av. Eng°. Manfredo Barata Almeida da Fonseca, 762 - Bairro Jardim Aurélio Bernardi - Cx. P. 271 - CEP 76.907-438 - Ji-Paraná - RO - diogo.sanytos@hotmail.com

(FERRÃO et al., 2008), podem ser utilizadas para seleção precoce de plantas que devem reunir um conjunto de características agronômicas superiores. Nesse contexto, a existência de variabilidade genética na população é condição básica para a obtenção de ganhos com a seleção, proporcionada pelo aumento da frequência de alelos favoráveis e de maior adaptação às condições edafoclimáticas regionais (FALCONER, 1987; FONSECA et al., 2006).

O Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Rondônia originou-se de acessos de *Coffea canephora* da variedade botânica Robusta, provenientes do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e acessos *C. canephora* da variedade botânica Conilon, selecionados em lavouras comerciais dos polos cafeeiros do estado de Rondônia (VENEZIANO; FAZUOLI, 2000). No ano de 1996, foram introduzidos 1100 novos acessos obtidos a partir de sementes pré-selecionadas para maior tamanho de grãos, e que atualmente, destacam-se pelo seu potencial para seleção de plantas.

Combinações entre genitores divergentes expressam maior efeito heterótico devendo a seleção considerar simultaneamente a divergência genética e características agronômicas superiores (RESENDE, 2002). O vigor híbrido, definido como o desempenho superior de progênies provenientes de cruzamentos divergentes, se expressa nos cruzamentos entre as variedades botânicas Conilon e Robusta (FERRÃO et al., 2008). Berthaud (1980) e Montagnon et al. (2000) observaram que cruzamentos divergentes produziram progênies com produtividades de 20 a 50%, acima da média das testemunhas. Ferrão et al. (2008) e Ivoglo et al. (2008) também sugerem o cruzamento entre materiais genéticos divergentes e superiores para melhor explorar o potencial heterótico das combinações divergentes.

Atualmente, maior importância tem sido dada a métodos preditivos, que permitem quantificar a variabilidade genética de cafeeiros, sem a necessidade de realização de cruzamentos e avaliação de progênies híbridas (FREITAS et al., 2009; MURO-ABAD; ROCHA; CRUZ, 2005). Em geral, a seleção *a priori* de genitores é realizada utilizando avaliações de variabilidade genética e de desempenho agronômico em etapas distintas (DIAS et al., 2004). Visando associar essas avaliações em uma única análise, foi utilizada a técnica de componentes principais associada a pontos referência (NASCIMENTO et al., 2009; ROCHA et al., 2005). Essa estratégia possibilita a avaliação simultânea de todos os acessos em avaliação com a redução da dimensionalidade original do conjunto de dados e mínima perda de informação.

Objetivou-se, neste trabalho, quantificar a divergência genética de acessos de *C. canephora* do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Rondônia ,visando à identificação de cafeeiros de maior divergência genética e maior potencial produtivo para hibridização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento de campo

Foi avaliada a divergência genética entre 89 acessos pré-selecionados de uma população de 1100 plantas de *C. canephora,* mantidas no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Rondônia. O BAG foi instalado no campo experimental de Ouro Preto do Oeste – RO, em novembro de 1996, em espaçamento de 3 x 2m, a partir de sementes provenientes de plantas avaliadas em lavouras comerciais e selecionadas para maior tamanho de grãos (SOUZA; SANTOS, 2009). Para renovação do cafezal, o BAG foi recepado em agosto de 2010 e as desbrotas realizadas nos meses de janeiro e fevereiro de 2011 com padronização do número de ramos ortotrópicos, em quatro hastes por planta (MARCOLAN et al., 2009). Após a recepa do cafezal foram selecionados visualmente 89 acessos, com base nas seguintes características: vigor vegetativo, arquitetura das plantas, tamanho de grãos, época de maturação e aspectos fitossanitários gerais, considerando-se a incidência de ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk et Br) e de cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk et Cook).

O clima típico da região onde está instalado o BAG, segundo Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa (outubro a maio) no verão e seca bem definida no inverno. Deficiência hídrica acumulada (DEF=175 mm) de junho a setembro e excedente hídrico acumulado (EXC=781 mm) de novembro a abril para 100 mm de retenção hídrica (RH). A amplitude da temperatura média anual varia de 21,2ºC a 30,3ºC, sendo que as temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de julho e agosto. A precipitação média anual é de 1.939 mm, com umidade relativa média do ar em torno de 81%. As adubações para o primeiro ano após recepa foram realizadas, conforme Marcolan et al. (2009).

Para quantificação da variabilidade genética foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas, medida do nível do solo ao ponto final de crescimento da planta (ALT), número de ramos plagiotrópicos produtivos (NPLAG), distância entre rosetas da parte intermediária do ramo plagiotrópico, obtida a partir da média de três avaliações (DROS), número de grãos por roseta da parte intermediária do ramo plagiotrópico, obtida a partir da média de três avaliações (GROS); número de rosetas por ramo plagiotrópico obtida a partir da média de três avaliações (RPLAG), época de maturação, com o registro da data de colheita e produção de café cereja avaliado em balança de até 50 Kg (CAFEC). Após a colheita, amostras de frutos de até 1,5 Kg de café da roça por planta foram retiradas e colocadas para secar, em terreiro de alvenaria. Após a secagem, amostras de 400g foram beneficiadas para obtenção do rendimento de café beneficiado (REND). As avaliações de peneira média (PEN) foram realizadas a partir de amostras de 100g, utilizando conjunto de peneiras com malhas de 8 tamanhos diferentes para grãos tipo chato e 6 para tipo moca.

2.2 Quantificação da diversidade genética e seleção de acessos

Para quantificação da divergência genética foi utilizado o método de componentes principais associado a referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais, para representar os genótipos de máxima e mínima adaptabilidade geral (NASCIMENTO et al., 2009; ROCHA et al., 2005). A técnica multivariada de componentes principais permite a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes para representar, em ordem de estimação, o máximo da variação total contida nas variáveis originais. A sua principal característica é permitir a redução da dimensionalidade do conjunto de dados, com mínima perda da informação (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O ideótipo de máxima adaptabilidade geral representa a planta ideal, utilizada para comparação com os acessos do BAG na projeção dos componentes principais, e que apresenta menor altura, maior número de ramos plagiotrópicos, menor distância entre rosetas, maior número de grãos por roseta, maior número de rosetas por ramos, maior produção de café beneficiado, maior peneira média. Por sua vez, o ideótipo de mínima adaptabilidade geral se caracteriza por apresentar maior altura, menor número de ramos plagiotrópicos, maior distância entre rosetas, menor número de grãos por roseta, menor número de rosetas por ramo, menor produção de café beneficiado e menor peneira média, entre todas as plantas observadas.

Para quantificar grau de associação entre os componentes de produção foram obtidas as estimativas de correlação simples e parcial entre as características avaliadas. As correlações simples foram estimadas utilizando a expressão (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004):

$$r_{xy} = \frac{COV_{(x,y)}}{\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}}$$

$COV_{(x,y)}$ = covariâncias entre as características x e y; σ_x^2 = variância fenotípica da característica x, σ_y^2 = variância fenotípica da característica y. As estimativas dos coeficientes de correlação parcial foram obtidas utilizando a expressão (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004):

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xz} r_{yz}}{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yz}^2)}$$

$r_{xy.z}$ = correlação parcial entre as características x e y retirando o efeito de z, r_{xy} = correlação simples entre x e y, r_{xz} = correlação simples entre x e z, r_{yz} = correlação simples entre y e z. A significância dos coeficientes de correlação parcial foi avaliada pelo teste t, em 5% e 1% de probabilidade (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da diversidade genética entre acessos permite manipular a variabilidade nas populações de melhoramento direcionando cruzamentos de maior heterose. Os acessos selecionados visualmente no BAG apresentaram expressiva variabilidade genética, para os componentes de produção avaliados (Tabela 1). Apesar da menor acurácia da seleção massal, observa-se que os acessos apresentaram peneira média comparável ao de cultivares comerciais (BRAGANÇA et al., 2001; RODRIGUES et al., 2012). Ferrão et al. (2008) observaram que mais de 90% da variabilidade para tamanho de grãos é de natureza genética, subsidiando a obtenção de ganhos com a seleção precoce.

A expressiva variabilidade genética quantificada entre os acessos avaliados pode ser atribuída a diferentes origens e ao fato de se tratar de uma espécie de polinização cruzada

com autoincompatibilidade gametofítica que, naturalmente, apresenta genótipos altamente heterozigotos. O coeficiente de variação ambiental (CV_e) variou de 7,17 para peneira média até 29,87 para produção de café cereja, indicando menor influência do ambiente sobre a primeira característica e maior sobre a segunda.

Segundo Carvalho et al. (1991), devido à bienalidade e à longa fase juvenil do cafeeiro, a caracterização do valor genético da produção de café cereja deve considerar medições ao longo do tempo e do espaço; com avaliação de, pelo menos, quatro colheitas de população estruturada em famílias ou provenientes da propagação vegetativa. Embora bancos de germoplasma sejam importantes para conservação, o seu uso no programa de melhoramento deve considerar a limitação resultante da avaliação de plantas não aparentadas e representadas por uma única parcela. Neste contexto, é importante definir o objetivo da seleção de plantas: identificar no banco de germoplasma, genótipos divergentes e de maior potencial produtivo para hibridização (Tabela 1). A produção média de 5,50 kg de café cereja por planta é comparável com a primeira produção após recepa e indica uma boa condução experimental (Tabela 1).

A seleção de genitores pode se basear em uma única característica ou considerar um conjunto de atributos favoráveis para o desenvolvimento de um produto final de qualidade superior. A magnitude e o sentido das correlações fazem com que a seleção baseada em uma única característica possa resultar em alterações não desejadas em outros componentes da produção de café beneficiado. Estimativas de correlação parcial permitem isolar relações de causa e efeito entre duas características, removendo o efeito das restantes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

De acordo com o teste t a 1 e 5% de probabilidade foram identificadas sete associações significativas entre os componentes de produção do café beneficiado (Tabela 2). Algumas associações favorecem a seleção de plantas, tais como as correlações positivas da produção de café cereja com o número de ramos plagiotrópicos, e do número de rosetas por ramo, com o número de grãos por roseta (Tabela 2). Esses resultados indicam uma coerência das avaliações e o potencial de uso de características de maior herdabilidade para seleção precoce.

A correlação positiva entre altura e distância entre rosetas no ramo plagiotrópico indica a possibilidade de selecionar plantas de menor porte e de menor distância entre rosetas. A correlação entre rendimento e grãos classificados em peneira alta indica a importância do maior tamanho de grãos para a produção de café beneficiado (Tabela 2).

No entanto, também foram observadas associações que dificultam o processo de seleção, tais como a correlação negativa de grãos classificados em peneira alta com o número de grãos por roseta e correlação positiva com a distância entre rosetas. Ou seja, o maior número de grãos por roseta esteve associado a uma maior distância entre elas e menor peneira média.

TABELA 1 - Medidas de posição e de dispersão dos componentes de produção avaliados em 89 acessos de C. canephora ,do banco de germoplasma da Embrapa Rondônia, localizado no município de Ouro Preto do Oeste - RO.

Variável	Média	Mínimo	Máximo	Variância	CV_e	$LI\text{-}IC_{(90\%)}$	$LS\text{-}IC_{(90\%)}$
ALT	1,52	1,15	1,90	0,04	13,16	1,46	1,58
NPLAG	19,74	9,00	27,00	17,66	21,29	18,44	21,04
DROS	2,14	1,28	2,93	0,14	17,48	2,03	2,26
GROS	23,13	16,67	31,33	18,04	18,36	21,82	24,44
CAFEC	5,50	1,50	9,55	2,70	29,87	5,13	5,86
PEN	16,08	13,45	17,95	1,33	7,17	15,83	16,54
RPLAG	10,14	7,00	14,00	3,64	18,82	9,55	10,73

ALT: Altura ($m.planta^{-1}$), NPLAG: número de ramos plagiotrópicos, DROS: distância entre rosetas, GROS: grãos por roseta, CAFEC: produção de café cereja, PEN: peneira média, RPLAG: número de ramos plagiotrópicos, CV_e: coeficiente de variação experimental, $LI\text{-}IC_{(90\%)}$: limite inferior do intervalo de confiança a 90% de probabilidade, $LS\text{-}IC_{(90\%)}$: limite superior do intervalo de confiança a 90% de probabilidade.

TABELA 2 - Estimativas dos valores de correlação parcial entre os componentes de produção avaliados em 89 acessos de C. canephora, do BAG da Embrapa Rondônia.

Pares de variáveis	$r_{simples}$	$r_{parcial}$	t	Prob.
ALT x NPLAG	0,38	0,31	2,98**	0,39
ALT x DROS	0,19	0,26	2,41*	1,62
NPLAG x CAFEC	0,41	0,26	2,45*	1,55
DROS x GROS	0,34	0,33	3,14**	0,24
GROS x CAFEC	0,26	0,32	3,00**	0,36
GROS x PEN	-0,44	-0,47	-4,73**	0,01
CAFEC x RPLAG	0,37	0,30	2,87**	0,52
REND x PEN	0,39	0,37	3,58**	0,07

ALT: Altura ($m.planta^{-1}$), NPLAG: número de ramos plagiotrópicos, DROS: distância entre rosetas, GROS: grãos por roseta, CAFEC: produção de café cereja, PEN: peneira média, RPLAG: número de ramos plagiotrópicos.

Associações entre o crescimento vegetativo e a produção de grãos também foram observadas por Bragança et al. (2001) em *C. canephora* e por Medina Filho, Bordignon e Carvalho (2008) em *C. arabica L.,* que observaram que a maior produtividade esteve associada ao maior desenvolvimento de ramos plagiotrópicos. Associações negativas entre peneira média e número de grãos por roseta também foram observadas por Charrier e Eskes (2004), que sugerem que o menor tamanho de grãos deve-se a uma limitação da planta de nutrir adequadamente maior número de grãos por roseta. Em *C. arabica*, Alves (2008) observou associação positiva da intensidade da ramificação plagiotrópica com o potencial produtivo das plantas e negativa com o porte das plantas.

Associações indesejáveis limitam a ocorrência natural de plantas que reúnam uma série de características favoráveis. Em relação aos acessos avaliados, a planta ideal foi aquela que apresentou menor altura (1,15m), maior número de ramos plagiotrópicos (27), menor distância entre rosetas (1,28 cm), maior número de grãos por roseta (33), maior produção de café cereja (9 kg), maior peneira média (18) e maior número de rosetas por ramos (14). Diferente de outros métodos que utilizam a informação da variabilidade genética em etapas, a técnicas de componentes principais associada a pontos referenciais foi utilizada para associar a divergência genética e a produção de café cereja em uma única avaliação, utilizando a redução da dimensionalidade associada a pontos referenciais.

Nesse método, a divergência genética é quantificada pela distância entre os acessos na dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais (CP_1 e CP_2) que devem representar, preferencialmente, acima de 80% da variação original contida nos dados (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). A dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais mostrou que apenas alguns acessos se aproximaram do ideótipo de máxima adaptabilidade geral (Figura 1). A interpretação da dispersão dos acessos permite identificar quatro grupos de maior divergência genética, identificados pelos quadrantes A, B, C e D (Figura 1).

Baseado nos valores de distância entre os acessos e os pontos referenciais, foram selecionadas 14 plantas pertencentes aos quadrantes A, B e D para cruzamentos, visando recombinar acessos de maior divergência genética, produção de café cereja e peneira média (Tabela 3). Devido ao seu desempenho agronômico inferior, acessos de maior divergência do quadrante C não foram selecionados para a recombinação.

O cruzamento entre acessos divergentes é uma importante etapa do melhoramento que objetiva o desenvolvimento de híbridos de maior vigor e que reúnam as melhores características das variedades botânicas Conilon e Robusta (MISTRO; FAZUOLI; BRAGHINI, 2009; SOUZA; SANTOS, 2009).

O desempenho superior de indivíduos provenientes de cruzamentos divergentes contribuiu para que Berthaud (1980) justificasse a implantação de um programa de seleção recorrente recíproca na Costa do Marfim, que permitiu a obtenção de híbridos que apresentaram produtividade superior (MISTRO et al., 2004; MONTAGNON et al., 2000).

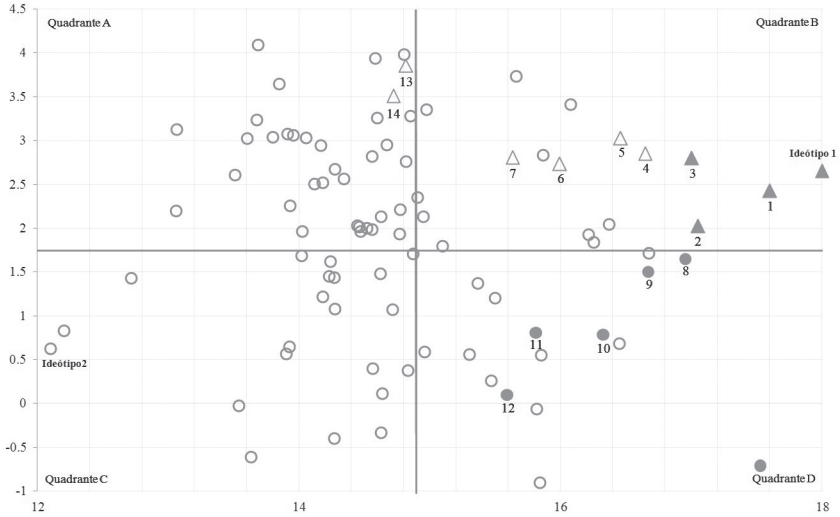


FIGURA 1 - Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais de 89 acessos de *Coffea canephora*. Os círculos representam acessos de produtividade inferior e os triângulos de produtividade superior a 8,0 kg.planta^{-1} de café cereja. As formas preenchidas representam acessos com peneira acima de 17. Os acessos numerados de 1 a 14 foram selecionados para recombinação.

TABELA 3 - Esquema de dialelo parcial circulante dos 14 indivíduos selecionados, considerando maior produtividade, peneira média e divergência genética entre eles.

Genitores[1]	1	2	3	4	5	6	7
8	X	X	X				
9		X	X	X			
10			X	X	X		
11				X	X	X	
12					X	X	X
13	X					X	X
14	X	X					X

[1] Os números de 1 a 14 identificam as plantas selecionadas para cruzamento.

A avaliação criteriosa e detalhada das plantas é fundamental para reunir múltiplas características favoráveis em uma mesma planta, com a possibilidade de selecionar, precocemente, materiais que irão competir em ensaios clonais. Os elevados custos do melhoramento de espécies perenes fazem da utilização mais apropriada dos bancos de germoplasma, condição fundamental para aumentar a probabilidade de se obter plantas superiores.

4 CONCLUSÕES

- O uso da técnica de componentes principais associada a pontos referência de comportamento conhecido permite associar a variabilidade genética dos acessos ao desempenho de outros componentes de produção.

-Os acessos apresentaram expressiva variabilidade genética para os principais componentes de produção associado a altos valores de peneira média.

- A caracterização da variabilidade genética e a seleção dos acessos configura uma situação favorável para a realização de cruzamentos controlados em dialelo parcial circulante visando o desenvolvimento de população de melhoramento de maior vigor e tamanho de grãos.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, pelo apoio ao projeto “Melhoramento Genético de Cafeeiros Conilon e Arábica para Produtividade e Qualidade da

Bebida na Amazônia Ocidental", ao CNPq e a todos os funcionários do campo experimental de Ouro Preto do Oeste, pela dedicação ao trabalho em todos esses anos.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, H. S. C. (Ed.). **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 334.

BERTHAUD, J. L'incompatibilité chez Coffea canephora: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 24, n. 1, p. 167-174, 1980.

BRAGANÇA, S. M. et al. Clonal varieties of Conilon coffee for the Espirito Santo State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 765-770, maio 2001.

CARVALHO, A. et al. Genetic-aspects of the Coffee Tree. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.

CHARRIER, A.; ESKES, A. B. Botany and genetics of coffee. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). **Coffee:** growing, processing, sustainable production. Darmstadt: WILEY-VCH, 2004. p. 25-56.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

DIAS, L. A. S. et al. A priori choice of hybrid parents in plants. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 3, p. 356-368, 2004.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

FERRÃO, R. G. et al. Genetic parameters in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.

FONSECA, A. F. A. et al. Genetic divergence in conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 599-605, abr. 2006.

FREITAS, R. G. et al. Prediction of genetic gains in open pollinated progenies of *Eucalyptus urograndis* cultivated in different environments and submitted to different selection procedures. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 255-263, mar./abr. 2009.

GASPARI-PEZZOPANE, C. D.; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de Coffea. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 39-54, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática:** banco de dados agregados. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 out. 2012.

IVOGLO, M. G. et al. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 823-831, 2008.

LEEUWEN, J. van; LLERAS-PÉREZ, E.; CLEMENT, C. R. Field genebanks may impede instead of promote crop development: lessons of failed genebanks of "promising" Brazilian palms. **Agrociencia**, Montevideo, v. 9, n. 1/2, p. 61-62, 2005.

MARCOLAN, A. L. et al. **Cultivo dos cafeeiros conilon e robusta para Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA, 2009. 67 p. (EMBRAPA Rondônia: Sistema de Produção, 33).

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 334.

MISTRO, J. C. et al. Estimates of genetic parameters and expected gains with selection in robust coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 86-91, 2004.

MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T. Melhoramento do café robusta no Instituto Agronômico de Campinas. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café Conilon**. Viçosa, MG: DFT/UFV, 2009. p. 201-247.

MONTAGNON, C. et al. Genotype-location interactions for *Coffea canephora* yield in the Ivory Coast. **Agronomie**, Glemboux, v. 20, n. 1, p. 101-109, 2000.

MURO-ABAD, J. I.; ROCHA, R. B.; CRUZ, C. D. Obtenção de híbridos *Eucalyptus* spp. auxiliado por marcadores moleculares microssatélites. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 67, p. 53-63, 2005.

NASCIMENTO, M. et al. Alteração no método centróide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 263-269, 2009.

RAMALHO, A. R. et al. Progresso genético com a seleção de clones de Conilon no Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Consórcio Pesquisa Café/EMBRAPA Café, 2011. v. 1, p. 1-6.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. São Paulo: USP, 2002. v. 1, 975 p.

ROCHA, R. B. et al. Utilização do método centróide para estudo da estabilidade e adaptabilidade ao ambiente. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, p. 255-266, 2005.

RODRIGUES, W. N. et al. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 177-186, 2012.

SOUZA, F. F.; SANTOS, M. M. D. Melhoramento genético do café canéfora em Rondônia. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café Conilon**. Viçosa, MG: DFT/UFV, 2009. p. 175-200.

VENEZIANO, W.; FAZUOLI, L. C. Avaliação de cultivares de cafeeiros robusta (*Coffea canephora*) em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café; Minasplan, 2000. p. 459-461.

ADUBAÇÃO ORGÂNICA DO CAFEEIRO, COM USO DO ESTERCO DE GALINHA, EM SUBSTITUIÇÃO À ADUBAÇÃO MINERAL

André Luís Teixeira Fernandes[1], Felipe Santinato[2], Rodrigo Ticle Ferreira[3], Roberto Santinato[4]

(Recebido: 31 de agosto de 2012; aceito: 13 de agosto de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, estudar a viabilidade técnica na redução de níveis dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), utilizados na adubação mineral do café, cultivar Catuai Vermelho IAC-144, através da adubação orgânica com esterco de galinha em doses crescentes de 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha^{-1}, acrescidas proporcionalmente às doses de adubação mineral, desde o plantio até a terceira produção do cafeeiro. Nas três safras estudadas, todos os tratamentos realizados foram significativamente superiores em produção em relação à testemunha, de 107 a 145%, indicando a importância dos nutrientes N, P, K e S no cultivo do café no cerrado. Entre os tratamentos, a maior dose de esterco (20,0 t ha^{-1}) foi significativamente o tratamento mais produtivo; as demais doses não apresentaram diferença estatística, embora tenham proporcionado aumentos de 9 a 19% na produtividade, em relação ao tratamento exclusivamente mineral. No solo, observou-se que, em função das doses do adubo orgânico, ocorreu aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), nos níveis do cálcio (Ca), fósforo (P), boro (B), potássio (K), zinco (Zn) e manganês (Mn) e redução dos níveis de cobre (Cu). Na utilização de doses maiores do adubo mineral, ocorreu a redução do pH, da saturação de bases (V%), do Ca e do magnésio Mg. Nas doses maiores do esterco, não ocorreram alterações químicas significativas para o pH e V%. A matéria orgânica praticamente manteve-se estável. Os teores de N, P, K e S foliares em todos os tratamentos foram adequados e deficientes na testemunha. Nas doses utilizadas de N, P, K e S do experimento, pode-se recomendar uma redução de 14 a 100% do N, de 50 a 100% do P, de 8 a 58% do K e de 21 a 100% do S.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., nutrição orgânica, resíduos agropecuários.

FERTILIZERS ORGANIC COFFEE, WITH USE OF CHICKEN MANURE IN REPLACING THE MINERAL FERTILIZER

ABSTRACT: *The aim of this work was to study the technical feasibility in reducing levels of the nutrients nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and sulfur (S), mineral fertilizer used in coffee, Red Catuai cultivar IAC-144 by organic fertilization with chicken manure in increasing doses of 2.5, 5.0, 10.0 and 20.0 t* ha^{-1} *increased proportionally to the dose of mineral fertilizer from the planting to the third coffee production. In the three harvests, all treatments were significantly superior in production compared to the control, 107-145%, indicating the importance of N, P, K and S in coffee cultivation in the "cerrado", vegetation of the Brazilian interior. Among the treatments, the highest dose of manure (20.0 t ha-1) was significantly more productive treatment, and the remaining doses were not significantly different, although they have provided increases 9-19% in productivity, compared to treatment only mineral. On the ground, it was observed that, depending on the dose of organic fertilizer, there was an increased cation exchange capacity (CEC), the levels of calcium (Ca), phosphorus (P), boron (B), potassium (K) , zinc (Zn) and manganese (Mn), and lower levels of copper (Cu). The use of higher doses of mineral fertilizer, there was reduction in pH, base saturation (V%), and Ca and Mg. In larger doses of manure, no significant chemical changes to the pH and V%. Organic matter practically remained stable. The contents of N, P, K and S leaf in all treatments were adequate and deficient in witness. At the doses used of N, P, K and S of the experiment, one can recommend a reduction from 14 to 100% of C, 50 to 100% of P, from 8 to 58% K and 21 to 100% of S.*

Index terms: *Coffea arabica L., organic nutrition, agricultural residues.*

1 INTRODUÇÃO

Com a proibição da utilização do esterco de galinha na composição da alimentação bovina em confinamento, sua disponibilidade tem sido relevante em várias regiões, notadamente no cerrado de Minas Gerais e Goiás. Constitui-se em uma fonte de matéria orgânica, com teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), além de fornecer micronutrientes que promovem efeitos benéficos ao solo. Dentre os tipos de esterco, apresentam-se o de galinhas poedeiras, o de frango que podem ser acrescidos de material com o uso da cama, sendo esta oriunda de palha de amendoim, de arroz, de café e outros resíduos, podendo ainda estarem presentes vários compostos orgânicos (MATIELLO et al., 2010).

[1]Universidade de Uberaba/UNIUBE - Pró-Reitor de Pesquisa - Pós Graduação e Extensão - Av. Nenê Sabino - 1801 - Bloco R Bairro Universitário - 38.055-500 - Uberaba - MG - andre.fernandes@uniube.br".
[2]Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus Rio Paranaíba Rodovia MG , 230 - Km 7 - 38810-000 - Rio Paranaíba - MG fpsantinato@hotmail.com
[3]EDUCAMPO/CAPAL - Rua Maria Rita de Aguiar, 172 - Centro - 38183-000 - Araxá - MG - rodrigoticle@yahoo.com.br
[4]Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA - Rodovia Heitor Penteado - Km 3 - Bairro Palmeiras 13.092-543 - Campinas - SP - roberto.santinato@agricultura.gov.br

A matéria orgânica melhora as propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo, que irão influenciar de forma direta ou indireta na fertilidade do solo (MALAVOLTA, 2006). A matéria orgânica auxilia no arejamento, na permeabilidade e na maior retenção de umidade do solo, fornecendo nutrientes de forma lenta e gradual às plantas e aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC). Segundo Assis e Romeiro (2004) e Malta et al. (2007), o uso exclusivo de adubos orgânicos na cultura do café implica em resultados negativos de produção em relação ao sistema convencional, com a utilização de adubos exclusivamente minerais, com perdas de produtividade.Assim, recomenda-se a associação entre adubos orgânicos e minerais a fim de obter um equilíbrio que condicione produtividades e mantenham adequadas as características físicas e químicas do solo. Santinato et al. (2010) avaliaram doses de esterco de curral e de galinha em associação com adubos minerais, obtendo incrementos de produtividade de 9 a 18% em relação à adubação mineral exclusiva, da mesma forma que os resultados obtidos por Barros et al. (2001). Na obtenção de resultados positivos ao se utilizar adubos orgânicos, deve-se considerar que cada fonte de matéria orgânica reage com o solo e fornece nutrientes às plantas de formas e velocidades diferentes, devido à sua composição nutricional e à relação entre a quantidade de carbono e nitrogênio (C/N) que apresentam (RICCI et al., 2005). Ao testar diferentes fontes nutricionais orgânicas, na produção de mudas de café em tubetes, Santos et al. (2008) observaram que, ao utilizar a palha de café como adubo orgânico, os teores foliares de potássio foram superiores às demais fontes orgânicas utilizadas, enquanto que os teores foliares de cálcio e magnésio ficaram abaixo da faixa crítica. Na formação de mudas, Araújo et al. (2007), trabalhando com doses de compostos orgânicos, obtiveram aumentos nos teores foliares de N, K e Mg e redução de P, Ca, B, Cu, Fe e Mn (DIAS et al., 2009) com a adição de 40% de cama de peru que, em substrato artificial, favoreceu o desenvolvimento de mudas de cafeeiro. Já Fernandes et al. (2007) obtiveram resultados de produção sem diferença significativa para cafeeiro adubado com fertilizantes organominerais e fertilização mineral exclusiva.

Objetivou-se, neste trabalho, estudar a viabilidade técnica de reduzir os níveis de N, P, K e S da adubação mineral exclusiva do cafeeiro com a aplicação anual do esterco de galinha, como adubação orgânica em doses crescentes (2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha^{-1}), acrescidas à adubação mineral reduzida proporcionalmente às quantidades destes nutrientes contidos no esterco de galinha, desde o plantio no sulco até a terceira safra em cobertura, período considerado como formação da lavoura de café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2006, no Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, em acordo com Fundação de Apoio a Tecnologia Cafeeira de Varginha MG (PROCAFÉ), no município de Araxá, MG, cujas coordenadas geográficas são latitude 19^0 33´21´S e longitude 46^0 58´08´´ W, altitude de 1040 m. O cultivo foi realizado em Latossolo Vermelho distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), cujas análises físicas e químicas encontram-se na Tabela 1.

A cultivar utilizada no experimento foi a Catuaí Vermelho IAC 144, plantada no espaçamento 4,0 x 0,5 m, (5.000 plantas ha^{-1}). O experimento foi conduzido de janeiro de 2006 a agosto de 2010.

A topografia local é de 3% de declive, e o relevo é plano-ondulado. O clima da região é classificado como Cwa pelo método de Koppen, a precipitação média anual é de 1574 mm e a temperatura média anual é de 20,4 ºC. Os dados meteorológicos durante a condução do experimento foram obtidos junto a uma estação agrometeorológica automática marca Davis, modelo Vantage Pro 2, instalada ao lado das parcelas experimentais, e encontram-se detalhados nas Figuras 1 e 2.

Nota-se que as temperaturas médias (Figura 1) foram inferiores a 19ºC apenas em três meses, durante todo o experimento (junho de 2006, maio de 2007 e junho de 2008). Segundo Santinato, Fernandes e Fernandes (2008), abaixo de 19ºC o cafeeiro reduz significativamente o seu crescimento, o que praticamente não ocorreu durante todo o experimento.

Na Figura 2, constam os dados de precipitação durante o experimento, cujos valores somaram 1.576, 1.611, 1.737, 1.812 e 1.481, respectivamente para 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010.

TABELA 1 - Análises físicas e químicas do solo em estudo nas profundidades de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, antes da implantação do experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Análise Física	Argila: 46,7%	Silte: 6,3%	Areia grossa: 28,9%	Areia fina: 18,1%
Análise Química	Unidade	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	
Matéria Orgânica (oxi redução)	$g.dm^{-3}$	29,1	20,7	
pH sol $CaCl_2$	-	4,7	4,0	
Fósforo (Resina)	$mg.dm^{-3}$	7,0	4,0	
Potássio (Resina)	$mmolc.dm^{-3}$	1,4	0,6	
Cálcio (Resina)	$mmolc.dm^{-3}$	8,8	4,8	
Magnésio (Resina)	$mmolc.dm^{-3}$	3,7	1,5	
Alumínio	$mmolc.dm^{-3}$	16,7	4,2	
Hidrogênio	$mmolc.dm^{-3}$	31,1	26,7	
H + Al	$mmolc.dm^{-3}$	47,8	30,9	
V%	%	22,5	18,2	
CTC	$mmolc.dm^{-3}$	61,7	37,8	
Enxofre (Fósforo cálcio)	$mg.dm^{-3}$	10,8	9,7	
Boro (Agua quente)	$mg.dm^{-3}$	0,21	0,16	
Zinco (DTPA)	$mg.dm^{-3}$	4,6	3,9	
Cobre (DTPA)	$mg.dm^{-3}$	1,3	0,8	
Manganês (DTPA)	$mg.dm^{-3}$	7,1	6,9	

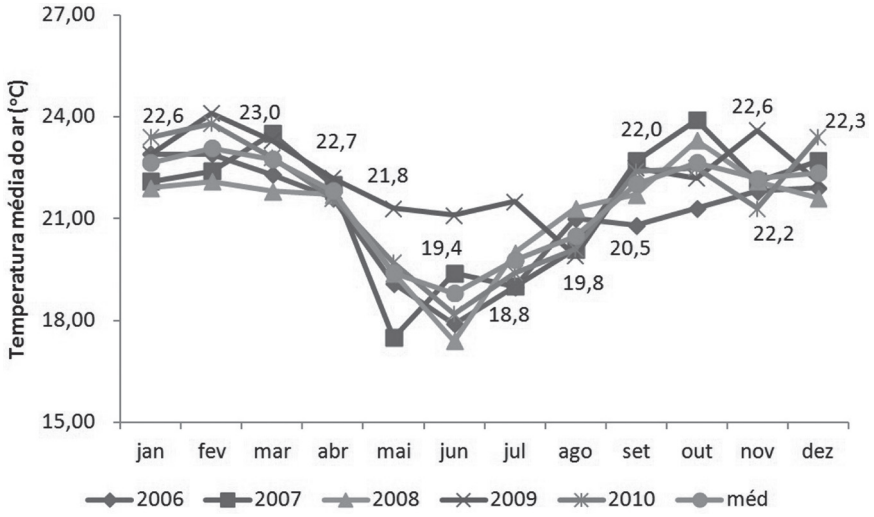


FIGURA 1 - Temperatura média do ar durante todo o experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

O delineamento experimental foi de blocos casualisados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas compostas por trinta plantas, em três linhas paralelas de dez plantas, sendo as oito centrais consideradas úteis para as avaliações. Os tratamentos utilizados foram: a testemunha, onde não realizou as adubações com os macronutrientes N, P, K e S, outro tratamento com adubação mineral exclusiva com N, P, K e S, e quatro tratamentos com esterco de galinha, em doses crescentes de 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha^{-1} combinadas com adubação mineral reduzida proporcionalmente às quantidades dos nutrientes N, P, K e S contidos nas mesmas. Na Tabela 2, demonstram-se com detalhes os tratamentos estudados na condução do experimento.

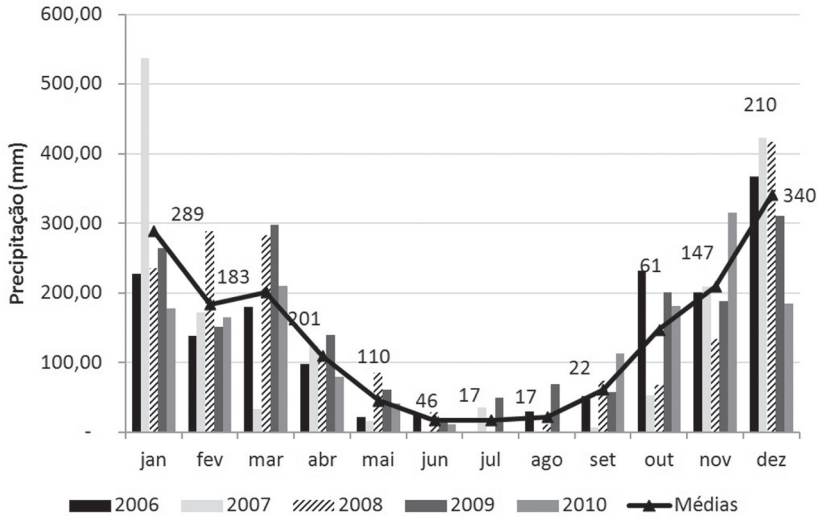


FIGURA 2 - Precipitação durante todo o experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

TABELA 2 -

Tratamentos	Descrição
T1 (T)	Testemunha para ausência de N, P, K e S.
T2 (AME)	Adubação mineral exclusiva N, P, K e S.
T3 (2,5 EG + AMR1)	Adubação orgânica com 2,5 $t.ha^{-1}$ de esterco de galinha mais adubação mineral reduzida de N, P, K e S contido no esterco.
T4 (5,0 EG + AMR2)	Adubação orgânica com 5,0 $t.ha^{-1}$ de esterco de galinha mais adubação mineral reduzida de N, P, K e S contido no esterco.
T5 (10,0 EG + AMR3)	Adubação orgânica com 10,0 $t.ha^{-1}$ de esterco de galinha mais adubação mineral reduzida de N, P, K e S contido no esterco.
T6 (20,0 EG + AMR4)	Adubação orgânica com 20,0 $t.ha^{-1}$ de esterco de galinha mais adubação mineral reduzida de N, P, K e S contido no esterco.

Descrição dos tratamentos estudados no experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

A calagem para correção do solo foi realizada antes e após plantio, no período de cinquenta e quatro meses, realizada anualmente, seguindo-se a metodologia proposta por Raij (1996). Os demais insumos utilizados foram aplicados antes do plantio, no sulco e após o plantio , em cobertura, até os cinquenta e quatro meses de idade dos cafeeiros. Entre eles o Termofosfato magnesiano, o Monoamônio fosfato, o Cloreto de potássio, o Sulfato de amônio, a Uréia, e as aplicações foliares com Sulfatos de Zinco, Cobre, Manganês e Ácido bórico foram efetuadas de acordo com recomendações propostas por Santinato e Fernandes (2002), com as devidas reduções para os macronutrientes N, P, K e S contidos no esterco da galinha, conforme os tratamentos estudados. Na Tabela 3, estão apresentadas as doses, a forma de aplicação e o parcelamento dos insumos colocados no sulco e em cobertura antes e após o plantio até aos cinquenta e quatro meses de condução do experimento.

As doses dos insumos Uréia, Sulfato de amônio, Cloreto de potássio, Monoamônio fosfato (MAP) e Termofosfato magnesiano (Yoorim Master IIS), utilizados no T2 (Adubação Mineral Exclusiva) foram reduzidos nos tratamentos 3, 4, 5 e 6 com base nos teores anuais de N, P, K e S contidos no esterco de galinha. As doses de calcário foram definidas pela análise do solo de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m no plantio e 0 a 0,2 m nos demais períodos, limitada em 4 t ha^{-1}, no máximo, por ano (MATIELLO et al., 2010) e dividida por dois para aplicação em faixa (50% da área) após o plantio e nos períodos subsequentes. Os

micronutrientes Zn, B, Cu e Mn foram aplicados via foliar, três vezes ao ano na primavera, no verão e no outono nas concentrações de: Sulfato de Zinco 0,2; 0,3 e 0,5%, Sulfato de Cobre 0,1; 02 e 0,3%, Sulfato de Manganês 0,3; 0,4 e 0,6% e Ácido bórico 0,15; 0,3 e 0,4%, em caldas de 50; 150; 250 e 500 L ha^{-1}, do pós plantio aos 54 meses. Na Tabela 4, encontram-se discriminados os valores das análises químicas do esterco de galinha utilizados nos anos de condução do experimento e as garantias comerciais dos insumos utilizados.

O controle e o combate das principais pragas e doenças foram efetuados conforme recomendações propostas por Santinato e Fernandes (2002), com fungicidas Triazóis associados às Estrobirulinas para o controle da Ferrugem (*Hemileia vastrix* Berk. & Broome) e Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke). Para o complexo Phoma e Ascochyta (*Phoma spp.* Saccardo *e Ascochyta spp.*), utilizou-se Boscalide. O Aldicarb foi utilizado no 1º e 2º anos e o Rynaxipir, nos demais anos, para controlar a infestação de Bicho mineiro (*Leucoptera coffeella* Guérin-Méneville). Para o controle da Broca do café (*Hyppotenemus hampei* Ferrari), utilizou-se o Endosulfan, a partir da primeira safra, aos 30 meses.

TABELA 3 - Determinação dos insumos e suas doses utilizadas antes e após o plantio até 54 meses, no Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Insumos, modo e parcelamento	Doses (kg ha^{-1})					
	1	2	3	4	5	6
Calcário						
No plantio*	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1ºAno** (1x)	0	0	0	0	0	0
2ºAno** (1x)	0	770	270	0	0	0
3ºAno** (1x)	0	670	430	0	0	0
4ºAno** (1x)	0	440	200	0	0	0
Total	4.000	5.880	4.900	4.000	4.000	4.000
Termofosfato magnesiano no sulco	0	1.250	860	470	0	0
Monoamonio fosfato**						
1ºAno (1x)	0	100	0	0	0	0
2ºAno (1x)	0	250	110	0	0	0
3ºAno (1x)	0	150	30	0	0	0
4ºAno (1x)	0	300	180	50	0	0
Total	0	800	320	50	0	0
Cloreto de potássio no sulco	0	125	80	30	0	0
Cloreto potássio**						
1ºAno (4x)	0	250	210	170	90	0
2ºAno (4x)	0	750	700	650	550	350
3ºAno (4x)	0	550	500	460	370	190
4ºAno (4x)	0	920	870	820	720	540
Total	0	2.595	2.360	2.130	1.730	1.080
Uréia**						
1ºAno (4x)	0	400	340	280	170	0
2ºAno (4x)	0	680	610	540	390	110
3ºAno (4x)	0	580	520	450	330	75
4ºAno (4x)	0	910	840	780	640	370
Total	0	2.570	2.310	2.050	1.530	555

Continua...

TABELA 3 - Continuação...

Sulfato de amônio**						
1ºAno (4x)	0	400	270	140	0	0
2ºAno (4x)	0	750	590	440	120	0
3ºAno (4x)	0	500	360	220	0	0
4ºAno (4x)	0	1000	860	700	410	0
Total	0	2650	2080	1500	530	0
Esterco de galinha						
No plantio*	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
1ºAno** (1x)	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
2ºAno** (1x)	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
2ºAno** (1x)	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
3ºAno** (1x)	0	0	2.500	5.000	10.000	20.000
Total	0	0	12.500	25.000	50.000	100.000

*Calcário aplicado em área total em cobertura.

**Insumos aplicados a 0,7 a 0,8 m da saia do café paralelamente a rua de café em cobertura.

TABELA 4 - Análise química do esterco de galinha e garantias comerciais dos demais insumos utilizados no experimento, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, Araxá, MG.

Análise Química do esterco de Galinha										
Períodos	g. Kg^{-1}						mg.Kg-1			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Mn
No Plantio	2,37	2,48	1,09	9,61	1,1	0,87	125	78	150	501
1º ano	2,05	2,12	0,97	10,11	0,7	0,56	106	33	64	475
2º ano	2,51	2,6	1,2	8,73	0,8	0,66	201	95	115	396
3º ano	2,22	2,18	1,06	7,61	0,6	0,38	176	110	97	408
4º ano	2,37	2,42	1,19	11	0,9	0,9	109	81	78	279

Garantias Comerciais dos Insumos	
Calcário	PRNT = 82%; Ca 32% e MgO 16%
Ureia	N 44%
Sulfato de Amônio	N 20% e S 24%
Monoamonico fosfato	N 9% e P 48%
Yorim Master II S	P total: 18%, P solúvel ácido cítrico: 16%, Ca: 20%, Mg: 9%, Zn: 0,5%, B: 0,1%, Cu: 0,05% e Mn 0,12%.
Sulfato de Zinco	Zn: 21% e S: 16%
Sulfato de Cobre	Cu 24% e S: 18%
Sulfato de Manganês	Mn: 25% e S: 15%
Ácido Bórico	B: 17%

As avaliações de produção do experimento constaram das três primeiras safras, com a colheita dos frutos das oito plantas centrais de cada parcela, quando apresentavam um máximo de 15% de frutos verdes. Os frutos colhidos tiveram os volumes medidos através de recipiente graduado e colocados para secagem até o beneficiamento. Na determinação do peso do café beneficiado, realizou-se a transformação em sacas beneficiadas de 60,0 kg ha^{-1}para cada parcela.

Nas avaliações complementares foram feitas análises foliares para N, P, K e S e análise do solo para matéria orgânica, pH, saturação de bases (V%), CTC, P, K, magnésio (Mg), cálcio (Ca), S, Zn, B, Cu e Mn, após a colheita em junho de 2008, agosto de 2009 e julho de 2010. O solo foi coletado na profundidade de 0 a 0,2 m na projeção da saia dos cafeeiros dos dois lados da linha de café, em quatro amostras simples por parcela, para gerar uma amostra composta. As folhas do 3º e 4º pares foram coletadas na terço médio dos cafeeiros, nos dois lados da linha de café, e com 50 pares por parcela. Os resultados de produtividade foram submetidos às análises da variância e de comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das três primeiras safras, após o plantio, e o total produzido no triênio encontram-se dispostos na Tabela 5 e representados na Figura 3. É evidente, de forma significativa, a superioridade de produção de todos os tratamentos adubados com N, P, K e S em relação à testemunha, demonstrando a importância desses nutrientes no solo em estudo para a adubação da cultura do café cultivado, no cerrado de Minas Gerais. O valor R% é o resultado, em porcentagem, da diferença de produtividade entre o tratamento em que se atribui o valor 100 e os demais tratamentos. Atribuindo-se para a testemunha o valor de R% igual a 100, os tratamentos adubados, no triênio, promoveram o

TABELA 5 - Resultados das produções de três safras em sacas 60,0 Kg ha^{-1} de café beneficiado em função dos diferentes tratamentos utilizados, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Tratamentos	1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	Total Produzido (Triênio)	R%[1] para	
					T	AME
T1 (Testemunha)	30,9 c	26,8 b	33,0 b	90,7 c	100	-52
T2 (AME)	64,1 b	44,3 a	79,2 a	187,6 b	+107	100
T3 (2,5EG+AMR1)	66,7 ab	46,9 a	91,0 a	204,6 ab	+125	+9
T4 (5,0EG+AMR2)	71,9 ab	45,2 a	104,2 a	221,3 ab	+144	+18
T5 (10,0EG+AMR3)	75,6 a	45,0 a	86,7 a	207,3 ab	+128	+10
T6 (20,0EG+AMR4)	74,4 a	49,1 a	99,7 a	223,2 a	+146	+19
CV%	6,08	14,53	16,71	8,11		

[1]R% = rendimento de cada tratamento comparando-se com a testemunha (T) e a adubação mineral exclusive (AME)

*Em cada coluna para cada tratamento médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

*Tratamentos: AME: Adubação mineral exclusiva; EG: Esterco de galinha; AMR (1,2,3,4): Adubação mineral reduzida.

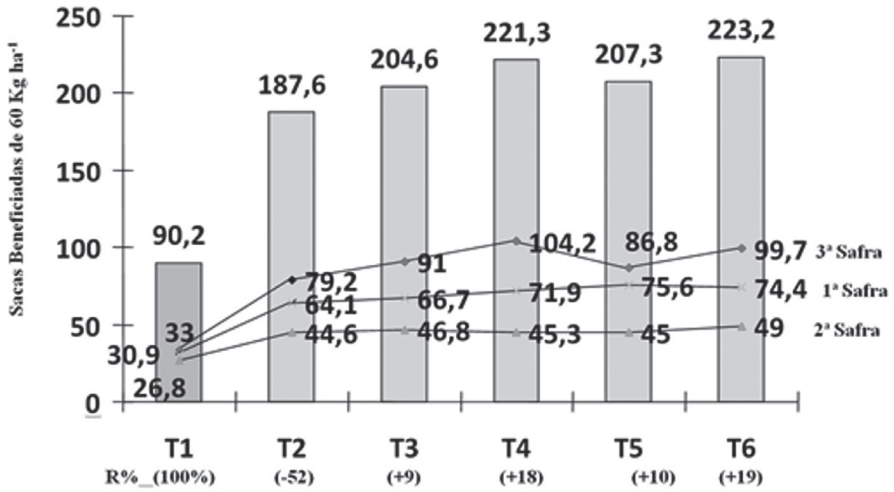


FIGURA 3 - Resultados das produções 1ª, 2ª e 3ª safras e o total produzido no triênio.

aumento de 107 a 146% ,na produção do cafeeiro. Comparando-se os tratamentos adubados entre si, verifica-se não haver diferenças significativas estatisticamente entre a adubação mineral e os tratamentos com o esterco de galinha até a dose de 10,0 t ha^{-1}.

Embora sem diferenças significativas, os tratamentos com esterco de galinha são de 9 a 18% superiores ao mineral exclusivo, quando se atribui o valor de R% de 100 para a adubação exclusivamente mineral, corroborando com resultados de outros autores (BARROS et al., 2001; SANTINATO et al., 2010), que trabalharam com adubação orgânica na cultura do cafeeiro. Fernandes et al. (2013b), avaliando a substituição parcial da adubação mineral exclusiva pela adubação orgânica utilizando palha de café, alcançaram produtividades 16 a 19% superiores ao tratamento que utilizou somente fertilizantes minerais. A maior produtividade desses tratamentos pode estar relacionada às melhorias físicas, físico-químicas, químicas e biológicas que o esterco promoveu e condicionou ao solo, bem como a disponibilidade constante dos nutrientes do mesmo, de forma lenta e gradual, que reduz perdas por lixiviações.

Alguns dos efeitos no solo promovidos pelo esterco de galinha são observados na Tabela 6, cujas médias de cada parâmetro (análises químicas físicas), avaliadas pelas análises de solo, no triênio estudado, constam nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

TABELA 6 - Resultados de Análise química de solo em 0 a 0,2 m, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Análises	Períodos	Tratamentos						CV%
		1	2	3	4	5	6	
Matéria Orgânica (Oxi-redução) g dm^{-3}	1ª Safra	66 a	60 a	61 a	57 a	63 a	66 a	9,53
	2ª Safra	38 ab	39 b	38 ab	37 ab	34 b	43 a	9,04
	3ª Safra	28 a	28 a	26 a	26 a	26 a	26 a	16,16
	Média	44	42	41	40	41	45	CV%
pH ($Cacl_2$)	1º ano	5,7 ab	4,7 c	5,0 bc	5,6 ab	5,9 a	6,4 a	6,85
	2º ano	6,1 ab	4,8 d	5,0 cd	5,4 cd	5,5 bc	6,7 a	4,73
	3º ano	5,4 ab	5,4 b	5,6 ab	5,8 ab	6,1 a	6,4 a	4,53
	Média	5,7	4,9	5,2	5,6	5,8	6,5	CV%
V%	1º ano	75 a	49 c	58 bc	64 ab	73 a	64 abc	11,59
	2º ano	75 a	42 d	51 cd	61 c	63 bc	75 a	8,8
	3º ano	72 ab	50 c	55 c	64 bc	87 ab	84 a	9,34
	Média	74	57	55	63	74	74	CV%
CTC mmolc dm^{-3}	1º ano	91 a	70 ab	89 ab	81 ab	82 ab	79 ab	11,54
	2º ano	87 b	88 b	84 b	91 b	83 b	114 a	6,66
	3º ano	74 c	76 bc	88 ab	79 bc	77 bc	97 a	6,92
	Média	84	78	87	84	81	97	CV%
K (resina) mmolc dm^{-3}	1º ano	0,6 c	1,3 bc	1,7 ab	1,4 b	2,2 a	2,0 a	16,81
	2º ano	0,6 d	4,2 bc	4,8 b	4,2 c	4,8 bc	6,2 a	7,28
	3º ano	0,3d	2,0 c	2,1 bc	2,0 c	2,1 B	2,1 a	9,24
	Média	0,5	2,5	2,8	2,5	3	3,4	CV%
Mg (resina) mmolc dm^{-3}	1º ano	17ª	6 b	7 b	9 b	9 b	6 b	42,48
	2º ano	14 ab	7 bc	5 c	7 c	6 c	16 a	36,56
	3º ano	11 ab	8 b	6 b	7 b	7 b	13 a	36,2
	Média	14	7	6	8	7	12	CV%

Continua...

TABELA 6 - Continuação...

Ca (resina) mmolc dm^{-3}	1º ano	50 a	27 a	40 a	45 a	48 a	40 a	27,77
	2º ano	49 b	26 d	33 cd	44 cd	41 bc	76 a	14,08
	3º ano	40bc	28 d	30 cd	35 cd	48 b	66 a	12,56
	Média	46	27	34	41	46	61	CV%
P (resina) mg dm^{-3}	1º ano	35 c	89 c	81 c	100 c	172 b	523 a	18,46
	2º ano	17 c	31 bc	68 bc	95 b	88 bc	328 a	30,79
	3º ano	10 C	17 c	24 c	29 c	89 b	196 a	18,64
	Média	22	46	58	75	116	349	CV%
S (Fosf. Cálcio) mg dm^{-3}	1º ano	15 c	58 b	36 b	26 b	36 b	65 a	10,19
	2º ano	20 c	49 a	40 b	22 c	27 c	21 c	9,4
	3º ano	10 d	74 a	60 b	54 b	18 e	15 cd	7,87
	Média	15	59	45	34	27	34	CV%
Zn (DTPA) mg dm^{-3}	1º ano	1,9 d	7,8 c	10,0 c	9,8 c	17,5 b	25,8 a	20,41
	2º ano	1,0 d	3,0 cd	3,3 bc	5,3 b	4,5 bc	11,6 a	18,41
	3º ano	1,9 c	5,2 b	5,9 ab	6,5 ab	7,1 a	5,7 ab	12,43
	Média	1,6	5,3	6,4	7,2	15,8	14,4	CV%
B (Água Quente) mg dm^{-3}	1º ano	0,38 c	0,37 c	0,62 b	0,79 bc	0,77 b	0,98 a	14,82
	2º ano	0,64 c	0,64 c	0,85 c	1,32 b	1,37 b	3,45 a	14,82
	3º ano	0,25 e	0,96 d	1,08 cd	1,34 bc	1,62 ab	1,76 a	12,62
	Média	0,42	0,65	0,85	1,15	1,25	2,06	CV%
Cu (DTPA) mg dm^{-3}	1º ano	1,1 a	1,1 ab	1,8 ab	1,7 ab	1,2 ab	0,8 b	31,69
	2º ano	1,0 b	3,9 a	3,3 a	4,3 a	3,8 a	3,5 a	23,47
	3º ano	1,0 ab	1,5 a	1,2 ab	1,3 ab	0,8 bc	0,2 c	27,23
	Média	1	2,1	2,1	2,4	1,9	1,5	CV%
Mn (DTPA) mg dm^{-3}	1º ano	47 b	39 bc	41 bc	30 c	41 bc	75 a	13,98
	2º ano	10 a	8 a	8 a	8a	6 a	4 a	41,46
	3º ano	37 a	29 ab	29 ab	19 b	26 ab	29 ab	26,74
	Média	17	25	26	19	24	36	

*Amostras retiradas (0 à 0,2 m) meses de junho, agosto e julho após as 3 safras. Tratamentos seguidos das mesmas letras nas colunas horizontais não diferem entre si, pelo teste de TUKEY, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4, observou-se não haver diferenças entre teores de matéria orgânica, estando todos os tratamentos em faixa adequada para o solo em estudo (MATIELLO et al., 2010); nesta mesma Figura, observou-se que a CTC somente aumentou quando se utilizou a maior dose de 20,0 t ha^{-1}, a partir da 2ª safra.

O valor de pH, pela provável acidez dos adubos minerais, em suas doses maiores, foi reduzido de forma significativa nos tratamentos 2 e 3, ficando abaixo da faixa considerada adequada em todas as três safras. Verifica-se que a saturação de bases (V%) acompanha a acidificação, sofrendo redução significativa nos mesmos tratamentos, notadamente no exclusivamente mineral, o que exige maiores doses de calcário para devida correção (Figura 5).

De forma semelhante, na Figura 6, observou-se que, para as bases, houve redução significativa para o cálcio (Ca^{+2}) nos tratamentos T2 e T3 e elevação também significativa na dose maior de esterco de galinha; nos demais, manteve-se na faixa adequada. O manganês (Mn) teve redução até teores de deficiência nos tratamentos de T2 a T5, abaixo dos valores adequados, com menor redução na dose maior do esterco. O potássio só foi deficiente na testemunha, com elevação significativa nas duas maiores doses do esterco (10,0 e 20,0 t ha^{-1}).

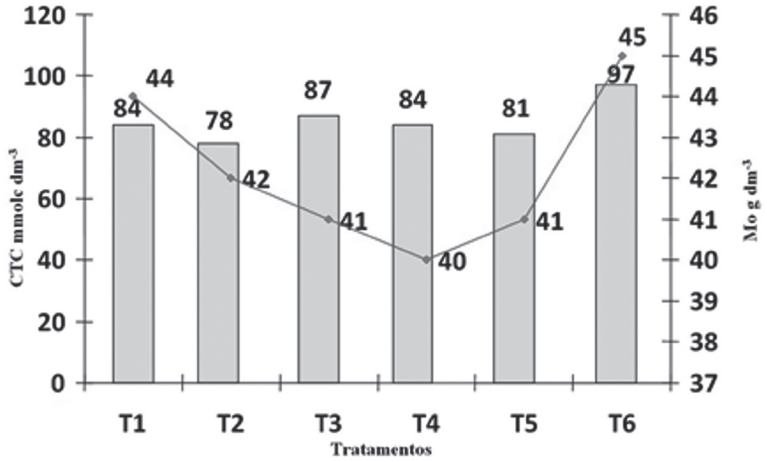


FIGURA 4 -Alterações químicas na matéria orgânica e CTC do solo média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

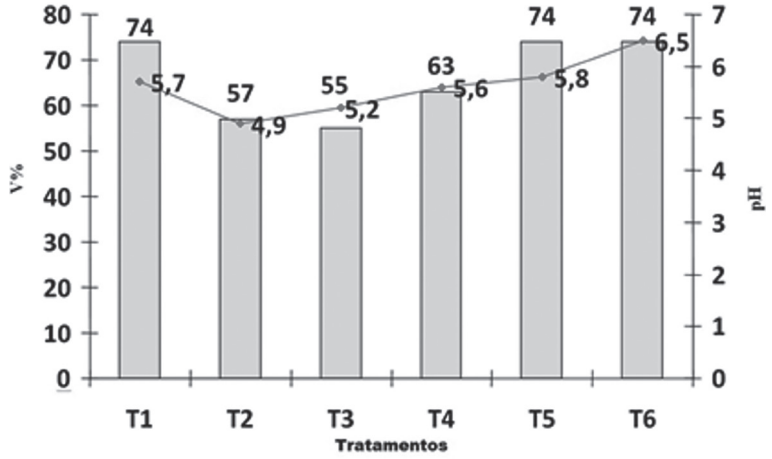


FIGURA 5 - Alterações químicas do pH e V% no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

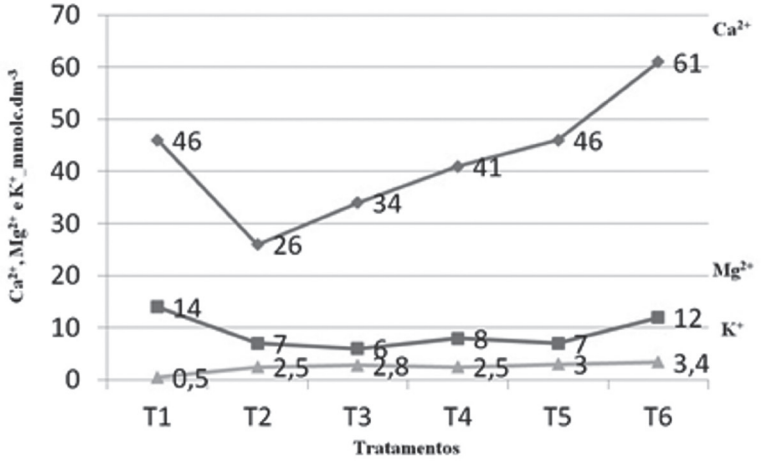


FIGURA 6 - Alterações químicas do Ca^{+2}, Mg^{+2} e K^{+}, no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Na Figura 7, observou-se que o teor de P aumentou de forma significativa a partir de 5,0 t ha^{-1} de esterco, ultrapassando o valor máximo da faixa de adequação (MATIELLO et al., 2010), porém, sem haver correlação com a produtividade. O enxofre teve os seus maiores teores nos tratamentos com maiores doses de adubo mineral, provavelmente pela fonte utilizada (sulfato de amônio) sem, no entanto, apresentar teores deficientes, exceto na testemunha.

Quanto aos micronutrientes (Figuras 8 e 9), observou-se que, nas doses crescentes do esterco de galinha: ocorreu aumento significativo nos níveis de boro; o cobre diminuiu a partir de 10,0 t.ha^{-1} de esterco; o zinco e o manganês aumentaram a partir de 10,0 t ha^{-1}.

Na Tabela 7, constam os resultados das análises foliares, com teores deficientes para o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre na testemunha, nas três safras, e valores adequados, sem diferenças significativas, nos tratamentos adubados para os mesmos nutrientes, demonstrando

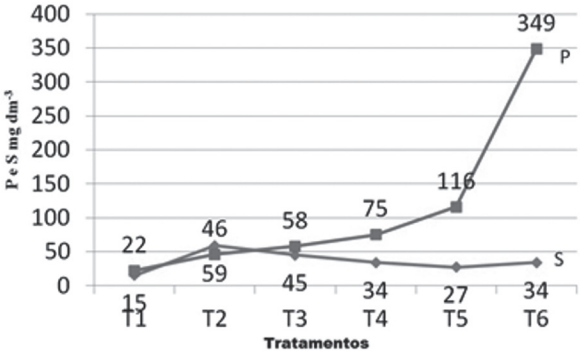


FIGURA 7 - Alterações químicas de P e S no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

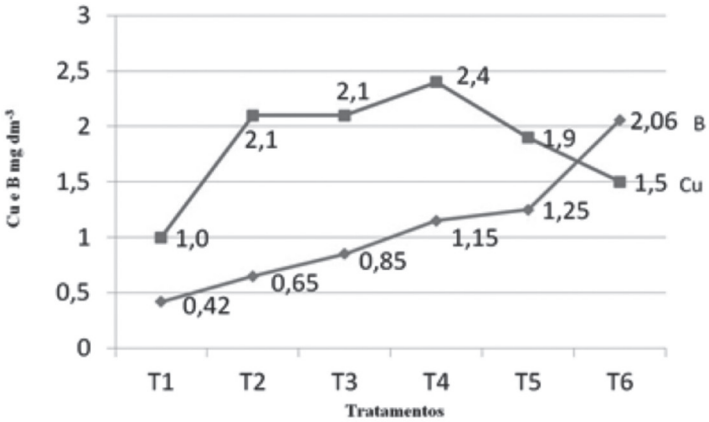


FIGURA 8 - Alterações químicas B, Cu e Mn no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

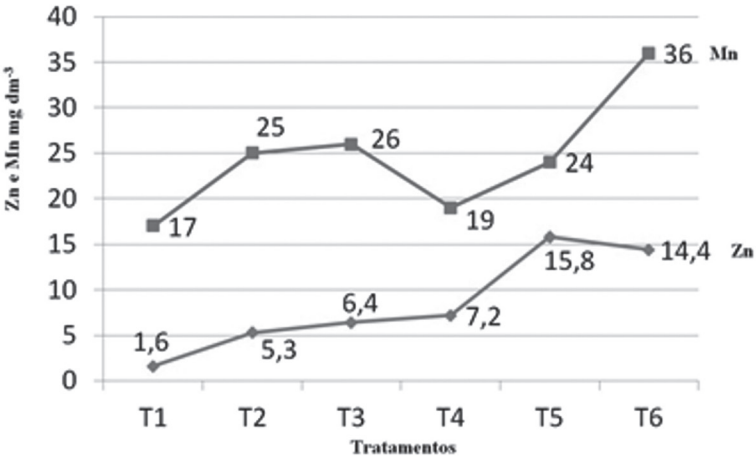


FIGURA 9 - Alterações químicas Zn e Mn no solo na média das 3 safras, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

que o mineral exclusivo ou associado ao esterco de galinha, de forma reduzida, foram suficientes para manter teores foliares adequados ao cafeeiro, definidos na época da colheita. A adubação orgânica associada à mineral reduzida manteve os teores foliares similares à adubação mineral exclusiva, estando de acordo com dados obtidos por Martinez et al. (2003).

As doses de N, P, K e S utilizados do plantio até os 54 meses de cultivo do cafeeiro estão resumidos na Tabela 8, e são vistas em T2 (Adubação mineral exclusiva), bem como as reduções proporcionais em percentagem nos demais tratamentos, em função das doses do esterco de galinha e seus teores utilizados em cada ano de aplicação. É possível inferir que a redução dos níveis de adubação mineral do cafeeiro pode ser de: 14 a 100% para o N; de 50 a 100% para o P; de 8 a 58% para o K e de 21 a 100% para o S, com adubação orgânica de 2,5 a 20,0 t ha^{-1} de esterco de galinha, valores próximos aos encontrados por Fernandes et al. (2013a), que trabalharam com o esterco de curral como fonte de matéria orgânica.

TABELA 7 - Resultados das análises foliares de N, P, K e S aos 30, 42 e 54 meses de idade dos cafeeiros, após as colheitas, Campo Experimental da Cooperativa Agropecuária de Araxá, MG, de 2006 a 2010.

Nutrientes	Tratamentos	1º Ano	2º Ano	3º Ano
Nitrogênio (g kg^{-1})	T	25,1 b	27 b	24,6 b
	AME	30,1 ab	32 ab	30,6 a
	2,5EG+AMR1	31,2ab	33 a	31 a
	5,0EG+AMR2	32 a	31,8 ab	31,1 a
	10,0EG+AMR3	31,5 ab	31,9 ab	30 a
	20,0EG+AMR4	30 ab	31,5 ab	32 a
Tukey 5%	CV%	9,81	8,00	6,61
Fósforo (g Kg^{-1})	T	0,7 a	0,9 b	1 a
	AME	1,3 a	1,4 ab	1,5 a
	2,5EG+AMR1	1,2 a	1,3 ab	1,5 a
	5,0EG+AMR2	1,4 a	1,5 ab	1,4 a
	10,0EG+AMR3	1,3 a	1,6 a	1,5 a
	20,0EG+AMR4	1,2 a	1,3 ab	1,4 a
Tukey 5%	CV%	9,75	22,22	17,07
Potássio (g Kg^{-1})	T	17,2 a	16,9 b	14,7 b
	AME	19,3 a	19,9 ab	22,8 a
	2,5EG+AMR1	18,4 a	18,7 ab	23,7 a
	5,0EG+AMR2	20,2 a	21,3 a	21,8 a
	10,0EG+AMR3	19,1 a	20,4	22,6 a
	20,0EG+AMR4	18,7 a	19,8 a	20,7 a
Tukey 5%	CV%	7,03	8,72	8,25
Enxofre (g Kg^{-1})	T	1,2 a	1,4 a	1,3 a
	AME	1,8 a	2,1 a	1,8 a
	2,5EG+AMR1	1,7 a	2 a	1,6 a
	5,0EG+AMR2	1,5 a	1,9 a	1,7 a
	10,0EG+AMR3	2 a	1,9 a	1,5 a
	20,0EG+AMR4	1,9 a	1,8 a	1,8 a
Tukey 5%	CV%	13,05	19,66	14,14

*Tratamentos seguidos das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 8 - Redução dos níveis de NPK e S a adubação mineral com utilização das diferentes doses da esterco de galinha de 0 a 54 meses de cultivo do cafeeiro.

Tratamentos	T2 (AME) (Kg ha^{-1})	T3 (2,5EG+AMR1)	T4 (5,0EG+AMR2)	T5 (10,0EG+AMR3)	T6 (20,0EG+AMR4)
Nitrogênio	1732,8	(-14,5)	(-28,2)	(-66,5)	(-100)
Fósforo	584	(-50,2)	(-83,1)	(-100)	(-100)
Potássio	1557	(-8,1)	(-18,0)	(-33,4)	(-58,4)
Enxofre	636	(-21,6)	(-46,6)	(-80,1)	(-100)

*Somatória dos níveis de N, P, K e S com as fontes de Uréia, Sulf. amônio e MAP para o Nitrogênio. Yoorim máster II S e MAP para o Fósforo. Cloreto de potássio para o Potássio, e Yoorim Master II S mais Sulf. Amônio para o Enxofre.
**Não foi considerado o S do S. Zinco, Manganês e Cobre utilizados.

4 CONCLUSÕES

Nas condições do experimento, após 3 safras, é possível concluir que:

• É viável a utilização do esterco de galinha como fonte de N, P, K e S na redução desses nutrientes, na adubação mineral exclusiva do cafeeiro.

• Todas as adubações (minerais e orgânicas) foram significativamente superiores em produtividade (107 a 146%) à testemunha, demonstrando a necessidade de macro e micronutrientes, no cultivo do cafeeiro no solo em estudo.

• A adubação mineral exclusiva e em doses reduzidas em até 5,0 t ha^{-1} de esterco de galinha promoveu reduções nos valores de pH; V%; Ca e Mg^{2+} pela provável acidificação promovida pela ureia, sulfato de amônio e MAP.

• Com o esterco de galinha, promoveu-se aumento no solo dos teores de B, a partir de 2,5 t ha^{-1}, de P a partir de 5,0 t ha^{-1}, de Zn e K a partir de 10,0 t ha^{-1}, de Mn com 20,0 t ha^{-1}, redução do Cu a partir de 10,0 t ha^{-1} e sem correlações com o S.

• Os teores foliares de N, P, K e S dos tratamentos adubados foram superiores à testemunha.

• Nas dosagens mais comuns de esterco de galinha utilizadas para café (2,5 e 5,0 t ha^{-1}), podem-se reduzir os níveis de N, P, K e S da adubação exclusivamente mineral de 14 a 28% para o N, de 50 a 83% para o P, de 8 a 18% para o K e de 21 a 46% para o S.

5 REFERÊNCIAS

ARAUJO, J. B. S. et al. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 20-28, 2007.

ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R. Análise do processo de conversão de sistemas de produção de café convencional para orgânico: um estudo de caso. **Cadernos de Ciência & Técnologia**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 143-168, 2004.

BARROS, U. V. et al. Doses e modos de aplicação da palha de café e esterco de gado associado ao adubo químico na formação e produção do cafeeiro na Zona a Mata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA-PROCAFÉ, 2001. p. 48-50.

DIAS, R. et al. Fontes e proporções de material orgânico para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 758-764, maio/jun. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 412 p.

FERNANDES, A. L. T. et al. Adubação orgânica com esterco de curral na formação e produção do cafeeiro irrigado por gotejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 15., 2013, Araguari. **Anais...** Araguari: SBPC, 2013a. 1 CD-ROM.

_____. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2007.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R.T.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science,** Lavras, v.8, n.3, p.324-336, 2013.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MALTA, M. R. et al. Produtividade de lavouras cafeeiras (*Coffea arábica* L.) em conversão para o sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 183-191, 2007.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 703-713, 2003.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil:** manual de recomendações. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2010. 542 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 343 p.

RICCI, M. S. F. et al. Growth rate and nutritional status of organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.

SANTINATO, R. et al. Adubação orgânica na formação e produção do cafeeiro em solço de cerrado argiloso, com doses crescentes de esterco de galinha poedeira associadas à adubação química reduzida proporcionalmente aos NPKS contidos no esterco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 36., 2010, Guarapari. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA-PROCAFÉ, 2010. p. 98-100.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro cultivado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: O Lutador, 2002. 252 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Belo horizonte: O Lutador, 2008. 474 p.

SANTOS, F. da S. et al. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 783-791, jul. 2008.

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE CAFÉ CONILON PRODUZIDAS EM DIFERENTES RECIPIENTES E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

Maria Christina J. D. Dardengo[1], Elias Fernandes de Sousa[2],
Edvaldo Fialho dos Reis[3], Geraldo de Amaral Gravina[4]

(Recebido: 12 de setembro de 2012; aceito: 02 de maio de 2013)

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar a influência de dois recipientes e diferentes níveis de sombreamento no crescimento e qualidade de mudas de café conilon, além de realizar análise de trilha visando à caracterização das inter -relações entre as variáveis relacionadas ao crescimento e quantificação de seus efeitos diretos e indiretos sobre a qualidade das mudas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, distribuído em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, com dez repetições. Como recipientes foram utilizados tubetes de polietileno de 120 mL e sacolas plásticas com capacidade de 770 mL, preenchidos com substrato padrão. Os níveis de sombreamento testados foram 0% (pleno sol), 30%, 50% e 75%. Os resultados obtidos permitem concluir que as mudas cresceram melhor em sacolas do que em tubetes, com exceção do nível de 30% de sombreamento. As mudas sombreadas apresentaram maior crescimento e melhor qualidade em relação às mantidas a pleno sol. O índice de qualidade de Dickson foi eficiente para indicar a qualidade das mudas de café conilon nos distintos recipientes e níveis de sombreamento. A relação entre altura da planta/diâmetro do coleto e a relação entre matéria seca da parte aérea/raízes traduzem informações que auxiliam o manejo adequado das mudas em viveiro. A matéria seca total e o diâmetro do coleto são as variáveis mais propícias para indicar a qualidade das mudas de café conilon, devido ao maior grau de correlação com o índice de qualidade de Dickson.

Termos para indexação: *Coffea canephora,* desenvolvimento, radiação solar, tubete, sacola.

GROWTH AND QUALITY OF CONILON COFFEE SEEDLINGS PRODUCED AT DIFFERENT CONTAINERS AND SHADING LEVELS

ABSTRACT: *The objective of this study was to evaluate the influence of two containers and different levels of shading in the growth and quality of conilon coffee seedlings, as well as to perform a path analysis to characterize the interrelationships between growth variables and quantify their direct and indirect effects on the quality of seedlings. The experimental design used was completely randomized, distributed in split-plot 2 x 4 schema, with ten repetitions. The type of containers tested were 120 ml polyethylene tubes and plastic bags with 770 cc, filled with standard substrate. The levels of shadow tested were 0% (full sun), 30%, 50% and 75%. The results showed that plants grew better in bags than in tubes, except the 30% level of shading. The shaded seedlings showed better quality and growth than the ones kept in full sun. Dickson index of quality was efficient to indicate the quality of the conilon coffee seedlings in separate containers and shading levels. The relationship between plant height / stem diameter and dry matter of the aerial part / roots translate information that assist the proper handling of seedlings in nurseries. The total dry matter and stem diameter are the more likely variables to indicate the quality of the conilon coffee seedlings, due to the higher degree of correlation with the Dickson index of quality.*

Index terms: *Coffea canephora*, *development, sun radiation, polyethylene tube, plastic bag.*

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura nacional tem requerido grandes quantidades de mudas devido ao aumento da área plantada, renovação do parque cafeeiro e adequação aos sistemas de plantio atuais. Considerando-se que o cafeeiro é uma cultura perene, é necessário o planejamento de todas as fases, particularmente daquelas ligadas diretamente à implantação e à formação da lavoura. Qualquer erro cometido nesse período pode comprometer seriamente a exploração, resultando em baixa produtividade e menor longevidade da lavoura. Assim, o plantio de mudas vigorosas de café garante um bom "pegamento", diminui os gastos com a operação de replantio e contribui com rápido crescimento inicial das plantas no campo, constituindo-se num fator fundamental para um cultivo bem sucedido (ALVES; GUIMARÃES, 2010; CARVALHO et al., 2008; MENDES; GUIMARÃES, 1998). Segundo Henrique et al. (2011), mudas vigorosas são caracterizadas por apresentarem folhas verdes e brilhantes, caule espesso e sistema radicular com raízes absorventes abundantes.

[1,2,4]Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias/CCTA -28.013-602 Campos dos Goytacazes - RJ - mcjunger@ifes.edu.br - efs@uenf.br; gravina@uenf.br
[3]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Engenharia Rural/DER - Cx. P. 16 -29.500-000 Alegre - ES 29500-000 - edreis@cca.ufes.br

Vários fatores exercem influências sobre o desenvolvimento, a qualidade e os custos da produção de mudas, como por exemplo, o tamanho do recipiente e a composição do substrato, entre outros (APHALO; RIKALA, 2003; MORGADO et al., 2000). Os tipos de mudas de café mais utilizadas são as produzidas em sacolas plásticas, preenchidas com substrato constituído por terra e esterco bovino e as produzidas em tubetes de polietileno, de diferentes tamanhos, utilizando substrato comercial; adotando-se como padrão o sombreamento das mudas, para uma interceptação de cerca de 50% da radiação solar (VALLONE et al., 2010).

Alguns cafeicultores, para melhorar a adaptação das mudas às condições de campo e economizar no custo da estrutura para o viveiro, optam pela formação a pleno sol. Porém, há certa dificuldade na manutenção da umidade do substrato, sendo a irrigação mais requerida nesse sistema de produção (ALVES; GUIMARÃES, 2010). Ademais, a produção de mudas a pleno sol pode, muitas vezes, comprometer o seu desenvolvimento em função de aspectos fisiológicos decorrentes do excesso de exposição à radiação solar, havendo a necessidade de trabalhos científicos que possam mostrar a real possibilidade de utilização desse método (HENRIQUE et al., 2011; PAIVA; GUIMARÃES; SOUZA, 2003).

Assim, relacionam-se alguns trabalhos desenvolvidos para estudar o efeito do sombreamento sobre o crescimento de plantas jovens de cafeeiros. Em dois viveiros de um milhão de mudas em cada um, na região de Manhuaçu e Lajinha, na Zona da Mata mineira, Matiello et al. (1997) observaram que mudas do cafeeiro arábica formadas a pleno sol apresentaram maior crescimento do que as mudas sombreadas. Tal resultado difere do obtido por Paiva, Guimarães e Souza (2003), que verificaram que o melhor tipo de sombreamento para formação de mudas de café arábica é o de 50%. Já Braun et al. (2007) avaliaram o crescimento de mudas clonais de café conilon formadas em tubetes e submetidas a diferentes níveis de sombreamento (30%, 50% e 75%) e à luz plena, e concluíram que a 75% de sombreamento, as plantas de café conilon apresentam crescimento vegetativo maior em relação aos demais níveis. Mais recentemente, Tatagiba et al. (2010) verificaram que plantas jovens de café conilon mantidas sob 88% de sombreamento registraram os maiores valores para o acúmulo de matéria seca total, seguidos pelo nível de 22 e 50%, enquanto as mudas mantidas a pleno sol registraram os menores valores.

Em relação aos tipos e capacidades de recipientes, várias pesquisas têm sido desenvolvidas em busca da definição do conjunto ideal, que associe qualidade com redução do custo de produção da muda de café. Como exemplo, citam-se as realizadas por Cunha et al. (2002), Silva et al. (2010) e Vallone et al. (2009). Em seu estudo, Cunha et al. (2002) concluíram que o tubete com capacidade de 120 mL proporcionou melhor desenvolvimento às mudas de cafeeiro com relação aos de 50 e 275 mL. Já Silva et al. (2010) constataram que o bloco prensado, a sacola e tubete (120 mL) são os recipientes mais indicados para a produção de mudas de café conilon, nos quais foram obtidos maior crescimento vegetativo e mudas mais vigorosas. Segundo Valone et al. (2009), a sacola e o tubete de 120 mL proporcionaram maior desenvolvimento de mudas de café arábica em relação àquelas produzidas em tubete de 50 mL.

Pela facilidade de execução, a classificação das mudas para determinação do padrão de qualidade, baseia-se em parâmetros morfológicos externos, tais como: altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, a área foliar, fitomassa seca do sistema radicular e da parte aérea (ALEXANDRE, 2007), como também, a tonalidade de cor das folhas, ausência de pragas e de doenças. Entretanto, para representar todas essas características utilizam-se índices de qualidade, que são associações entre os parâmetros de crescimento. Dentre esses, destaca-se a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto (RAD), a relação da matéria seca da parte aérea e raízes (RPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (CHAVES; PAIVA, 2004).

Atualmente, existem poucos trabalhos sobre a utilização de índices na padronização e classificação da qualidade de mudas de café, já que são comumente usados em mudas de essências florestais. Cita-se o trabalho pioneiro de Marana et al. (2008), que estabeleceram para mudas de café arábica, os valores médios de 4,0 para relação entre altura e diâmetro do coleto; 0,21 para o índice de qualidade de Dickson e de 4,7 para relação da matéria seca da parte aérea e de raízes. Silva et al. (2011) também determinaram o índice de qualidade de Dickson em mudas de café arábica e obtiveram o valor de 0,62.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a influência de dois recipientes e diferentes níveis de sombreamento no crescimento e qualidade de mudas de café conilon, além de realizar análise de trilha para identificar as variáveis de crescimento que caracterizam a qualidade dessa muda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, material experimental e condução do experimento

O experimento foi realizado em área anexa ao viveiro de produção de mudas do IFES (Instituto Federal de Ensino, Tecnologia e Educação do Espírito Santo), Campus de Alegre-ES, Fazenda Caixa D'Água, distrito de Rive, localizado na latitude de 20^0 25' 51,61" S e longitude de 41^0 27' 24,51" W e altitude de 136 m. A espécie vegetal utilizada foi a *Coffea canephora* Pierre, variedade Robusta cv. Robusta Tropical (EMCAPER 8151).

As mudas de café foram produzidas em tubetes de polietileno rígido de formato cônico com capacidade de 120 mL e sacolas plásticas nas dimensões de 11 cm de largura, 20 cm de comprimento e 0,006 cm de espessura com capacidade de cerca de 770 mL. Os recipientes foram preenchidos com substrato padrão, cuja composição foi de 70% de terra peneirada, 30% de esterco de curral e adubos químicos (2 kg de calcário dolomítico, 4 kg de superfosfato simples e 0,3 kg de cloreto de potássio, 50 g de FTE BR 12), para cada metro cúbico de mistura. Em seguida, os recipientes foram acondicionados em bancadas de 1,40 m de comprimento, 0,50 m de largura e 1,0 m de altura do nível do solo, sendo os tubetes distribuídos em bandejas.

Após o enchimento dos recipientes, foi efetuada a semeadura em 20 de abril de 2007, adotando-se uma semente para tubete e duas sementes para sacola, sendo realizado desbaste após a germinação deixando-se uma planta por sacola. Logo após a semeadura, cada bancada recebeu o nível de sombreamento determinado por sorteio, obtidos a partir da utilização de telas de polipropileno, assim caracterizados: 0% (pleno sol), 30%, 50% e 75%.

Um sistema de irrigação foi instalado sobre as bancadas, com a finalidade de manter o teor de umidade na capacidade de retenção de água do substrato (CRA), determinada na tensão de 0,01 MPa (35,5%), utilizando-se dois microaspersores do tipo Tietze nebulizador por bancada, com bocal violeta, vazão de 35 L h^{-1} na pressão de 2,0 kgf cm^{-2} e diâmetro molhado de 1,7 m. Foram realizadas três irrigações diárias para os tratamentos sombreados e quatro irrigações diárias para as mudas mantidas a pleno sol, necessária para manutenção da umidade na CRA nesse sistema de produção, cujo tempo médio de irrigação foi de 1,5 minutos para tubetes (0,35 mm/rega) e 3 minutos para sacolas (0,70 mm/rega). Após surgir o segundo par de folhas definitivas, procedeu-se às adubações complementares conforme recomendações técnicas.

2.2 Características de crescimento e qualidade

Avaliaram-se as características de crescimento aos 160 dias após a semeadura (30/09/2007), determinando-se: a) altura da planta (AP), expressa em cm, medida com régua milimetrada, considerando-se a região compreendida entre o coleto e a gema apical; b) diâmetro do coleto (DC), expresso em mm, medido a 2 cm utilizando-se um paquímetro digital da marca Starrett, modelo 727; c) área foliar (AF), expressa em cm^2, estimada com medidor de área foliar LI-COR, modelo LI-3100; d) matéria seca da parte aérea (MSA), matéria seca de raízes (MSR) e matéria seca total (MST), obtida pela soma de MSA e MSR, expressas em gramas, determinadas em estufa de circulação forçada a 75ºC até peso constante. A qualidade das mudas foi determinada observando-se: a) relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD); b) relação da matéria seca da parte aérea/raízes (RPAR), obtida da relação entre MSA e MSR; c) IQD: índice de qualidade de Dickson obtido pela fórmula: IQD = [matéria seca total/(RAD + RPAR)] (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, distribuído em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, sendo nas parcelas o recipiente em dois níveis (tubete e sacola) e nas subparcelas o sombreamento em quatro níveis (0%, 30%, 50% e 75%), com dez repetições.

Os dados experimentais foram submetidos ao teste de verificação da Pressuposição de Normalidade (Teste de Lilliefors) e Homogeneidade de Variâncias (Teste de Cochran e de Bartlett). Não foram atendidas tais pressuposições para área foliar e relação entre parte aérea e raízes, cujos dados foram transformados com o uso da função Y= log (x +1) antes da análise de variância. Após a análise dos dados transformados verificou-se o atendimento das pressuposições, entretanto, os dados foram apresentados na forma original. Os níveis de sombreamento foram analisados por meio de regressão e os níveis de recipiente foram comparados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, por meio do uso do programa computacional SAEG, versão 9.1.

Para mensurar os efeitos diretos e indiretos das características de crescimento sobre a qualidade da muda (IQD), foi realizada a análise de trilha, conforme metodologia desenvolvida por Wright (1921). Para tanto, inicialmente, procedeu-se à análise de correlação de Pearson, para se obter as matrizes de correlação e suas significâncias pelo teste "t", no nível de probabilidade de 5%. Os coeficientes de correlação de Pearson foram desdobrados, sendo obtidos os coeficientes em análise de trilha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância das características de crescimento de mudas de café conilon, mostrou que houve interação significativa entre os fatores recipientes e níveis de sombreamento para área foliar, matéria seca da parte aérea, de raízes e total, devendo-se proceder à análise de forma desdobrada. Contudo, nenhuma interação significativa foi detectada para altura da planta e diâmetro do coleto, indicando que, para essas, os fatores atuaram de forma independente.

A altura das plantas foi influenciada pelo recipiente, sendo que, ao se aumentar a capacidade do recipiente usado na produção das mudas, aumenta-se também a sua altura. O valor médio de altura da planta em tubetes foi de 8,15 cm e de 9,61 cm em sacolas. Silva et al. (2010) também observaram que a altura de mudas de café conilon formadas em sacolas plásticas (19,13 cm) superaram aquelas formadas em tubetes de 120 mL (7,34 cm). Contudo, a estimativa de crescimento expresso em altura da planta apresentou tendência crescente com os níveis de sombreamento, sendo de efeito raiz quadrada (Figura 1). Observou-se que o sombreamento induziu as plantas a alocarem uma maior parte de seus recursos metabólicos para crescer em altura, em busca de luz, por meio do alongamento dos entrenós (estiolamento). Assim, os níveis mais intensos de sombra contribuíram para altos valores de altura, sendo obtidos baixos valores a pleno sol. Isso vem de encontro à afirmação de Taiz e Zeiger (2004), em que as plantas alongam o caule, em resposta ao sombreamento, a fim de evitar a baixa irradiância do ambiente. Tal resultado é corroborado por Braun et al. (2007), Paiva, Guimarães e Souza (2003) e Tatagiba et al. (2010).

O diâmetro do coleto não foi influenciado pelos níveis de recipientes e de sombreamento, conforme pode ser observado na Figura 2. Tal resultado discorda do obtido por Silva et al. (2010), em que mudas de café conilon formadas em sacolas apresentaram diâmetro superior ao obtido em tubetes de 120 mL. Com relação aos níveis de sombreamento, a análise de variância foi não significativa, e com isso, nenhum modelo foi ajustado na estimativa da curva de crescimento em diâmetro, sendo representado pela média. Braun et al. (2007) também observaram que não houve diferença no diâmetro de plantas de café conilon propagadas vegetativamente, nos diferentes níveis de sombreamento e a pleno sol. Contudo, Paiva, Guimarães e Souza (2003) observaram que o diâmetro das plantas de café arábica apresentou valor máximo no sombreamento de 90%.

Analisando os resultados de área foliar (AF), os valores obtidos em sacolas superaram os de tubetes, com exceção para o nível de 30%. Em tubetes, os coeficientes de determinação

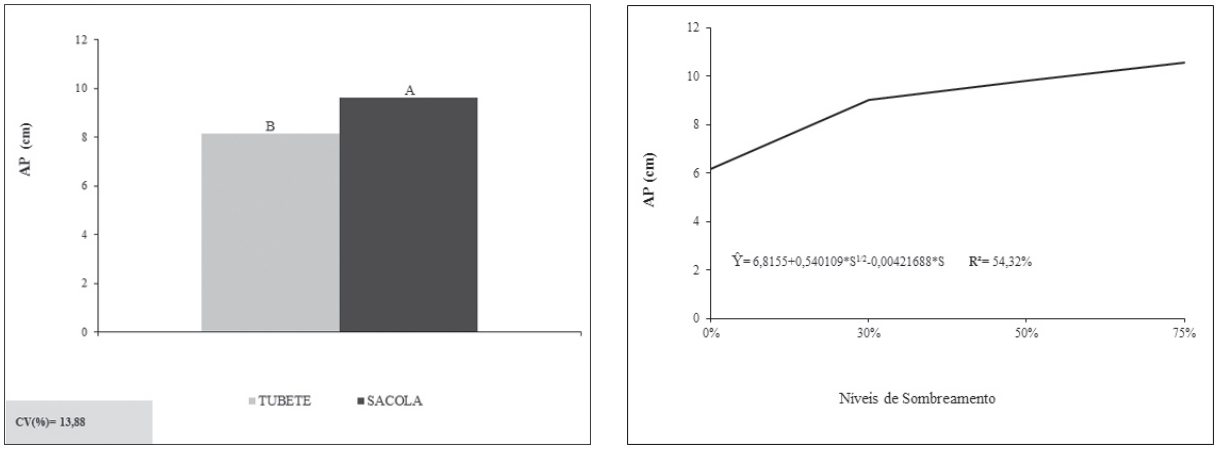


FIGURA 1 - Altura da planta de café conilon (AP), em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento. As médias diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

dos modelos usados na estimativa da curva de crescimento foram muito baixos, sendo representados pela média. Contudo, em sacolas, a curva de crescimento foi de efeito linear, sendo os maiores valores obtidos no nível de 75%. Tais resultados estão em conformidade com Fahl e Carelli (1994) e Ricci et al. (2006), que consideram ser esse um mecanismo usado pelo cafeeiro, que para compensar a menor luminosidade recebida, desenvolve folhas mais finas e maior área foliar. Por sua vez, maior área foliar implica em maior superfície de interceptação de luz, o que poderá resultar em taxas fotossintéticas mais elevadas, traduzindo-se num maior crescimento do vegetal (PARTELLI et al., 2006) (Figura 3).

O comportamento das mudas no que diz respeito à matéria seca da parte aérea (MSA), de raízes (MSR) e total (MST) são apresentados na Figura 4. Em geral, verificou-se diferença significativa para os recipientes nos níveis de sombreamento, com exceção para matéria seca da parte aérea e de raízes, nos níveis de 75% e de 0% e 30%, respectivamente. Ressalta-se que somente no nível de sombreamento de 30%, os maiores valores matéria seca da parte aérea e total foram obtidos em mudas formadas em tubetes, sendo que nos demais níveis e características avaliadas, a sacola superou o tubete.

A produção de matéria seca permite avaliar o crescimento de plantas em resposta à radiação solar incidente, em que a quantidade total acumulada constitui-se no reflexo direto da produção fotossintética líquida somada à quantidade de nutrientes (ENGEL, 1989). Em tubetes, a curva de

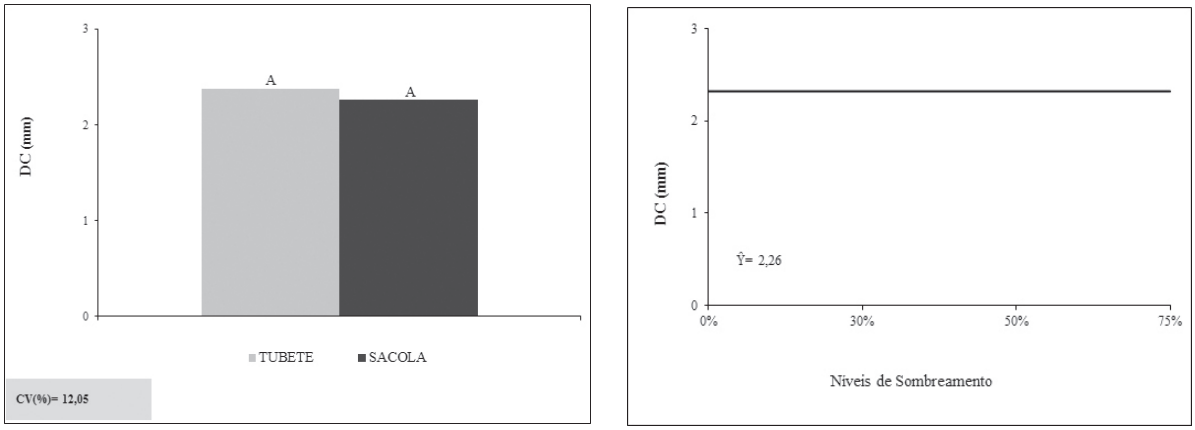


FIGURA 2 – Diâmetro do coleto de plantas de café conilon (DC), em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

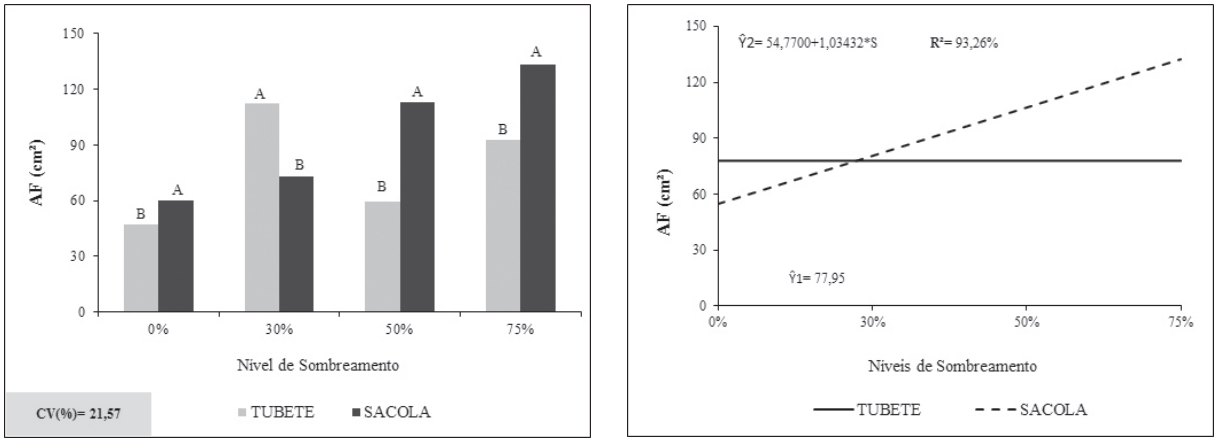


FIGURA 3 - Área foliar de plantas de café conilon (AF), em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

As médias diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% $\hat{Y}_1$= Tubete; $\hat{Y}_2$ = Sacola probabilidade.

crescimento de MSA, MSR e MST, mostrou efeito raiz quadrada, sendo os maiores valores obtidos nos níveis de 30% e 50%, e baixos valores a pleno sol e 75% de sombra. Já em sacolas, os modelos matemáticos usados na estimativa do crescimento apresentaram coeficientes de determinação muito baixos, tendo sido representados pela média. Desse modo, os valores de matéria seca total de 1,43g a 3,24g obtidos em tubetes e valor médio de 2,99 g obtido em sacolas, traduzem o bom crescimento das mudas nos níveis de sombreamento, cujos valores encontram-se acima da faixa estabelecida por Marana et al. (2008) considerada como sendo razoável (1,0 a 1,8 g).

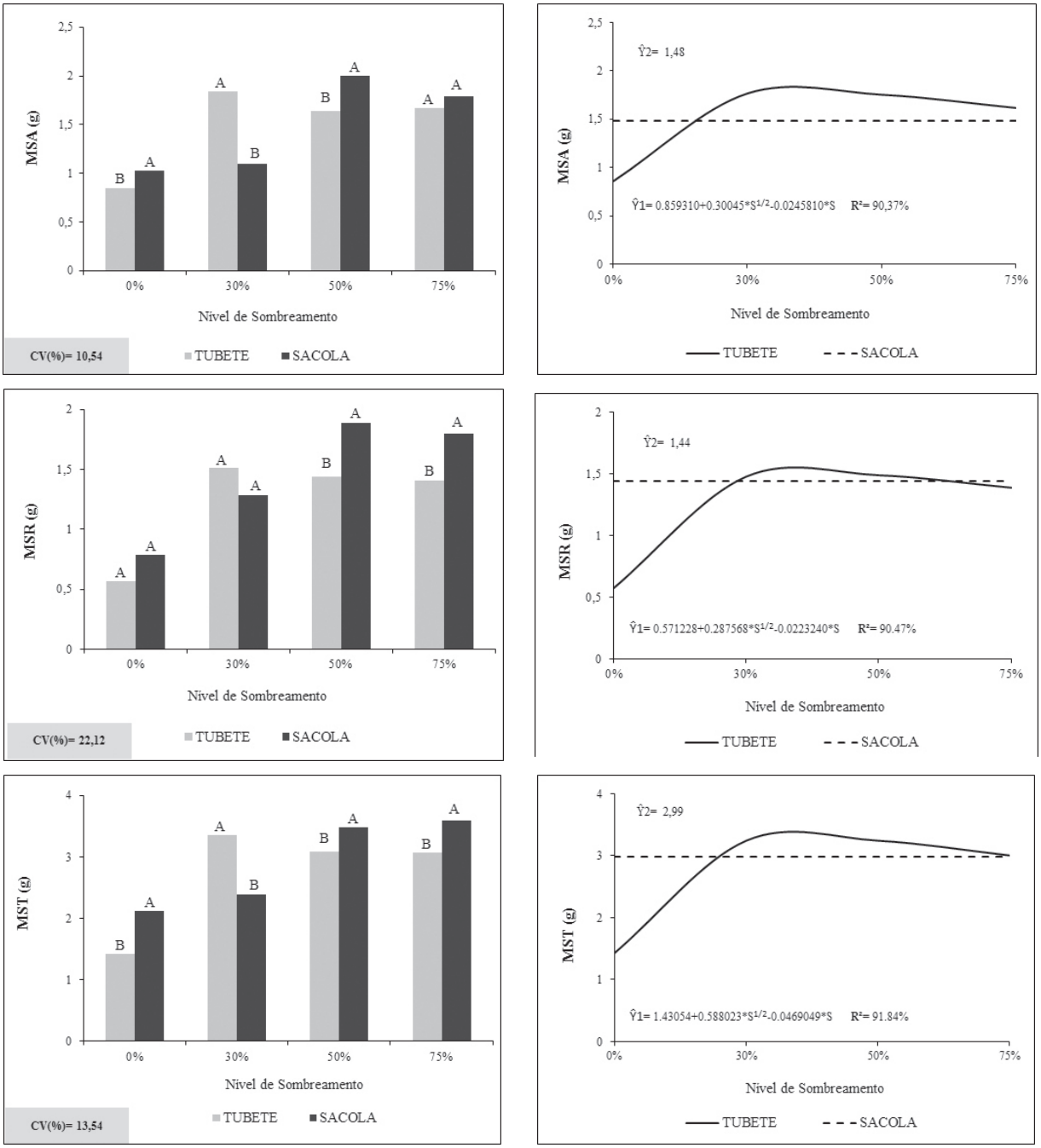


FIGURA 4 - Matéria seca da parte aérea (MSA), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de café conilon, em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de $\hat{Y}_1$= Tubete; $\hat{Y}_2$= Sacola Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

A análise de variância das características de qualidade de mudas de café conilon, indicou efeito significativo entre recipientes e níveis de sombreamento somente para o índice de qualidade de Dickson (IQD). Ressalta-se que, apenas no nível de sombreamento de 30% os maiores valores de IDQ foram obtidos em tubetes e que não foram observadas diferenças significativas entre os recipientes, nos níveis de 50% e 75%. Os índices de qualidade de Dickson variaram entre 0,35 e 0,54 para tubetes e 0,58 para sacolas. Tais resultados superaram o valor mínimo de 0,20 estabelecido por Hunt (1990) para obter-se uma muda de qualidade (Figura 5). Com isso, pode-se afirmar que o IQD é um bom indicador da qualidade das mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez (MST) e o equilíbrio da distribuição da fitomassa (RAD e RPAR), sendo mencionado por Johnson e Cline (1991) como uma promissora medida morfológica integrada.

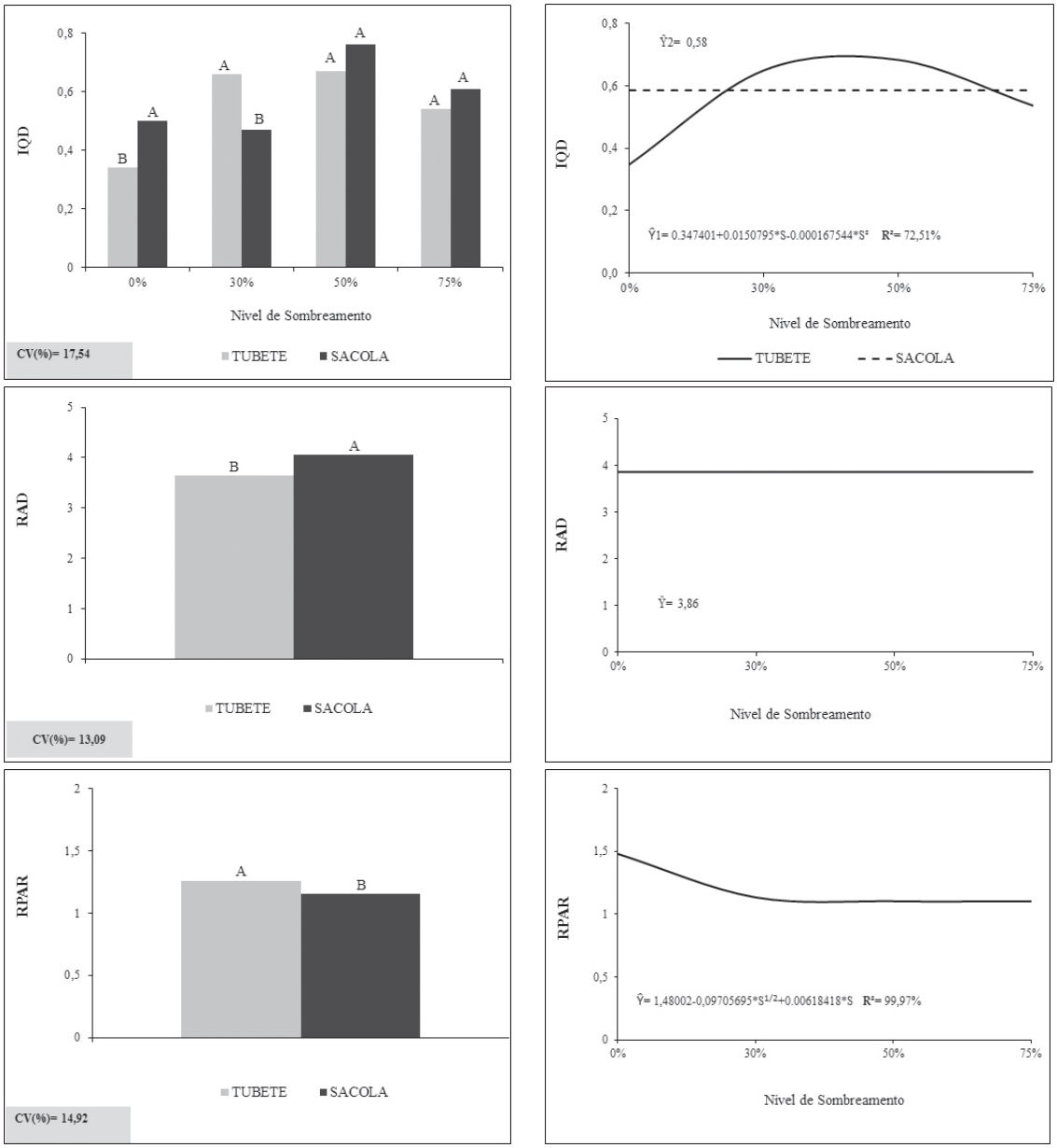


FIGURA 5 - Índice de qualidade de Dickson (IQD), relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD) e relação entre matéria seca da parte aérea e raízes (RPAR) de plantas de café conilon, em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo $\hat{Y}_1$= Tubete; $\hat{Y}_2$= Sacola teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

A relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD), os resultados obtidos em tubetes foram inferiores aos de sacolas. Quanto à análise de RAD nos níveis de sombreamento, verificou-se que a regressão foi não significativa, tendo sido representada pelo valor médio de 3,86. Tal resultado encontra-se no intervalo entre 3,5 a 4, que é recomendado por Marana et al. (2008).

Na análise da relação entre a matéria seca da parte aérea e raízes (RPAR), os resultados obtidos em tubetes foram superiores aos de sacolas, cujos índices variaram entre 1,48 a 1,10, com efeito de raiz quadrada. Esses valores são inferiores ao estabelecido por Marana et al. (2008), que consideram o intervalo entre 4 e 7 como sendo ideal. Índices superiores a 7 parecem revelar que a muda desenvolveu muita folha em detrimento das raízes. Com relação aos baixos valores de RPAR obtidos nessa pesquisa (inferiores a 4), indicam que as mudas não apresentaram bom desenvolvimento da parte aérea. Com isso, os índices de qualidade RAD e RPAR permitem avaliar a real qualidade das mudas, traduzindo-se em informações que podem auxiliar no manejo adequado das plantas jovens de café conilon em viveiro. Assim, ao ser identificado o crescimento excessivo e/ou reduzido das mudas pode-se alterar as condições de manejo do viveiro, tais como adubações, irrigações e sombreamento.

Em geral, os valores médios dos índices de qualidade das mudas formadas em tubetes e sacolas, nos diferentes níveis de sombreamento foram: 3,95 para a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto; de 1,2 para a relação de matéria seca entre a parte aérea e raízes e índice de qualidade de Dickson de 0,57. Entretanto, chama atenção o fato de que as mudas formadas a pleno sol, apesar do crescimento inferior ao de mudas sombreadas, apresentaram valor de IQD superior a 0,20 tido como condição mínima para obtenção de mudas de qualidade. Desse modo, depreende-se que a formação de mudas a pleno sol é uma opção que deve ser sempre considerada pelo cafeicultor ou pelo viverista, pela qualidade das mudas assim produzidas.

Na Tabela 1 é apresentada a análise de trilha de acordo com o modelo desenvolvido por Wright (1921) para melhor compreender as associações entre diferentes variáveis. De acordo com Silva et al. (2010), caracteres com altas correlações positivas com a variável principal e, com efeito direto em sentido favorável, indicam a presença de causa e efeito. Desse modo, a matéria seca total e o diâmetro do coleto foram as variáveis que exerceram grande efeito direto sobre o índice de qualidade de Dickson (IQD). Isso evidencia a sua importância na determinação

TABELA 1- Estimativas dos efeitos direto e indireto e do coeficiente de determinação (R^2) obtidas pela análise de trilha entre o índice de qualidade de Dickson (IQD), altura da planta (AP), diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSA), matéria seca de raízes (MSR), matéria seca total (MST), relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD) e relação entre a matéria seca da parte aérea e raízes (RPAR), de mudas de café conilon, formadas em tubetes e sacolas nos níveis de sombreamento de 0% (pleno sol), 30%, 50% e 75%.

Efeito de IQD	H	DC	AF	MSF	MSR	MST	RAD	RPAR
Direto	-0,642	0,329	0,024	-0,075	-0,090	1,216	0,009	-0,201
Ind. via H	-	-0,222	-0,522	-0,418	-0,455	-0,436	-0,552	0,340
Ind. via DC	0,114	-	0,088	0,081	0,107	0,092	-0,056	-0,089
Ind. via AF	0,020	0,007	-	0,012	0,015	0,014	0,017	-0,012
Ind. via MSF	-0,049	-0,018	-0,036	-	-0,061	-0,069	-0,042	0,027
Ind. via MSR	-0,064	-0,029	-0,057	-0,073	-	-0,084	-0,052	0,070
Ind. via MST	0,826	0,341	0,686	1,129	1,134	-	0,685	-0,709
Ind. via RAD	0,008	-0,002	0,006	0,005	0,005	0,005	-	-0,004
Ind. via RPAR	0,106	0,054	0,094	0,074	0,155	0,117	0,085	-
Total	0,319*	0,460*	0,284*	0,735*	0,811*	0,855*	$0,093^{ns}$	-0,577*
Coeficiente de Determinação				0,9817				
Efeito da Variável Residual				0,1353				

da qualidade das mudas de café conilon formadas em tubetes e sacolas nos níveis de sombreamento, constituindo-se em principais determinantes de suas alterações.

A matéria seca da parte aérea (MSA) e de raízes (MSR) apresentaram altas correlações positivas com IQD, com coeficiente de trilha em sentido contrário e efeito direto menor que o da variável residual, sendo sua importância dada somente em conjunto. Por sua vez, a altura da planta apresentou efeito direto superior ao efeito residual, contudo em sentido contrário e para explicar a variação de IQD, deve ser considerada a característica de crescimento que apresentar maior efeito indireto. Já a área foliar, também apresentou coeficiente de trilha menor que o efeito residual, o que traduz pequeno efeito direto sobre IQD.

A única variável que apresentou correlação negativa com IQD foi RPAR. Segundo Ribeiro Júnior e Melo (2009), quando o coeficiente é negativo, valores altos de uma variável estarão associados a valores baixos da outra. Assim, existe uma tendência do IQD diminuir com o aumento de RPAR. Ressalta-se ainda que a relação entre altura da planta/diâmetro do coleto (RAD), indicou correlação não significativa com IQD e, portanto, não apresentou relação de causa e efeito.

4 CONCLUSÕES

As mudas crescem melhor em sacolas do que em tubetes, com exceção do nível de 30% de sombreamento.

A qualidade das mudas mantidas a pleno sol é inferior ao obtido nos níveis de sombreamento.

A matéria seca total e o diâmetro do coleto são as variáveis mais propícias para indicar a qualidade das mudas de café conilon.

5 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, F. B. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de dickson em mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid e Pinus elliottii var. elliottii - Engelm**. 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ALVES, J. D.; GUIMARÃES, R. J. Sintomas de desordens fisiológicas em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro:** sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: UFLA, 2010. p. 169-215.

APHALO, P.; RIKALA, R. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. **New Forests**, Wageningen, v. 25, n. 2, p. 93-108, 2003.

BRAUN, H. et al. Produção de mudas de café conilon propagadas em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia**, Taparacá, v. 25, n. 3, p. 85-91, 2007.

CARVALHO, G. R. et al. Normas e padrões para a comercialização de sementes e mudas de cafeeiros em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 24-30, 2008.

CHAVES, A. de S.; PAIVA, H. N. de. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 22-29, 2004.

CUNHA, R. L. et al. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2002.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, Mattawa, v. 36, p. 10-13, 1960.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 1989.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Influência do sombreamento nas características fisiológicas envolvidas no crescimento de espécies de coffea. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: IAP, 1994. p. 289-290.

HENRIQUE, P. de C. et al. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 458-465, maio 2011.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY

ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICHAL REPORT RM-200, 1., 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: USDA, 1990. p. 218-222.

JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p. 143-162.

MARANA, J. P. et al. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.

MATIELLO, J. B. et al. Viveiro de mudas a pleno sol na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: MAPA/PROCAFÉ, 1997. p. 47.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Plantio e formação da lavoura cafeeira**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 42 p.

MORGADO, I. F. et al. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* ex Maiden, utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 27-33, jan./fev. 2000.

PAIVA, L. C.; GUIMARÃES, J. R.; SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arábica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 134-140, jan./fev. 2003.

PARTELLI, F. L. et al. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A. L. P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 288 p.

RICCI, M. dos S. F. et al. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 569-575, abr. 2006.

SILVA, C. J. da et al. Índice de qualidade de Dickson em mudas de cafeeiro, em função de porporções de material orgânico adicionado ao substrato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 37., 2011, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 2011. p. 107-108.

SILVA, J. I. et al. Desenvolvimento de mudas de *coffea canephora* PIERRE ex A. FROEHNER em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 38-48, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TATAGIBA, S. D. et al. Mudas de C*offea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

VALLONE, H. S. et al. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 55-60, jan./fev. 2010.

_____. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após o plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1327-1335, set./out. 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, p. 557-585, 1921.

AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONFORMIDADE VISANDO À INSERÇÃO DOS CAFEICULTORES NA CERTIFICAÇÃO E COMÉRCIO JUSTO (*FAIR TRADE*)

Sara Maria Chalfoun de Souza[1], Samantha Brettas Oliveira[2],
Fernanda Carvalho Costa[3], Paulo Cesar Avelino Novais[4]

(Recebido: 28 de setembro de 2012; aceito: 02 de julho de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste projeto, avaliar produtores da Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo - Minas Gerais (AFASA), quanto à adequação aos atributos exigidos pelo *fair trade* (comércio justo) e direcioná-los para a certificação. Como uma primeira etapa do presente projeto foi realizado o reconhecimento da situação atual da Associação de Cafeicultores de Economia Familiar de Santo Antônio do Amparo (AFASA) por meio de uma análise situacional e posteriormente foi avaliado o grau de conformidade da organização e dos associados quanto aos requisitos para a certificação *fair trade* determinando-se os índices de atendimento a requisitos sociais, ambientais e econômicos, os quais por sua vez foram avaliados de acordo com um conjunto de parâmetros ou subíndices. Os resultados foram apresentados em gráficos do tipo radial, permitindo a visualização dos balanços social, ambiental e econômico. A maioria dos requisitos apresentou indicadores de necessidade de melhoria visando ao atendimento das normas de certificação *fair trade*. A dimensão econômica foi a que se mostrou mais distante dos requisitos desejáveis para a certificação pretendida. Uma vez promovidas às adequações sugeridas, o grupo de produtores representado pela AFASA, estará apto a prosseguir nas demais etapas que conduzem à efetiva certificação *fair trade*.

Termos para indexação: Café, associativismo, certificação.

ASSESSING THE DEGREE OF CONFORMITY AIMING AT INTEGRATION OF FARMERS IN THE CERTIFICATION AND FAIR TRADE

ABSTRACT*: The objective of this project was to evaluate producers of the Association of Family Farmers of Santo Antônio do Amparo - Minas Gerais (AFASA) for suitability to the attributes required by fair trade (fair trade) and direct them to certificação.Como a first step of this project was conducted to recognize the current situation of the Association of Coffee Growers of Household Economy of Santo Antonio do Amparo (AFASA) through a situational analysis and then assessed the degree of conformity of the organization and members as to requirements for certifying fair trade by determining the rates of attendance to social, environmental and economic requirements which in turn were evaluated according to a set of parameters or sub-indices. The results were presented in graphs of the radial type, allowing visualization of social, environmental and economic swings. Most of the requirements presented indicators need to improve aiming to meet the standards of fair trade certification. The economic dimension was the one that was more distant from the desirable requirements for the desired certification. Once promoted to the suggested adjustments, the producer group represented by AFASA, will be able to continue in the remaining steps leading to effective fair trade certification.*

Index terms*: Coffee, association, certification.*

1 INTRODUÇÃO

A certificação é um instrumento para agregar valor a um produto. Ele aborda a crescente demanda mundial por produtos mais saudáveis, social e ambientalmente corretos e baseia-se na ideia de que os consumidores são motivados a pagar um prêmio ou melhores preços para produtos que atendam a determinados padrões definidos e garantidos com precisão (WISSEL et al., 2010).

Na cafeicultura, observou-se nas últimas décadas, o surgimento de canais não tradicionais de marketing, produção, e consumo representados pelos cafés-gourmet (ou especiais), orgânico, mercado justo ou *fair trade*, sombreados ou *bird-friendly* (amigo dos pássaros) e outros cafés certificados.Verfica-se que, a exemplo de outros países produtores, há um crescente esforço do setor cafeeiro na diferenciação do produto em relação ao sistema tradicional de produção.

Segundo a Tropical Commodity Coalizion (2012), a demanda mundial por cafés sustentáveis tem crescido rapidamente nos últimos anos, em relação aos cafés produzidos pelo sistema convencional. A produção de cafés sustentáveis está atualmente alcançando significantes níveis de penetração no mercado, contribuindo com cerca de 16% da produção global, ou seja, quase 134 milhões de sacas em 2010. As vendas de cafés sustentáveis apresentaram um crescimento

[1]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais / EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 Lavras - MG - chalfoun@epamig.ufla.br
[2,3,4]Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café - INCT/CAFÉ - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG samanthabrettas@gmail.com.br - fernandacostabio@gmail.com.br - pca_novais@hotmail.com

de 12 milhões de sacas, ou seja, 9% do consumo total.

Historicamente, no Brasil, a diferença de valores de melhor e pior qualidade do café é próxima de 30%, atingindo valores mais elevados quando consideramos cafés especiais (CARVALHAES, 2011). Em ambos os casos, o cafeicultor familiar está fora desses mercados. Esta situação é a mesma em todo o mundo e, em alguns casos, as condições dos pequenos produtores é agravada pela vulnerabilidade a eventos climáticos extremos apresentados por produtores de países como Honduras, Guatemala e Colômbia (NATCATSERVICE, 2011) ou por conflitos sociais, com os agravantes de escassa terra e água.

Com relação ao papel das associações no processo de certificação verifica-se que, alguns sistemas como a certificação *fair trade*, requerem que os cafeicultores sejam membros de associações ou cooperativas que funcionem democraticamente (FAIRTRADE INTERNATIONAL, 2007). A certificação é somente garantida às associações ou cooperativas e não diretamente ao produtor. Por outro lado, embora outros tipos de certificação, como a orgânica, seja concedida diretamente aos produtores, ela também requer que os produtores estejam ligados a algum tipo de organização por conveniência na aplicação dos procedimentos de inspeção bem como no compartilhamento dos custos. Esse requerimento fundamental de participação em associações ou cooperativas para acessar a rede de certificação, torna essa certificação do café inevitavelmente interligada a um sistema de associações ou cooperativas.

As cooperativas e associações destinam-se a ajudar seus membros a atingir suas metas econômicas e aspirações sociais. Como organizações democráticas e participativas, elas encorajam equidade e igualdade. Como entidades econômicas, elas proporcionam serviços comerciais aos seus membros. Como instituições localmente enraizadas, elas refletem os conceitos ambientais e sociais.

O movimento *fair trade* ou comércio justo tem-se postado como uma alternativa ao modelo de trocas internacionais centrados em forças de mercado. No *fair trade*, o elo consumidor admite pagar um "prêmio" e oferecer melhores condições comerciais ao elo produtor, visando propiciar-lhe um padrão de vida mais adequado, desde que os produtores cumpram um dado conjunto de normas relativas à produção e a alguns aspectos socioambientais (LEVI; LINTON, 2003; OLIVEIRA; ARAÚJO; SANTOS, 2008; VERENHITACH, 2007).

O comércio justo surgiu há cerca de 40 anos, por intermédio de organizações não governamentais e um grupo de produtores. As origens do *fair trade* estão no "consumo ético" que, por sua vez, teve início na Europa com a emergência de Organizações de Comércio Alternativo (ATOs, na sigla em Inglês), como Ten Thousand Villages (1946), Fair Trade Organisatie (1967) e Global Exchange (1988) (LEVI; LINTON, 2003).

Em 1988 , foi estabelecida a certificadora Holandesa Max Havelaar (a primeira a certificar "*fair trade*") e o primeiro produto certificado com o selo foi o café produzido pela União das comunidades indígenas da região do Istmo, UCIRI (VANDERHOFF BOERSMA, 2008). Conforme Laforga (2005), Max Havelaar era o nome de um romance do século XIX que criticava a forma como os trabalhadores das lavouras de café na Indonésia, então um colônia holandesa, eram tratados. Max Havelaar adotou a estratégia de destacar grandes torrefadoras e colocar o café *fair trade* dentro dos supermercados e, com isso, permitir maior acesso aos consumidores (LEVI; LINTON, 2003). Em pouco tempo, a iniciativa expandiu-se para outros países na Europa e seu rápido crescimento fez com que, em 1997, fosse estabelecida a *fair trade* Labellings Organizations Internacional (FLO), uma organização "guarda-chuva" que coordena o trabalho de 21 certificadoras de produtos *fair trade* (VANDERHOFF BOERSMA, 2008).

A certificação *fair trade* é destinada a pequenos produtores de café organizados em associações ou cooperativas. A característica principal é garantir um preço mínimo ao produtor que deve cobrir seus custos de produção e propiciar melhorias na sua qualidade de vida, não ficando o produtor sujeito às oscilações do mercado. Além disso, há um "prêmio" que deve ser destinado a um projeto social escolhido pelo grupo de produtores, bem como estímulo a contratos de longo prazo e ajuda na obtenção de crédito.

Bouroullec e Paulillo (2010) destacam o aprendizado de novas competências, o que integra o conhecimento das exigências sociais, econômicas e ecológicas do comércio justo como investimento específico para obtenção da certificação. Resultam em mudanças, em alguns aspectos ligados à

produção, ao transporte e à estocagem. Assim, com pequenos investimentos e boa remuneração pelo produto, a certificação passou a ser uma alternativa viável, para cafeicultores de economia familiar.

Dessa forma, a certificação *fair trade* é adequada sobretudo a pequenos produtores e não exige deles grandes investimentos em modificações das estruturas das propriedades, mas sim em mudanças de atitude. Dentre elas estão os aprendizados sobre trabalhos em associação com outros produtores, treinamentos sobre leis e segurança no trabalho, leis ambientais e planejamento da propriedade.

A certificação é reconhecida por assegurar aos produtores um preço mínimo suficiente para a cobertura dos custos necessários para a manutenção de uma produção sustentável. Uma vez que, em 15 dos últimos 22 anos, o preço global do café arábica esteve abaixo do preço mínimo *fair trade*. Atualmente, o preço mínimo para o café arábico certificado *fair trade* é de 140 centavos a libra e 110 centavos a libra para os cafés certificados *fair trade* ou preço de mercado se estiver acima, respectivamente para os grãos de café arábica e robusta, funcionando, portanto como uma espécie de hedge para as oscilações no mercado de commodities. Um prêmio adicional de 20 centavos por libra para investimentos na comunidade, projetos ambientais, como por exemplo, educação e cuidados com a saúde, melhorias nas propriedades para aumento de qualidade e produtividade, melhorias no processamento para aumentar os retornos. Há um prêmio extra de 30 centavos, por libra peso, por café certificado *fair trade* e orgânico (FAIRTRADE FOUNDATION, 2012; SAES, 2008).

Ao contrário das grandes empresas, o produtor típico de café *fair trade* enfrenta constantes dificuldades econômicas de custos de produção maiores do que o valor da saca, volatilidade de preço e dificuldades em comercializar o produto. Ainda assim, o pequeno produtor brasileiro que está inserido nesse segmento, encontra mais segurança e benefícios do que ao permanecer no mercado de cafés *commodity*. Os preços obtidos com a comercialização de cafés solidários garantem a manutenção e o desenvolvimento de comunidades por todo o mundo. O prêmio recebido é investido em obras sociais para a comunidade e para melhorar a qualidade do produto. Essa característica é cada vez mais importante para se comercializar dentro do nicho de cafés *fair trade*.

Deve-se destacar a importância de um ambiente de pesquisa, ensino e assistência técnica integral direcionada para os agricultores familiares, no sentido de garantir o sucesso da certificação. A contribuição do presente estudo está em se determinar o nível de organização de uma associação de cafeicultores familiares, representativa das principais regiões cafeeiras, e avaliar o grau de conformidade da associação e das propriedades rurais, com as principais exigências da certificação *fair trade*,que tem demonstrado ser a mais adequada para esse extrato de cafeicultores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada na Associação de Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo Família (AFASA), no sul do estado de Minas Gerais, o maior Estado produtor de café no Brasil. A associação foi fundada em março de 2008 e tem 46 membros, cujas propriedades apresentam áreas próximas de 12 ha, em média, e um total de 494,596 plantas de café, resultando em 903 plantas de café / ha.

O universo da pesquisa de campo considerado no estudo foi uma Associação de Cafeicultores de Agricultura Familiar do município de Santo Antônio do Amparo/MG. Essa associação foi escolhida como objeto de análise por se configurar como ideal aos objetivos do trabalho no que tange à busca pela certificação *fair trade.*

O método de pesquisa adotado para o trabalho foi o estudo de caso. Segundo Vin (1989, p. 23), esta "é uma forma de se fazer pesquisa empírica que investiga fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto de vida real, em situações em que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente estabelecidas, e em que se utilizam múltiplas fontes de evidência". Para aprofundar a descrição de determinado fenômeno, o investigador pode optar pelo estudo de situações típicas (similares a muitas outras do mesmo tipo) ou não usuais (casos excepcionais).

Optou-se pelo método do estudo de caso, por ser uma categoria de pesquisa cujo objeto de estudo foi analisado aprofundadamente (ALENCAR, 2000; TRIVIÑOS, 1987). Esses autores reforçam que o estudo de caso enfatiza a análise contextual detalhada de um limitado número de eventos ou condições e seus relacionamentos.

Adota-se um enfoque exploratório e descritivo, utilizando-se de uma variedade de dados coletados em diferentes momentos, por meio de variadas fontes de informação tais como a

observação e a entrevista. Apesar de ser um estudo essencialmente de caráter qualitativo, comporta também dados quantitativos para aclarar algum aspecto da questão investigada.

Os dados foram coletados junto aos membros da diretoria da Associação e junto aos cafeicultores associados. Os dados primários foram coletados por meio de entrevistas aplicadas na associação e nas fazendas, por meio da aplicação dos questionários semiestruturados, sendo que os principais tipos de dados coletados incluíram: características da Associação (regimento interno, funcionamento, composição, etc.); requisitos sociais avaliados segundo os parâmetros da liberdade de negociação, discriminação, direito à infância e à educação, condições de trabalho, desenvolvimento de capacidades e aptidões e condições de vida e educação; requisitos ambientais avaliados segundo os parâmetros: biodiversidade, agroquímicos, fertilidade do solo, água, detritos e energia; requisitos econômicos avaliados segundo os parâmetros de informações sobre o mercado, acesso ao mercado,qualidade do produto, comércio e cadeia de suprimento.

Após a aplicação dos questionários, os resultados foram tabulados agrupando-se os produtores quanto ao grau de atendimento dos diferentes requisitos, sendo os resultados expressos em porcentagem de produtores em cada grau de atendimento a esses requisitos, segundo a atribuição de subíndices variáveis de 1 a 3, sendo a menor nota atribuída às práticas sujeitas à correção e a maior nota à realização de forma desejável daquela prática. Posteriormente, por meio da média aritmética, obteve-se um índice para cada grupo de parâmetros, social,ambiental e econômico, sendo que os resultados foram representados em gráficos do tipo radial, permitindo a visualização dos balanços social, ambiental e econômico.

ETAPA 1: Diagnóstico gerencial e estrutural da Associação de Santo Antônio do Amparo (AFASA).

O diagnóstico gerencial e estrutural da Associação foi efetuado por meio de entrevista com a diretoria e observações efetuadas por meio de visitas ao local. No roteiro da entrevista foram efetuadas questões contidas nas normas para a certificação *fair trade*, o mesmo tendo ocorrido para as observações efetuadas (FAITRADE LABELLING ORGANIZATIONS INTERNATIONAL, 2009).

Realizou-se o reconhecimento da situação atual da Associação de Cafeicultores de Economia Familiar de Santo Antônio do Amparo (AFASA). Uma análise situacional produziu uma ampla visão do contexto da pesquisa-ação, práticas atuais dos participantes e envolvidos. Para tanto, foram realizados levantamentos sobre a atual situação da Associação em que se verificaram pontos positivos e pontos negativos, portanto, passíveis de sofrerem ações corretivas.

ETAPA 2: Grau de conformidade da AFASA e propriedades cafeicultoras, visando à certificação *fair trade.*

Efetuados os diagnósticos gerencial, estrutural e territorial da Associação de Santo Antônio do Amparo (AFASA), os dados foram tabulados e atribuídas notas quanto ao preenchimento dos parâmetros para a certificação *fair trade* (FAIRTRADE LABELLING ORGANIZATIONS INTERNATIONAL, 2009). Com base no grau de atendimento para cada item, foram atribuídas as seguintes notas:

- Prática sujeita à correção;
- Prática sujeita a melhoramento;
- Prática desejável.

Atribuídas as notas do atendimento de cada parâmetro, para um conjunto de i valores x_i com respectivos pesos p_i foram definidas médias ponderadas, segundo a expressão,

$\Sigma\, \mathbf{x_i} \bullet \mathbf{p_i} / \Sigma\, \mathbf{p_i}$, onde

X_i = nº de produtores em cada nota;
P_i = peso(nota) do requisito.

O tratamento dos dados foi realizado por meio do programa Microsoft Excel. A utilização da escala unificada de três pontos, para todos os indicadores, permitiu a construção de gráficos do tipo radial para os indicadores compostos, que forneceram uma representação visual extremamente didática das dimensões social, ambiental e econômica da avaliação do grau de conformidade dos requisitos para a certificação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnóstico gerencial e estrutural da AFASA

Entre os pontos positivos detectados na presente pesquisa encontram-se:

- A organização tem critérios de filiação de membros como definido em suas regras e regulamentos declarados (Regimento Interno da Associação).

• A associação não discrimina membros ou restringe novas filiações de membros com base em raça, cor, sexo, orientação sexual, deficiência, estado civil, idade, religião, opinião política, língua, propriedade, nacionalidade, etnia ou origem social.
• Dados sobre a situação dos membros são mantidos no escritório da Associação e atualizações regulares são fornecidas aos membros.
• A organização realiza, pelo menos, uma Assembleia Geral por ano.
• As maiorias dos membros da organização são pequenos produtores. Levantamento realizado demonstra que 70% dos associados utilizam mão de obra familiar para a condução de sua lavoura, sendo que o tamanho médio do módulo da cultura é de 3,5 hectares.
• A administração está estabelecida. Existem pessoas na organização responsáveis pela administração organizacional e pela contabilidade, embora sejam cedidas pela Força Café, braço social da Neumman Kafee Groupe NKG, NO Brasil.
• O relatório anual, orçamentos e contas da organização são apresentados e aprovados pela Assembleia Geral.

Entre os pontos negativos destacam-se:

• A associação ainda não exerce plenamente o seu papel na etapa de comercialização. Tal fato ficou evidenciado quando os associados foram questionados sobre o principal comprador do café; 85% dos associados responderam que o principal comprador de seu produto é o corretor e que, quando pesquisa o preço e mercado antes da venda, o faz por meio do próprio corretor. Questionados ainda sobre o principal mercado de atuação do produtor, 100% dos produtores responderam ser o mercado local ou regional.
• A Associação transferiu-se, recentemente, para uma sede própria e ainda não possui um plano de negócios e fonte de recursos que proporcionem a garantia de sua sustentabilidade.

Pontos a serem melhorados

• A Associação necessita prever os meios que garantam a sustentabilidade do funcionamento de seus setores.
• Planejamento transparente do negócio. Como parte de realização da pesquisa será elaborado um plano de negócios, o qual depois de validado pelos demais membros da Associação, será colocado em prática , atendendo a uma das exigências para a certificação *fair trade*.
• A organização deve estabelecer ou melhorar os mecanismos internos para facilitar o controle dos membros sobre a administração.
• Promoção da participação dos membros na administração e controle interno da organização, por meio de treinamento e educação.

Conformidade da AFASA e propriedades rurais, com os requisitos da certificação *fair trade.*

O sistema de certificação *fair trade* tem se mostrado como o sistema mais indicado para os cafeicultores da AFASA. Ele foi apresentado em Assembleia Geral para os associados, sendo que a maioria manifestou sua vontade em aderir ao sistema. Para tanto, a Associação e as propriedades devem ser avaliadas para verificação do grau inicial de conformidade das mesmas com os critérios genéricos de comércio justo (*fair trade*) para organizações de pequenos produtores, processo necessário para sensibilizar os cafeicultores quanto aos benefícios e exigências do sistema de certificação (VERENHITACH, 2007).

As Tabelas e Figuras a seguir representam a média de desempenho da AFASA (Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo) e das propriedades, considerando-se as dimensões social, ambiental e econômica, pilares comuns aos sistemas que promovem a sustentabilidade da atividade.

Pela Tabela 1, representa-se a situação dos cafeicultores de economia familiar, quanto ao atendimento dos principais parâmetros sociais visando à certificação (FAITRADE LABELLING ORGANIZATIONS INTERNATIONAL, 2009). De acordo com os resultados obtidos verifica-se que importantes parâmetros sociais apresentam-se como desejáveis, tais como a liberdade de negociação e o direito da infância à educação.

Considerando-se o primeiro parâmetro, embora a maioria dos produtores participantes da pesquisa comercialize localmente a sua produção, no decorrer da presente pesquisa outros canais de comercialização foram abertos e por meio da associação já foi efetuada uma primeira comercialização conjunta com significativo retorno para os cafeicultores.

Com relação ao parâmetro discriminação, a organização não discrimina membros ou restringe novas filiações a membros, com base em raça, cor, sexo, orientação sexual, deficiência, estado civil, idade, religião, opinião

TABELA 1 - Grau inicial de atendimento aos parâmetros sociais para a certificação *fair trade* apresentado pelo grupo de cafeicultores da Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo - AFASA - Minas Gerais, 2011.

Dimensão Social Parâmetros(subíndices)	1*	2	3
1-Liberdade de negociação			100*
2-Discriminação			100
3-Direito à infância e educação			100
4-Condições de trabalho	61,2	10,1	27,4
5-Desenvolvimento de capacidades e aptidões		100	
6-Condições de vida e educação		100	

*Porcentagem de associados.

política, língua, propriedade, nacionalidade, etnia ou origem social, preenchendo os requisitos mínimos exigidos pelas normas de certificação. No entanto, verifica-se a necessidade de identificação de grupos minoritários, por exemplo, as mulheres que poderiam ser chamadas a participarem ativamente da organização.

No parâmetro referente às condições legais de trabalho, verifica-se que, por tratar-se de uma situação específica de grande envolvimento da mão de obra familiar, a situação das normas referentes a registro, valores salariais e horários não são observadas por parte dos associados.

Quanto aos parâmetros desenvolvimento de capacidades e aptidões, condições de vida e educação observa-se que, embora avanços tenham sido atingidos pela associação no intuito de proporcionar significativas melhorias, uma parcela dos mesmos ainda declararam não terem sido atingidos por esses benefícios.

Na Figura 1, representa-se graficamente o indicador de conformidade quanto à dimensão social, como os pontos críticos indicados em cada vértice.

O gráfico radial mostra que os parâmetros sociais relacionados, como a liberdade de negociação (nota 3), direito à infância e à educação (nota 3) e desenvolvimento pessoal (nota 3) e discriminação (nota 3) são considerados bem desenvolvidos pelos associados, atendendo às condições mínimas exigidas para a certificação *fair trade*. No entanto, questões relativas às condições de vida e educação (nota 1,5), discriminação e condições de trabalho (nota 1,7) ainda deixam a desejar sob alguns aspectos, sugerindo espaço para melhorias. Esses fatores que se afastam do grau ideal de desenvolvimento estarão sujeitos a ações corretivas, a maior parte delas coordenadas pela Associação, enquanto principal responsável e sujeito da certificação.

FIGURA 1 - Grau de conformidade da AFASA (Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais) e das propriedades quanto à dimensão social (critérios *fair trade*).

Pelos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se a situação dos cafeicultores associados quanto aos principais parâmetros ambientais, visando à certificação *fair trade*.

Com relação à biodiversidade, observa-se que a maioria dos associados facilita e apoia a conservação de plantas e animais selvagens e de espécies ameaçadas de extinção, protegem e melhoram a flora nativa. No entanto, uma parcela dos associados ainda não realiza tais ações ou faz isso de maneira incorreta ou incompleta.

Quanto à questão dos agroquímicos, verificou-se que os efeitos de seu uso sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente precisam ser corrigidos pela maioria dos participantes da pesquisa em aspectos relativos ao armazenamento adequado desses produtos, respeitando as

distâncias recomendadas dos mananciais, residências e estradas construídos e equipados para reduzir os acidentes e os impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Com relação à fertilidade do solo, a maioria dos participantes declarou realizar práticas de conservação do solo, usar apropriadamente os fertilizantes e realizar o manejo da matéria orgânica.

O parâmetro água apresentou um atendimento inadequado pela metade dos participantes, tanto em aspectos relacionados à conservação dos recursos hídricos quantitativa e qualitativamente, quanto ao manejo das águas servidas. Situação semelhante refere-se à aplicação do manejo seguro dos detritos, incluindo embalagens. Observa-se ainda que, com relação ao uso de energia, uma expressiva parcela dos participantes da pesquisa não utiliza fontes de energia renováveis ou não tem controle do gasto de energia.

Pela Figura 2 , representa-se graficamente o indicador da conformidade quanto à dimensão ambiental, com os pontos críticos indicados em cada vértice. O gráfico radial mostra que a questão ambiental apresenta inúmeros pontos distantes do desejável e todos os pontos deverão ser trabalhados pela Associação para atender aos requisitos para a certificação.

Com relação aos agroquímicos (nota 1,5), o distanciamento do ponto ideal deverá ser corrigido com a implementação das boas práticas relacionadas ao armazenamento adequado dos defensivos e fertilizantes, bem como a disposição dos depósitos distantes dos mananciais, residências e estradas. Embora os entrevistados tenham respondido positivamente com relação ao uso adequado dos agroquímicos no que se refere à utilização de equipamentos de proteção individuais (EPIs) e recebimento de orientação técnica quanto à aplicação dos produtos, sugere-se o estabelecimento de um plano formal de capacitação e treinamento dos associados para a aplicação e manejo de produtos fitossanitários.

Quanto ao parâmetro manejo da fertilidade do solo, nota (2,39), verificou-se que uma parte dos associados embora realize as análises do solo, não realizam as adubações de acordo com os resultados obtidos. Ainda uma significativa porcentagem dos mesmos não realiza as análises foliares, medida indicativa do estado nutricional das plantas. Tais práticas conduzem à utilização mais eficiente dos fertilizantes, possibilitando, inclusive, a redução de seu uso.

Observando-se os gastos de energia (nota 1,90) e água (nota 1,82) verifica-se que um percentual significativo dos produtores não tem controle do gasto de água e energia, fontes não renováveis e cujo uso deve ser conhecido e minimizado.

O parâmetro manejo dos detritos ou resíduos (nota 2,6), apesar de ter se aproximado do ideal, deixa ainda margem para algumas correções, por uma parcela dos associados. Esse manejo dos resíduos não depende de elevados investimentos, mas, sobretudo, de mudança comportamental.

Nos resultados que constam da Tabela 3, representa-se a situação dos cafeicultores associados quanto aos principais parâmetros econômicos, visando à certificação *fair trade*. Verifica-se que, com relação ao parâmetro informações sobre o mercado, todos os participantes da pesquisa não têm acesso a informações transparentes, que os auxiliem no momento da comercialização de seu produto.

TABELA 2 - Grau inicial de atendimento aos parâmetros ambientais para a certificação *fair trade*, apresentado pelo grupo de cafeicultores da Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo- AFASA-Minas Gerais, 2011.

Dimensão Ambiental Parâmetros(subíndices)	1*	2	3
1-Biodiversidade	10,7	22,2	66,8
2-Agroquímicos	61,5	26,9	11,5
3-Fertilidade do solo	16,4	27,9	55,6
4-Água	52,2	14,3	33,6
5-Detritos	67,9	25,0	7,1
6-Energia	50,7	9,1	40,3

*Porcentagem de associados.

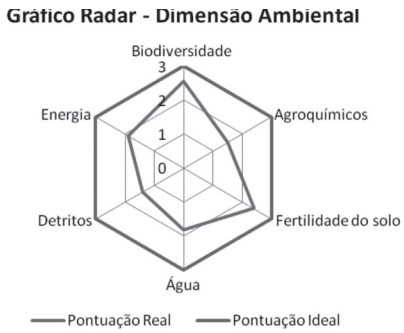


FIGURA 2 - Grau de conformidade da AFASA (Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais) e das propriedades quanto à dimensão ambiental (critérios *fair trade*).

TABELA 3 - Grau inicial de atendimento dos parâmetros econômicos para a certificação *fair trade*, apresentado pelo grupo de cafeicultores da Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo- AFASA-Minas Gerais, 2011.

Dimensão Econômica Parâmetros(subíndices)	1*	2	3
1-Informações sobre o mercado	100		
2-Acesso ao mercado		100	
3-Qualidade		100	
4-Comércio	100		
5-Cadeia de suprimento	100		

*Porcentagem de associados.

Com relação ao acesso ao mercado, observa-se que a Associação tem desenvolvido ações no sentido de ampliar a capacidade dos produtores, visando estabelecer canais alternativos de comercialização, inclusive a exportação, o mesmo ocorrendo com o aspecto de melhoria da qualidade, visando atender às exigências dos mercados compradores. O comércio ainda apresenta uma forte presença do intermediário fazendo com que grande parte da produção seja comercializada localmente. Com relação à cadeia de suprimentos, ainda não existem ações concretas que possibilitem o rastreamento dos processos e produtos empregados ao longo da cadeia produtiva.

A dimensão econômica (Figura 3) mostrou-se como a mais frágil dentro dos critérios de certificação. Observa-se que os requisitos de informação de mercado (nota 1,0), cadeia de suprimento (nota 1,0) qualidade (nota 2,0) e acesso ao mercado (nota 2,0) apresentam distâncias significativas das práticas consideradas ideais para a certificação. Por intermédio das informações apresentadas pelos associados no diagnóstico, verifica-se que existem falhas, tanto nas práticas atribuídas à associação, quanto nas práticas adotadas pelos cafeicultores. Verifica-se, portanto, a necessidade de evoluir sob vários aspectos relativos a essa dimensão, um dos pilares para a sustentabilidade da atividade.

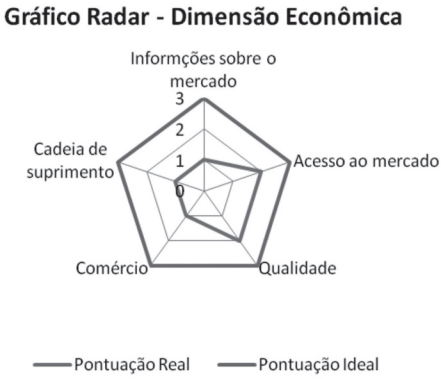


FIGURA 3 - Grau de conformidade da AFASA (Associação dos Agricultores Familiares de Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais) e das propriedades quanto à dimensão econômica (critérios *fair trade*).

4 CONCLUSÕES

As principais conclusões do estudo de caso foram:

O presente estudo demonstrou a necessidade de se promoverem processos educativos e de gestão, por meio da aferição do desempenho social, ambiental e econômico na escala das Associações e estabelecimentos rurais, com o objetivo de auxiliar na tomada das decisões.

A AFASA, Associação dos Cafeicultores Familiares de Santo Antônio do Amparo, apresenta um bom desempenho como estrutura democrática e participativa. Os associados atendem à parte dos parâmetros sociais, ambientais e econômicos que compõem as normas para certificação *fair trade*, com potencial de melhoria, para o que recomendações foram formuladas no presente trabalho.

Uma vez promovidas às adequações, o grupo de produtores representado pela AFASA, estará apto a prosseguir nas demais etapas que conduzem à efetiva certificação *fair trade*.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e FAPEMIG, pela concessão de bolsa e suporte financeiro para realização do projeto.

6 REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. **Métodos de pesquisa nas organizações**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 109 p.

BOUROULLEC, M. D. M.; PAULILLO, L. F. Governanças híbridas complementares aos contratos no comércio justo citrícola internacional. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 17, p. 761-773, 2010.

CARVALHAES, E. **Cotações de café Brasil**. Disponível em: <http://www.carvalhaes.com.br/cotacoes/cotacoes.asp>. Acesso em: 30 nov. 2011.

FAIRTRADE FOUNDATION. **Fairtrade and coffee:** commodity briefing. London, 2012. 25 p.

FAIRTRADE INTERNATIONAL. **Generic producer standards**. Boon, 2007.

FAIRTRADE LABELLING ORGANIZATIONS INTERNATIONAL. **Critérios genéricos de comércio justo para pequenos produtores**. Berlin, 2009. 33 p.

LAFORGA, G. Comércio Justo: impactos, desafios e tendências em uma análise do debate internacional. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2005. v. 1, p. 1-24.

LEVI, M.; LINTON, A. Fair trade: a cup at a time? **Politics & Society**, Los Altos, v. 31 n. 3, p. 407-432, Sept. 2003.

NATCATSERVICE. **World map of natural disasters**. Disponível em: <http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/georisks/natcatservice/annual_statistics.aspx>. Acesso em: 30 nov. 2011.

OLIVEIRA, R. F. de; ARAÚJO, U. P.; SANTOS, A. C. Efeito do Fair trade na cooperativa de agricultores familiares de café de Poço Fundo, MG. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 211-225, 2008.

SAES, M. S. M. **Estratégias de diferenciação e apropriação da quase-renda na agricultura:** a produção de pequena escala. 2008. 168 p. Tese (Livre Docência em Economia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987. 175 p.

TROPICAL COMMODITY COALITION. **Coffee Barometer 2012**. Disponível em: <http://www.teacoffeecocoa.org>. Acesso em: 26 set. 2012.

VANDERHOFF BOERSMA, F. The urgency and necessity of a different type of market: the perspective of producers organized within the fair trade market. **Journal of Business Ethics**, Dordrecht, v. 86, p. 51-61, 2008.

VERENHITACH, G. D. Comércio justo: o terceiro setor como ator social na consolidação de práticas alternativas de comércio. In: SEMINÁRIO NACIONAL MOVIMENTOS SOCIAIS, PARTICIPAÇÃO E DEMOCRACIA, 2., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Movimentos Sociais, 2007. p. 215-231.

VIN, R. K. **Case study research:** design and methods. Newbury Park: Sage, 1989.

WISSEL, S. et al. Certification and labeling. In: _____. **TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity for local and regional policy makers**. Washington: United Nations Environment Programme, 2010. p. 161-171.

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CAFEICULTURA CONSORCIADA COM MAMÃO NO NORTE DE MINAS GERAIS

Vânia Aparecida Silva[1], Matheus de Figueiredo Braga Colares[2], Fabrício Teixeira Andrade[3], Luiz Antonio Lima[4]

(Recebido: 01 de outubro de 2012; aceito: 14 de junho de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, determinar a viabilidade técnica e econômica do cafeeiro consorciado com o mamoeiro, em diferentes sistemas de plantio. Os sistemas avaliados foram cafeeiros em monocultivo, cafeeiros consorciados com mamoeiro nas linhas de plantio e cafeeiros consorciados com mamoeiro nas entrelinhas de plantio. O ensaio foi implantado em blocos ao acaso, com oito repetições. Os cafeeiros cultivados com mamoeiro na linha e entrelinha apresentaram maiores alturas e menores diâmetros do caule e número de nós do ramo plagiotrópico do que o cafeeiro em monocultivo. Entretanto, tais cafeeiros não diferiram do monocultivo quanto à uniformidade de maturação dos frutos, produtividade, renda média e classificação por peneira. Os sistemas de consórcio do mamoeiro com cafeeiro apresentam retornos econômicos positivos sem comprometer o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do cafeeiro. O consórcio do cafeeiro com mamão na linha apresenta melhor retorno econômico.

Termos para indexação: *Carica papaya* L., *Coffea arabica L.*, crescimento, manejo, produção.

ECONOMIC AND TECHNICAL FEASIBILITY OF COFFEE INTERCROPPED WITH PAPAYA IN NORTHERN MINAS

ABSTRACT: *The objective of this study was to determine the technical and economic feasibility of intercropping coffee with papaya in different tillage systems. The systems were evaluated in monoculture coffee, coffee intercropped with papaya in the rows and intercropped with coffee planting papaya between the lines. The experiment was installed in a randomized block design with eight replications. The coffee grown in line with papaya and spacing showed greater heights and stem diameters smaller number of nodes and the plagiotrophycal than coffee monoculture. However, such monoculture of coffee plants did not differ as to the uniformity of fruit ripening, productivity, income and average rating sieve. Systems consortium of papaya with coffee show positive economic returns without compromising the vegetative growth and yield of coffee. the consortium of coffee in line with papaya has better economic return.*

Index terms: *Carica papaya L., Coffea arabica L., growth, management, production.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é hoje o maior produtor de café do mundo, respondendo por 33% desse mercado, com um volume total de produção equivalente à soma da produção dos outros seis países mais produtores de café. Minas Gerais é o estado que se destaca, nesse cenário, como o maior produtor de arábica com sua produção distribuída principalmente nas regiões Sul de Minas, Zona da Mata, Triângulo Mineiro e Vale do Jequitinhonha (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013), sendo que recentemente, a tecnologia da irrigação vem permitindo a expansão da cafeicultura mineira também para a região Norte do Estado.

O Norte de Minas tem apresentado boas perspectivas de se tornar uma nova região cafeeira do Estado, pois apresenta vantagens como o crescimento significativo das plantas o ano todo, facilidade na mecanização, ausência de geadas e custo menor das terras (CAMARGOS et al., 2011). No entanto, a cultura foi introduzida na região há pouco tempo e alguns problemas têm sido verificados em função da alta radiação e das altas temperaturas, como a ocorrência de escaldadura e alta necessidade hídrica. A arborização surge como uma alternativa viável para pequenos produtores, dentre as práticas para minimizar a escaldadura. O sombreamento adequado pode permitir ao cafezal receber radiação solar suficiente e adequada, melhorar as condições microclimáticas, via redução dos extremos de temperatura, criar condições de conservação de umidade do solo, reduzir a evapotranspiração e possíveis danos pelos ventos (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

[1]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Unidade Regional Epamig Sul de Minas Campus da Universidade Federal de Lavras/UFLA - Rodovia Lavras/Ijaci - Km 02 – Cx. P. 176 - 37200-000 Lavras - MG vania.silva@epamig.br
[2,4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG - Cx. P. 3037 - 37.2000-000 - Lavras - MG matheus-colares@hotmail.com - lalima@ufla.br
[3]ReHAgro - Recursos Humanos no Agronegócio - Avenida Uruguai, nº 620 - Bairro Sion - 30310-300 - Belo Horizonte - MG fabricio.andrade@rehagro.com.br

O Norte de Minas é uma região que apresenta comprovado potencial para fruticultura tropical e essa pode ser uma alternativa para o cultivo consorciado com o cafeeiro. Entre as frutíferas com boas características para a arborização, com bom valor de mercado e sistema de comercialização na região, o mamoeiro surge como uma alternativa viável, pois possui um ciclo curto, em média 2 anos. O mamoeiro pode ser plantado na linha de plantio ou na entrelinha do cafeeiro, entretanto não há informações sobre qual sistema de plantio é mais adequado.

Considerando que as lavouras cafeeiras devem ser irrigadas desde a sua formação e que, nessa fase não há produção, o cultivo consorciado surge também como uma alternativa para otimizar a utilização da irrigação e para a geração de renda para o pequeno cafeicultor. Os fundamentos teóricos da "análise de projetos" permitem acessar essa viabilidade econômica dos sistemas consorciados. Segundo Buarque (1991), a análise de projetos (privados) considera a geração dos benefícios criados pelos projetos para atender às expectativas do proprietário, que avalia os aspectos financeiros e econômicos. Os primeiros se referem à disponibilidade de recursos para cobrir os desembolsos de implantação de um empreendimento, já os econômicos, relacionam-se ao custo de oportunidade do capital investido comparativamente a alternativas existentes. Os indicadores de viabilidade econômica mais utilizados são Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), que segundo Contador (1981), são essenciais para aceitação e classificação da rentabilidade dos projetos. Nesse contexto, objetivou-se determinar a viabilidade técnica e econômica de sistemas de plantio do mamoeiro consorciado com cafeeiro, no Norte de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Mocambinho pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, localizada em área do Projeto Jaíba, no extremo norte do estado de Minas Gerais, a e 15º05'S e 44º00'W, a 452m de altitude. O clima é caracterizado como semiárido, o relevo é plano e o solo aluvial siltoso. A precipitação média anual é de 750 mm, concentrada de novembro a março. Apresenta médias anuais de temperatura de 28ºC, insolação de 9,5h dia^{-1} e umidade relativa de 48%. Para a condução do experimento, em janeiro de 2010, foi plantado o café 'Catuaí Vermelho IAC 144', no espaçamento de 3,5 x 1,0 m. Em março de 2010, plantou-se o mamoeiro, do grupo Formosa, nos seguintes sistemas de plantio: mamoeiro na linha de plantio do cafeeiro e mamoeiro entre as linhas do cafeeiro, ambos no espaçamento de 3,5 x 2,0 m. O cafeeiro em monocultivo foi utilizado como testemunha. A implantação e a condução foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para o cafeeiro (REIS; CUNHA, 2010) e para o mamoeiro (RUGGIERO et al., 2011), em que os tratos fitossanitários foram realizados, acompanhando-se a sazonalidade da ocorrência das pragas e doenças. O sistema de irrigação utilizado foi aspersão convencional com aspersores do modelo LowFlow, com bocal cinza e bailarina verde, com 24 mca de pressão, aplicação de 850 l por hora, com raio de alcance de 10,8m. Os aspersores foram espaçados de 12m x 14m, com uma taxa de aplicação de água de 5,05 mm por hora.

As medições dos parâmetros biométricos do cafeeiro foram realizadas aos seis, 12 e 18 meses, após o plantio. As variáveis analisadas foram: diâmetro de caule (DC); número de ramos plagiotrópicos (NRP); altura das plantas (AP); comprimento dos ramos plagiotrópicos (CRP) e número de entrenós do primeiro ramo plagiotrópico (NEPRP). Aos 28 meses após o plantio do cafeeiro, foi realizada a primeira colheita. A produção foi medida pesando-se os frutos imediatamente após a colheita e, a seguir, uma amostra de cerca de três litros de cada parcela foi pesada e colocada para secagem ao sol. Depois de seco, o café em coco foi pesado, beneficiado e novamente pesado para se calcular a produtividade em sacas beneficiadas por hectare (sacas benef. ha^{-1}). A renda foi obtida dividindo-se o peso da amostra de café beneficiado pelo peso do café em coco, sendo os dados expressos em percentagem. A percentagem de frutos chochos foi estimada por meio da metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1957) e a classificação quanto ao formato do grão e à sua granulometria segundo Brasil, 2003.

Para se avaliar a produtividade do mamoeiro, foram realizadas colheitas no período de dezembro-2010 a junho-2011, totalizando 7 meses, com intervalo médio de quinze dias. Os frutos foram colhidos quando atingiram o estádio I de maturação. Após a colheita, foram avaliados o comprimento dos frutos, o peso dos frutos, o número de frutos por planta e a produtividade (t há$^{-1}$).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com oito repetições e cinco plantas úteis por parcela do cafeeiro e dez plantas úteis por parcela do mamoeiro. Foi adotado o esquema de parcelas subdivididas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), em que os tratamentos constituíram a parcela e as épocas a subparcela. A análise de variância foi pelo aplicativo computacional Sisvar e as médias submetidas ao teste de Tukey, ao nível de significância de 5% (FERREIRA, 2011).

Os indicadores de viabilidade econômica utilizados foram o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). O Valor Presente Líquido (VPL) é o retorno do investimento descontado em relação ao valor do dinheiro no tempo a uma taxa exógena, também definida como taxa de desconto. Assim o VPL é o somatório dos saldos de caixa líquidos (descontados) obtidos na vida útil do projeto. A taxa de desconto foi equivalente ao rendimento real médio da taxa do "sistema especial de liquidação e custódia" (SELIC) no período compreendido entre 2010 e 2012. O rendimento real foi a diferença entre a taxa SELIC e o "índice de preços ao consumidor amplo" (IPCA). A taxa de desconto calculada foi 4,50% ao ano. O VPL é calculado pela equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^{n} \frac{(E-S)_t}{(1+i)^t}$$

Em que, (E) são as entradas de caixa; (S), as saídas de caixa; (i), a taxa de desconto; e, (t), o período relativo a um saldo de caixa. (VPL > 0, viável; VPL = 0, rendimento igual à taxa de desconto, portanto, indiferente; VPL < 0, inviável). A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a taxa de desconto endógena gerada pelo projeto que torna o VPL igual a zero, que é definida como a taxa de juros composta oferecida pelo projeto. Ela é expressa pela equação:

$$VPL = 0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{(E-S)_t}{(1+TIR)^t}$$

Para a elaboração desses indicadores estruturaram-se os fluxos de caixa dos projetos, nesse caso, os tratamentos. Os resultados de avaliação econômica são relativos ao cultivo de um hectare e os coeficientes técnicos para o café e o mamoeiro estão descritos nas Tabelas 1 e 2. Os fluxos de caixa compreendem as entradas (receitas) e saídas de caixa (desembolsos), a partir de 2010 (período 1), quando o café e o mamão foram plantados e o sistema de irrigação foi montado. No primeiro período, ocorreram saídas de caixa devido à implantação do café e do mamão e ao investimento em irrigação.

Em 2011 (período 2), as entradas de caixa corresponderam apenas às receitas oriundas do mamão e as saídas de caixa aos tratos culturais das duas culturas. Em 2012 (período 3), as entradas e as saídas de caixa se referem apenas à cultura do café, pois essa produziu sua primeira safra e os mamoeiros já haviam sido removidos. As entradas de caixa da cultura do café foram calculadas pela multiplicação entre a produtividade e a média dos preços diários do café tipo 6 bebida dura em 2012, coletados pelo Centro de Estudos em Economia Aplicada (CEPEA/USP). Assim, para cada tratamento e em cada período calculou-se um saldo de caixa. Por se tratar de uma proposta para a agricultura familiar, já se prevendo a disponibilidade da terra e o uso de mão de obra familiar, não foram levados em consideração os custos com encargos trabalhistas e o investimento com a terra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos seis meses após o plantio do cafeeiro não foram observadas diferenças significativas para nenhum parâmetro biométrico (Tabela 3), ou seja, o desenvolvimento do cafeeiro não foi influenciado pelo cultivo do mamoeiro na linha ou na entrelinha do cafeeiro. Portanto, nessa fase o sombreamento do mamoeiro não causou efeitos sobre o crescimento do cafeeiro.

Aos doze meses de idade, o cafeeiro sob sombreamento do mamoeiro apresentou menor DC e menor CPRP que o cafeeiro em monocultivo, independente se o mamoeiro foi plantado na linha ou na entrelinha. Nessa fase e quanto aos demais parâmetros, AP, NRP e CPRP não houve diferença significativa entre os valores observados para cada sistema. Aos 18 meses de idade do cafeeiro foi realizada a última avaliação de crescimento. Nesse momento, o cafeeiro sob sombreamento do mamoeiro apresentou menor DC, menor NEPRP e maior AP do que o cafeeiro em monocultivo, independente se o mamoeiro foi plantado na linha ou na entrelinha. Segundo Tatagiba, Pezzopane e Reis (2010), o sombreamento pode contribuir significativamente para o decréscimo do diâmetro de caule de mudas de café e induzir as plantas a alocarem uma maior parte de seus recursos para crescer em altura, por meio do alongamento dos entrenós.

TABELA 1 - Coeficientes técnicos e operações para implantação e manutenção de 1,00 ha de cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo consorciado com mamoeiro, do plantio até primeira produção, em Mocambinho, MG

Insumos	Unidade	Sistema de cultivo		
		Cafeeiro Monocultivo	Cafeeiro com mamoeiro na linha	Cafeeiro com mamoeiro na entrelinha
Mudas de cafeeiro	Unid.	3150	3150	3150
Adubo orgânico	m^3	11,42	11,42	11,42
Calcário dolomítico	Sc	4	4	4
Superfosfato Simples	Kg	714,25	714,25	714,25
Adubo Formulado (20-00-20)	Kg	485,69	485,69	485,69
Adubo Formulado (20-05-20)	kg	238,1	238,1	238,1
Sulfato de amônio	Kg	2952,4	2952,4	2952,4
Cloreto de potássio	Kg	1181,85	1181,85	1181,85
Sulfato de zinco	Kg	2	2	2
Oxicloreto de cobre	Kg	0,89	0,89	0,89
Inseticida/Acaricida	Kg	3	3	3
Fungicida	kg	3	3	3
Herbicida	L	2	2	2
Ácido fosfórico	L	0,09	0,09	0,09
Espalhante adesivo	L	0,79	0,79	0,79
MÃO DE OBRA NO PREPARO DE SOLO, ADUBAÇÃO E PLANTIO				
Gradagem pesada	HM	1,5	1,5	1,5
Nivelação	HM	1	1	1
Sulcação	HM	0,7	0,7	0,7
Plantio	HD	25	25	25
Coveamento	HD	2	2	2
Marcação da área	HD	2	2	2
Adubação de plantio	HD	5	5	5
Replantio	HD	3	3	3
MÃO DE OBRA NOS TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS				
Adubação manual	HD	26,5	26,5	26,5
Aplicação de adubo orgânico	HD	2	2	2
Aplicação manual de defensivo	HD	20	20	20
Capina mecânica	HM	2	2	2
Capina química	HD	2	2	2
Capina manual	HD	141	98	98
Colheita, Secagem e beneficiamento	HD	85	85	85
IRRIGAÇÃO				
Consumo de energia elétrica	Kwh	4712	2712	2712
Mão de obra	HD	32	16	16
Água	1000 m^3	36	18	18

TABELA 2 - Coeficientes técnicos e operações para implantação e manutenção de 1,00 ha de mamoeiro em diferentes sistemas de plantios, consorciados com o cafeeiro (um ciclo do mamoeiro).

Insumos	Unidade	Sistema de cultivo	
		Mamoeiro na linha do cafeeiro	Mamoeiro na entre linha do cafeeiro
Sementes de mamão	L	0,5	0,5
Saquinhos	Unid.	4700	4700
Adubo orgânico	m^3	10	10
Calcário dolomítico	Sc	5	5
Superfosfato simples	Kg	215	215
MAP	Kg	57	57
Sulfato de amônio	Kg	633	633
Cloreto de potássio	Kg	350	350
Sulfato de zinco	Kg	21	21
Sulfato de magnésio	Kg	172	172
Inseticida/Acaricida	KG	0,5	0,5
Fungicida	L	1,63	1,63
Ácido fosfórico	L	0,05	0,05
Espalhante adesivo	L	1,95	1,95
MÃO DE OBRA NO PREPARO DE SOLO, ADUBAÇÃO E PLANTIO			
Formação das mudas/viveiro	HD	10	10
Plantio e replantio	HD	16	16
Adubação de plantio	HD	4	4
MÃO DE OBRA NOS TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS			
Sexagem	HD	4	4
Desbrota	HD	1	1
Adubação manual	HD	4,7	4,7
Aplicação manual de defensivo	HD	14,4	14,4
Adubação orgânica	HD	1	1
Capina	HD	0	68

Constatou-se que a produtividade do cafeeiro cultivado com mamoeiro na linha ou na entrelinha não diferiu da produtividade do cafeeiro em monocultivo (Tabela 4). O menor diâmetro do caule e menor número de nós dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros sob sombreamento não refletiu, portanto, em menor produtividade. Embora o sombreamento reduza o número de nós, característica vegetativa importante para a produção, o sombreamento pode aumentar outra característica importante para a produção, como o número de ramos no terço inferior em detrimento do superior. Compensações como essas podem ser razões pela qual a produtividade obtida não diferiu entre os sistemas de cultivo (RICCI; COSTA; OLIVEIRA, 2011). A primeira produtividade média de 31 sacas.ha^{-1}do cafeeiro nesses sistemas foi semelhante às produtividades de café irrigado monocultivo de regiões tradicionais de cultivo, como o cerrado mineiro (EVANGELISTA et al., 2011).

Os cultivos de mamão na linha ou na entrelinha não influenciaram também as características de rendimento, classificação quanto à peneira, defeitos e % de chochos. O rendimento de café em coco para café beneficiado foi, em média de 54,08 %, o que é considerado um bom rendimento (PAIVA et al., 2010). De acordo com a classificação do café por peneira, 48,83 % dos frutos foram classificados como chatos graúdos e 33,25 % como chatos médios. A classificação por peneiras é indicada por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto. A classificação quanto à peneira da

culivar Catuai 144, em diversos locais em Minas Gerais, relatam valores médios de chatos graúdos de 27,65 % a 43,5 % (BOTELHO et al., 2010; CARVALHO et al., 2010). O percentual médio de grãos do tipo moca foi de 10,16 %, o que indica boa granação. Isso indica que os cafés produzidos sob sombreamento ou a pleno sol no norte de Minas Gerais apresentaram uma % de peneira alta e uma boa granação, equivalente aos locais tradicionais de cultivo. Outro indicativo disso é que na análise da percentagem de frutos chochos, observou-se baixa ocorrência de "lojas vazias", com uma média de 10,83%. Em suma, os cafeeiros cultivados nos sistemas apresentaram, aproximadamente, percentual de 89 % de frutos bem granados, o que é considerado satisfatório (CARVALHO et al., 2006).

TABELA 3 - Valores médios de diâmetro de caule (DC), em cm; altura de planta (AP), em cm; número de ramos plagiotrópicos (NRP), comprimento do primeiro ramo plagiotrópico (CPRP), em cm e número de entrenós do primeiro ramo plagiotrópico (NEPRP) do cafeeiro, em diferentes sistemas de cultivo consorciado com mamoeiro em Mocambinho, MG.[1]

Parâmetros biométricos	Tempo (meses)	Sistemas de cultivo		
		Monocultivo	Mamoeiro na linha	Mamoeiro na entrelinha
DC	6	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa
	12	2,00 Bb	1,00 Aa	1,00 Aa
	18	3,00 Cb	2,5 Ba	2,25 Ba
AP	6	41,75 Aa	39,75 Aa	41,50 Aa
	12	70,75 Ba	76,75 Ba	77,75 Ba
	18	90,25 Ca	110,50 Cb	107,00 Cb
NRP	6	8,00 Aa	8,00 Aa	8,00 Aa
	12	26,00 Ba	22,00 Ba	26,00 Ba
	18	34,00 Ca	33,00 Ca	32,00 Ca
CPRP	6	17,13 Aa	17,93Aa	18,48 Aa
	12	47,38 Ba	43,30 Ba	43,30 Ba
	18	59,60 Ca	52,23 Ca	53,38 Ca
NEPRP	6	3,25 Aa	3,00 Aa	3,00 Aa
	12	15,75 Bb	11,50 Ba	12,50 Ba
	18	21,25 Cb	14,50 Ca	14,75 Ca

[1] Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 4 - Produtividade, renda média e percentagem de grãos chatos graúdos, médios, moca e chochos do cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo consorciados com mamoeiro em Mocambinho, MG

Sistema de Produção	Sacas benef. ha^{-1}	Renda (%)	Chatos graúdos (%)	Chatos médios (%)	Moca	Defeitos totais	Chochos
Mamoeiro na linha	26,50 a	53,75a	53,25 a	31,00 a	9,50 a	152,50a	11,00 a
Mamoeiro na entrelinha	32,25 a	56,00 a	47,75 a	34,50 a	10,75 a	138,00 a	12,50 a
Café em monocultivo	34,25 a	52,50 a	45,50 a	31,00 a	10,25 a	155,25 a	9,0 a
Média	31,00	54,08	48,83	33,25	10,16	148,5	10,83
CV(%)	13,76	2,91	16,92	12,37	22,54	32,99	21,09

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto à classificação do café quanto ao tipo de acordo com o percentual de defeitos e matérias estranhas e impurezas, os cafés cultivados em consórcio com mamoeiro ou em monocultivo apresentaram classificação tipo 6-45. Na classificação dos defeitos totais 47,5 % foi representado por grãos quebrados, o que pode ter sido ocasionado por má regulagem do descascador. Outros defeitos intrínsecos, café ardido, preto, concha representaram 9 %, 4,42 % e 26,44 % dos defeitos totais, respectivamente. Os defeitos extrínsecos provieram de 5,7 % de casca, 1,95 % de marinheiro e 0,48% de coco. Esses resultados evidenciam que os cafés produzidos, tanto sob sombreamento, como a pleno sol têm características semelhantes, segundo a Tabela Oficial para classificação do café quanto ao tipo (BRASIL, 2003). Tendo em vista que os defeitos, principalmente os quebrados, podem ser evitados ou até eliminados, por meio da utilização de técnicas apropriadas de colheita e pós-colheita do café, sugere-se a implantação ou intensificação de programas de qualidade de café na região, visando à inserção do café do Norte de Minas entre os cafés finos, obtendo-se com isso uma melhor remuneração aos produtores.

Quanto à avaliação da uniformidade de maturação dos frutos, verificou-se que os porcentuais de frutos cereja, verde e verde-cana não diferiram entre os cafeeiros em monocultivo e os cultivados nos diferentes sistemas de consorcio com mamoeiro (Tabela 5). Entretanto, quando se compara o porcentual de frutos passa/seco, verifica-se que os cafeeiros cultivados com mamoeiro na linha apresentam maior porcentual de frutos passa/seco do que os cafeeiros em monocultivo e com mamoeiro na entrelinha. Tendo em vista que as plantas de café e de mamão já se encontravam adensadas nessa fase, sugere-se que a competição por água das plantas na mesma linha possa ter reduzido a disponibilidade de água para o cafeeiro, o que possivelmente acelerou a maturação dos frutos (REZENDE et al., 2010).

Independente se na linha ou na entrelinha do cafeeiro, a produtividade do mamoeiro consorciado com cafeeiro foi de, aproximadamente, 140 ton ha^{-1} para sete meses de colheita, sendo que o número médio de frutos, por planta, foi 69,5 (Tabela 6). Não houve diferença também quanto aos parâmetros físicos dos frutos de mamão, nos sistemas de plantio avaliados. Os frutos apresentaram o peso médio de 1,41 kg e comprimento de 26,55 cm, portanto, são comercializáveis (SENTANIN; AMAYA, 2007). A produtividade do mamão irrigado varia de 80 a 120 ton ha^{-1} (GARCIA; BEZERRA; FREITAS, 2007; RUGGIERO et al., 2011).

TABELA 5 - Média das porcentagens de frutos verde, verde-cana, cereja, passa/seco do cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo consorciados com mamoeiro, em Mocambinho, MG

Sistema de Produção	Verde	Verde-cana	Cereja	Passa/seco
Mamoeiro na linha	6,00 a	11,00 a	52,75 a	30,25 a
Mamoeiro na entrelinha	9,00 a	23,75 a	52,50 a	14,75 a
Café em monocultivo	11,00 a	18,00 a	55,75 a	15,00 a
Média	8,66	17,58	53,67	20,00
CV(%)	33,21	37,90	20,58	40,04

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

TABELA 6 - Produtividade e características físicas dos frutos de mamoeiros, em dois sistemas de plantio consorciados com cafeeiro, em Mocambinho, MG

Tratamento	Produtividade (ton ha^{-1})	Nº Médio Frutos por planta	Peso Médio dos Frutos (Kg)	Comprimento Médio dos Frutos (cm)
Mamoeiro na linha	140,86 a	68,50 a	1,44 a	26,34 a
Mamoeiro na entrelinha	138,93 a	70,50 a	1,38 a	26,76 a
Média	139,94	69,5	1,41	26,55
CV (%)	20,04	14,84	5,41	13,21

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

A adoção de plantios consorciados que têm se mostrado mais apropriada para os agricultores familiares e/ou pequenos deve ser precedida também de uma avaliação sobre os ganhos econômicos que o sistema pode proporcionar para esses produtores. O café é uma cultura perene, com vida útil superior a vinte anos, o que a caracteriza como um investimento com retorno em longo prazo (LANNA; REIS, 2012). Neste trabalho, mesmo tendo-se considerado apenas uma produção de café, os indicadores de viabilidade permitiram definir se os sistemas consorciados de mamoeiro com cafeeiro geraram retornos econômicos (Tabela 7).

As produtividades de café foram significativamente iguais em todos os tratamentos, o mesmo ocorreu com as produtividades de mamão. Com isso utilizaram-se as médias para as análises de viabilidade econômica. A produtividade média de café na primeira colheita (período 3) foi de 31 sacas por hectare e a do mamão (período 2), 139,94 toneladas por hectare.

O monocultivo de café apresentou VPL negativo (-R$19.307,56) (Tabela 7). Esse resultado é compatível com a situação de monocultivo em primeira colheita, visto que há apenas um período de geração de entradas de caixa (período 3). O saldo desse período foi positivo (R$1.332,39), mas inferior ao saldo negativo acumulado nos períodos anteriores. Assim não há VPL positivo e tampouco se gera TIR.

O cultivo de mamão gerou elevados saldos de caixa positivos em todos os tratamentos que o continham. Esses saldos foram suficientes para amortizar o investimento inicial com a implantação dos cafeeiros e com a irrigação e ainda cobriram as saídas de caixa do cultivo do café, no segundo período. Os saldos de caixa acumulados dos tratamentos até o segundo período foram – R$-20.943,94 (“monocultivo”), R$26.046,20 (“mamão na entrelinha”) e R$27.763,20 (“mamão na linha”).

Os dois tratamentos com cultivo de mamão consorciado geraram indicadores semelhantes de viabilidade econômica. O “mamão na entrelinha” gerou VPL de R$ 25.450,29 e 165% de TIR. Já o “mamão na linha” auferiu um VPL de R$ 27.142,64 e TIR de 188%. A diferença entre eles deve-se a maiores saídas de caixa no “mamão na entrelinha” nos períodos 1 e 2, pois o controle de plantas daninhas demandou maior quantidade de serviços. Em “mamão na linha” essa atividade é aproveitada pelas duas culturas, visto que os mamoeiros estão dispostos entre duas plantas de café na linha. No terceiro período, todos os tratamentos tornaram-se monocultivos de cafeeiros, visto que os mamoeiros foram retirados da área após a colheita do mamão. Como os sistemas de cultivo se igualaram no terceiro período, com saídas de caixa iguais a (-R$11.315,61), a receita proveniente do café tornou-se a variável determinante. No entanto, significativamente as produtividades do café foram iguais entre os tratamentos. Dessa forma, até o terceiro período, as variáveis que determinaram maiores viabilidades econômicas foram: 1) existência de cultivo de café consorciado com mamão; e, 2) disposição das plantas de mamão.

Os resultados das análises indicam que o cultivo de café consorciado com mamão gerou retorno econômico superior ao monocultivo de café. O tratamento “mamão na linha” apresentou o melhor retorno econômico, pois apresentou o maior saldo de caixa acumulado ao final dos três períodos, o maior VPL e a maior TIR. A partir desses mesmos parâmetros, na sequência aparecem o “mamão na entrelinha” (resultados semelhantes) e o “monocultivo”. A partir das perspectivas econômica e financeira, o cultivo de mamão consorciado com café é viável e apresenta resultados atrativos aos agricultores.

TABELA 7 - Fluxo de caixa e indicadores de avaliação da viabilidade econômica de cultivos consorciados de mamoeiro com cafeeiro em Mocambinho, MG

Tratamento		1 - Monocultivo de café			2 - Mamão na Entrelinha			3 - Mamão na Linha		
Período		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Mamão	Entrada	0,00	0,00	0,00	0,00	53.177,20	0,00	0,00	53.177,20	0,00
	Saída	0,00	0,00	0,00	-4.848,54	-2.424,27	0,00	-3.703,87	-1.851,94	0,00
	Saldo	0,00	0,00	0,00	-4.848,54	50.752,93	0,00	-3.703,87	51.325,26	0,00
	Saldo acumulado	0,00	0,00	0,00	-4.848,54	45.904,39	45.904,39	-3.703,87	47.621,39	47.621,39
Café	Entrada	0,00	0,00	12.648,00	0,00	0,00	12.648,00	0,00		12.648,00
	Saída	-11.277,30	-9.666,64	-11.315,61	-11.277,30	-8.580,89	-11.315,61	-11.277,30	-8.580,89	-11.315,61
	Saldo	-11.277,30	-9.666,64	1.332,39	-11.277,30	-8.580,89	1.332,39	-11.277,30	-8.580,89	1.332,39
	Saldo acumulado	-11.277,30	-20.943,94	-19.611,55	-11.277,30	-19.858,19	-18.525,80	-11.277,30	-19.858,19	-18.525,80
TOTAL	Saldo	-11.277,30	-9.666,64	1.332,39	-16.125,84	42.172,04	1.332,39	-14.981,17	42.744,37	1.332,39
	Saldo acumulado	-11.277,30	-20.943,94	-19.611,55	-16.125,84	26.046,20	27.378,59	-14.981,17	27.763,20	29.095,59
	VPL		-19.307,56			25.450,29			27.142,64	
	TIR		-			165%			188%	

4 CONCLUSÕES

Os sistemas consorciados de mamoeiro na linha apresentam melhores retornos econômicos, sem comprometer o crescimento e a produtividade do cafeeiro.

5 AGRADECIMENTOS

Ao MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA), por meio da Secretaria de Agricultura Familiar (SAF), ao MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT), por meio da Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social (SECIS) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo suporte financeiro.

6 REFERÊNCIAS

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, 1957.

BOTELHO, C. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 1404-1411, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 22-29, 20 ago. 2003. Seção I.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266 p.

CAMARGOS, M. G. et al. Moscas frugívoras (Diptera: Lonchaeidae) em cafezais irrigados no norte de Minas Gerais. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 615-617, 2011.

CARVALHO, A. M. de et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

CARVALHO, G. R. et al. Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Mundo Novo' em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 583-590, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estudo de prospecção de mercado:** safra 2012/2013. Brasília, 2013. Disponível em: <http://http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf >. Acesso em: 11 jun. 2013.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Atlas, 1981. 301 p.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campos dos Goitacazes, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

EVANGELISTA, A. W. P. et al. Viabilidade financeira da produção de café irrigado em regiões aptas ao cultivo não irrigado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 137-146, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011.

GARCIA, F. C. de H.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, A. S. de. Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 136-141, fev. 2007.

LANNA, G. B. M.; REIS, R. P. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, ago. 2012.

PAIVA, R. N. et al. Comportamento agronômico de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, abr. 2010.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da. **Café arábica:** do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG, 2010. 896 p.

REZENDE, F. C. et al. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 229-237, dez. 2010.

RICCI, M. dos S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. de. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 44-54, abr. 2011.

RUGGIERO, C. et al. Cultivo tropical de fruteiras: mamão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, p. 73-81, out. 2011.

SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. Carotenoid levels in papaya and peach determined by high performance liquid chromatography. **Ciência e Tecnologia de Alimentos***, Campinas, v.* 27, n. 1, p. 13-19, mar. 2007.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics:** a biometrical approach. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Crescimento vegetativo de mudas de café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 251-261, dez. 2010.

FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS PARA CAFEEIROS FERTIRRIGADOS NO PRIMEIRO ANO PÓS-PLANTIO

Clayton Grillo Pinto[1], Rubens José Guimarães[2], Gabriel Mendes Villela[3], Myriane Stella Scalco[4]

(Recebido: 05 de outubro de 2012; aceito: 20 de maio de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, no trabalho, estabelecer faixas críticas de teores foliares e encontrar o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para cafeeiros fertirrigados no primeiro ano pós-plantio. O experimento foi conduzido em condições de campo no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, no período de março de 2010 a julho de 2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos, quatro repetições e subdivisão das parcelas no tempo. Os níveis de adubação foram 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% em relação à adubação padrão de 100%. Foram realizadas análises químicas das folhas em seis épocas de dois em dois meses, a partir de 28/12/2010. Em julho de 2012 foi obtida a produtividade de café (L planta^{-1}) na primeira colheita. Houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre a produtividade. Para lavouras fertirrigadas no primeiro ano de adubação após o plantio, o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 118,33% em relação à adubação padrão, utilizada para lavouras em formação não irrigadas. As faixas críticas encontradas e os níveis críticos sugeridos de teores foliares dos nutrientes para lavouras de café irrigadas no primeiro ano de adubação ficaram entre 27,3 e 34,8 g kg^{-1} para o nitrogênio; 1,5 e 3,3 g kg^{-1} para o fósforo e 21,8 e 28,4 g kg^{-1} para o potássio.

Termos para indexação: Análise foliar, nutrição mineral, cafeicultura irrigada.

CRITICAL RANGES OF LEVELS FOR PRIMARY LEAF MACRONUTRIENT COFFEE FERTIRRIGATED DURING THE FIRST YEAR AFTER PLANTING

***ABSTRACT**: The study had as objective to establish critical ranges of foliar and find the best level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium for coffee fertirrigated in the first year after planting. The experiment was carried out in field conditions in the Coffee Culture Sector of the Agriculture Department, Federal University of Lavras, MG, from March 2010 to July 2012. The experimental design was randomized blocks with six treatments, four replications and split plot on time. The fertilization levels were 10%, 40%, 70%, 100%, 130% and 160% in relation to standard fertilizer of 100%. Chemical analyzes of leaves were conducted in six seasons for every two months, from December 28, 2010. In July 2012 was obtained the coffee productivity (L plant^{-1}) at the first harvest. Significant effects of fertilizer levels on productivity. For fertirrigated crops in the first year of fertilization after planting, the best level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium is 118.33% in relation to standard fertilizer used for non-irrigated crops in formation. The critical ranges found and critical levels suggested of foliar levels from the nutrients for irrigated coffee crops in the first year of fertilization were among 27.3 and 34.8 g kg^{-1} nitrogen; 1.5 and 3.3 g kg^{-1} phosphorus; and 21.8 and 28.4 g kg^{-1} potassium.*

***Index terms**: Foliar analysis, mineral nutrition, irrigated coffee culture.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor e exportador e segundo maior consumidor de café do mundo, tem tido aumentos de produtividade a taxas superiores ao aumento da área plantada. A explicação para o bom desempenho está na modernização da cafeicultura brasileira, com a renovação de lavouras por meio de podas ou pela substituição de cafeeiros improdutivos por plantas jovens e com melhor potencial genético e também pelo emprego da irrigação.

No caso do café, que se trata de cultivo perene, eventuais erros cometidos na fase de implantação da lavoura podem comprometê-la por todo o ciclo produtivo. Dentro dos itens considerados primordiais para o sucesso da cafeicultura, além do bom material genético, pode-se citar: mudas de bom padrão, escolha e preparo da área para o plantio, implantação de quebra-ventos e adequada condução das plantas na fase de formação, para que no futuro venham ser produtivas. De acordo com Camargo e Camargo (2001), o cafeeiro leva dois anos para completar seu ciclo fenológico de frutificação, ou seja, no primeiro ano há o crescimento do ramo, para em seguida ser iniciado o desenvolvimento reprodutivo.

[1]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG claytonpinto15@gmail.com
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG rubensjg@dag.ufla.br
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG gabriel_villela_13@hotmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG msscalco@dag.ufla.br

Estudos quanto à adubação e nutrição adequadas do cafeeiro sem irrigação tem sido tema de diversos trabalhos científicos no Brasil, sendo que a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) elaborou as "Recomendações para o uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais", 5ª Aproximação (GUIMARÃES et al., 1999). Porém, dada às especificidades da cafeicultura irrigada, há necessidade de pesquisas relacionadas à nutrição e adubação do cafeeiro nesse tipo de cultivo.

Segundo Sobreira et al. (2011), lavouras de café fertirrigadas apresentam melhor desenvolvimento que as cultivadas em regime de sequeiro, justificando a fertirrigação no Sul de Minas Gerais. A fertirrigação consiste na aplicação dos nutrientes juntamente com a água de irrigação, e quando comparada ao sistema convencional de adubação possibilita ao cafeeiro aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, diminuição da compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas, redução nos gastos com mão de obra e, principalmente, maior eficiência na utilização dos nutrientes devido à possibilidade de parcelamento e de uniformização da distribuição dos mesmos (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007; SILVA; FARIA; REIS, 2003).

Trabalhos de pesquisa têm mostrado que, apesar dos benefícios da fertirrigação, cuidados devem ser tomados para evitar perdas de nutrientes no solo. Como constatado por Ernani et al. (2007), a adição de qualquer fertilizante ao solo, mesmo que em quantidades adequadas, pode afetar temporariamente a disponibilidade e a lixiviação de outros nutrientes, pois, ao ingressarem no sistema, eles alteram a composição da solução e promovem modificações nos equilíbrios químicos entre as fases sólida e líquida. Sobre o potássio, por exemplo, Neves, Ernani e Simonete (2009), em estudo sobre a influência de doses na lixiviação do solo, observaram aumento nas concentrações de K^+ na solução lixiviada com a elevação da dose de K_2O aplicada sendo que, a essa mesma conclusão chegaram Ernani et al. (2007).

A recomendação de adubação para cafeeiros irrigados ainda é conflitante entre os autores, e o problema é ainda maior quando se considera a fertirrigação. Sobreira et al. (2011) concluíram que a adubação de N e K para cafeeiro fertirrigado em formação (1º e 2º anos pós-plantio) deve ser 30% inferior à recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro. Porém, Santinato e Fernandes (2002) recomendam um acréscimo de 30% na dose para lavouras irrigadas de café em produção.

Pesquisadores ainda discutem a viabilidade da fertirrigação em regiões aparentemente sem limitações hídricas para o cultivo do café, como é o caso do Sul de Minas Gerais (SILVA; FARIA; REIS, 2003), questionando a necessidade de se irrigar nessas regiões. No entanto, consideráveis perdas de produtividade e qualidade dos grãos são observadas com a ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura (SILVA; TEODORO; MELO, 2008) mesmo nessas regiões. Além do fornecimento de água em fases fenológicas críticas, a fertirrigação permite aumentar a produtividade das lavouras e melhorar a qualidade dos frutos de café, reduzindo os custos com mão de obra durante as adubações (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007).

Também quanto à adubação, há divergências de recomendação. Guimarães et al. (1999) já estabeleciam para o cafeeiro cultivado em sequeiro as doses mais adequadas de N e K para adubação da lavoura em fase de formação (primeiro e segundo anos após o plantio), podendo ser divididas em três ou quatro parcelamentos, sendo que o fósforo poderia ser aplicado de uma só vez no sulco de plantio. Porém, Clemente et al. (2008) relatam que as doses recomendadas para a adubação do cafeeiro no primeiro ano situam-se entre 71% e 112% da adubação padrão recomendada por Guimarães et al. (1999) para todos os nutrientes, de forma independente da aplicação ser sólida ou líquida. Ainda sobre parcelamentos de adubação, Sobreira et al. (2011) concluíram que o parcelamento ideal para lavouras irrigadas em formação é de 12 vezes durante o ano.

Quando se trata de lavouras de café em produção existem duas ferramentas que auxiliam nas recomendações técnicas para as adubações: nível crítico e faixa crítica (ou faixa de suficiência) de teores foliares de nutrientes. O nível crítico é definido como aquela concentração em uma parte específica da planta, em determinado estádio de crescimento, na qual ocorre redução de 5% ou de 10 % na produtividade máxima (SUMMER, 1979).

Faixa crítica, por sua vez, é a extensão do critério no nível crítico. Pode ser definida como a faixa de concentração do nutriente acima da qual há razoável segurança de que a cultura está adequadamente suprida do nutriente e, abaixo dela, há razoável segurança de que a cultura está tão deficiente do nutriente que a produção será negativamente influenciada (FONTES, 2001). Segundo o mesmo autor, quanto maior o desvio da concentração adequada na amostra analisada, no

tocante à deficiência, maior será a probabilidade de resposta da cultura à aplicação do fertilizante. Para a determinação de faixas críticas, Reuter e Robinson (1988) recomendam que essas sejam determinadas nas plantas que apresentarem 90% do crescimento máximo, o qual pode ser estabelecido a partir de medições e contagens realizadas nas plantas em estudo e também pela produtividade obtida na colheita.

Diversos procedimentos podem ser utilizados para definir o nível crítico ou a faixa crítica de um nutriente na matéria seca da planta, sendo que neste trabalho utilizou-se o método proposto por Fontes (2001).

Alguns autores propuseram valores de faixas e níveis críticos para lavouras em produção. Martinez et al. (2003) encontraram faixas críticas das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras cafeeiras não irrigadas de alta e baixa produção em quatro regiões do estado de Minas Gerais. A amplitude das faixas críticas do nitrogênio nesses trabalhos foi de 25,2 a 32,8 g kg^{-1} para alta produção e de 23,5 a 31,3 g kg^{-1} para baixa produção. Para o fósforo, a variação foi de 1,1 a 1,9 g kg^{-1} nas lavouras de alta produção e de 0,9 a 3,2 g kg^{-1} nas lavouras de baixa produção. No caso do potássio, houve variação de 18 a 33,1 g kg^{-1} e de 20,4 a 30,8 g kg^{-1}, respectivamente. Para cafeeiros de alta produtividade (acima de 50 sacas beneficiadas ha^{-1}) Bataglia (2004) estabelece os níveis críticos foliares de 32,7 g kg^{-1} de N; 1,7 g kg^{-1} de P e 23,5 g kg^{-1} de K.

Assim, a determinação dos níveis ou faixas críticas pela análise química das folhas é importante ferramenta para a correção de deficiências, principalmente por possibilitar a detecção e correção antes do aparecimento de sintomas e consequentes alterações internas, que certamente já terão comprometido as plantas. Não se dispõe, atualmente, dessas ferramentas para lavoura fertirrigada no primeiro ano de adubação, o que justifica a realização deste trabalho, e também porque a literatura traz poucas informações para cafeeiros irrigados em fase de formação.

Objetivou-se, no presente trabalho, estabelecer faixas críticas de teores foliares e encontrar o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café fertirrigadas no primeiro ano pós-plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lavras, Minas Gerais, em área pertencente ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (DAG/UFLA) em altitude de 910 metros, latitude sul de 21º14’06” e longitude de 45º00’00” W Gr.

O clima é classificado como Cwa, temperado chuvoso com inverno seco e verão chuvoso, e subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22,8 ºC, em fevereiro. A precipitação anual média é de 1.460 mm, com a maior e a menor precipitação mensal normal de 321 mm em janeiro e 7 mm em julho. A temperatura média anual é de 20,4 ºC, variando de 17,1 ºC em julho a 22,8 ºC em fevereiro. A evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) variam de 899 a 956 mm e de 869 a 873 mm, respectivamente (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho-escuro distroférrico de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006). As amostras para análise química e física foram coletadas nas camadas de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm de profundidade, e os resultados podem ser vistos na Tabela 1.

A correção da acidez do solo e aplicação dos fertilizantes nos sulcos de plantio foram feitas seguindo as recomendações de Guimarães et al. (1999).

Os cafeeiros (*Coffea arabica* L.) destinados ao experimento foram plantados em março de 2010 com mudas convencionais da cultivar Topázio MG-1190, no espaçamento de 2 metros entrelinhas e 60 centímetros entre plantas nas linhas (2,0 x 0,6 m).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas por seis tratamentos (doses de NPK) e as subparcelas por seis épocas de avaliação dos teores foliares. Cada parcela constou de oito plantas (9,6 m^2), sendo seis plantas na parcela útil (7,2 m^2), perfazendo o total de 144 plantas avaliadas em 172,8 m^2. Foram consideradas bordaduras, duas plantas (uma em cada extremidade) de cada parcela e uma fileira de plantas adjacente a cada fileira de parcelas úteis. O experimento totalizou uma área de 691,2 m^2 ocupada com 576 plantas, sendo que as bordaduras receberam os mesmos tratamentos das parcelas avaliadas.

Os tratamentos constaram de seis níveis de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), correspondentes a 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão (100%),

recomendada por Guimarães et al. (1999) para adubação no primeiro ano pós-plantio, em função de análise do solo para lavoura de sequeiro.

Os fertilizantes contendo nitrogênio e potássio foram aplicados via fertirrigação em doze parcelamentos iguais, conforme sugerido por Sobreira et al. (2011), enquanto que a adubação fosfatada foi distribuída nos sulcos de plantio, considerando as mesmas porcentagens em relação à recomendação padrão de Guimarães et al. (1999).

Nitrogênio, fósforo e potássio foram fornecidos na forma de uréia (45% de N), superfosfato simples (18% de P_2O_5) e nitrato de potássio (12% de N + 43% de K_2O). Cálcio, magnésio e enxofre foram fornecidos pelo calcário e pelo superfosfato simples. Os micronutrientes foram aplicados em três pulverizações foliares, de acordo com Guimarães et al. (1999).

No sistema de irrigação localizada foram utilizados gotejadores autocompensantes, com vazão nominal de 4 L $hora^{-1}$. As irrigações, quando necessárias, foram realizadas às terças e sextas-feiras, e o volume de água aplicado foi calculado por meio de dados climáticos obtidos na estação meteorológica instalada nas proximidades da área experimental. O método utilizado para os cálculos foi o de Penman-Monteith, adotado como padrão pela *Food and Agricultural Organization* (FAO), para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) (VESCOVE; TURCO, 2005).

A cada 15 dias a pressão do sistema foi aferida por meio de manômetro, nos cavaletes de saída da água para cada tratamento, tendo-se mantido constante ao longo de todo o período de condução do experimento.

A área experimental contou com tratamento fitossanitário, visando controlar pragas (bicho mineiro e ácaro vermelho) e doenças (ferrugem e cercosporiose), utilizando produtos registrados para o cultivo do cafeeiro e seguindo as orientações contidas nas respectivas bulas. Para o manejo de plantas invasoras utilizaram-se métodos alternativos, como capinas e roçadas manuais, aplicação de herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes registrados para a cultura e indicados para as plantas-alvo predominantes no local. A eliminação de ramos ladrões foi feita manualmente por meio de desbrotas, de acordo com a necessidade.

TABELA 1 - Caracterização química e física da área experimental.

Característica	0 a 20 cm	21 a 40 cm
Ph	5,50	5,20
Fósforo remanescente - Prem (mg L^{-1})	23,48	14,87
Fósforo disponível - P (mg dm^3)	76,08	10,43
Potássio trocável - K^{2+} ($cmol_c$ dm^3)	0,28	0,15
Cálcio trocável - Ca^{2+} ($cmol_c$ dm^3)	3,77	2,12
Magnésio trocável - Mg^{2+} ($cmol_c$ dm^3)	0,88	0,35
Alumínio trocável - Al^{3+} ($cmol_c$ dm^3)	0,20	0,40
Hidrogênio + Alumínio - H+Al ($cmol_c$ dm^3)	4,70	6,44
Capacidade de troca catiônica - T ($cmol_c$ dm^3)	9,62	9,06
Mg (T%)	9,12	3,89
Ca (T%)	39,11	23,36
K (T%)	2,87	1,64
Índice de saturação por bases - V (%)	51,20	28,90
Índice de saturação por alumínio - m (%)	2,23	7,76
Matéria orgânica (dag kg^{-1})	3,84	3,28
Areia (%)	27,00	23,00
Silte (%)	20,00	9,00
Argila (%)	53,00	68,00

pH em água; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1mol L^{-1}; H + Al: extrator SMP; matéria orgânica: oxidação $Na_2Cr_2O_7$ 4N + H_2SO_4 10N.
Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Material Vegetal da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeeira (Fundação PROCAFE).

As amostragens de folhas para análise química foram feitas em seis épocas: E1 (28/12/2010); E2 (23/02/2011); E3 (03/05/2011); E4 (30/06/2011); E5 (01/09/2011) e E6 (28/10/2011). A correspondência dessas épocas com os períodos do ano para efeito de faixas críticas foi: E1 = novembro/dezembro; E2 = janeiro/fevereiro; E3 = março/abril; E4 = maio/junho; E5 = julho/agosto e E6 = setembro/outubro.

As folhas foram sempre coletadas com, pelo menos, 30 dias depois da última fertirrigação e/ou adubação foliar. Foram coletadas 32 folhas de cada parcela útil, do terceiro ou do quarto par de folhas adultas, contados a partir do ápice dos ramos, na altura média do cafeeiro e dos dois lados da planta, no sentido perpendicular à fileira de plantas. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Material Vegetal da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeeira, localizado no município de Varginha - MG, tendo sido determinados os teores foliares dos nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco).

Avaliou-se a produtividade de frutos de café (L planta^{-1}), obtida em julho de 2012, colhendo-se o total de frutos em cada parcela útil e dividindo pelo número de plantas úteis da parcela.

Com o efeito significativo dos níveis de nutrientes sobre a produtividade de café, obteve-se a equação de regressão para produtividade (L planta^{-1}) em função de diferentes níveis aplicados de N, P e K. Derivando-se a equação encontrou-se o nível máximo de N, P e K que possibilitou obter a máxima produtividade. Em seguida, calculou-se 90% desse nível, o que possibilita obter 90% da máxima produtividade ou do máximo crescimento (REUTER; ROBINSON, 1988). O valor obtido foi substituído na mesma equação de regressão, encontrando-se os termos “a”, “b” e “c” que possibilitaram utilizar a fórmula resolutiva de Bhaskara, por meio da qual foram identificados o limite inferior e o limite superior dos níveis de adubação que possibilitam obter pelo menos 90% da máxima produtividade.

As faixas críticas dos teores foliares foram obtidas como recomendado por Fontes (2001), pela associação da equação de regressão da característica avaliada (produtividade) com as equações de regressão dos teores foliares dos nutrientes N, P, e K, em cada época de avaliação, utilizando os limites encontrados pela fórmula resolutiva de Bhaskara.

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional SISVAR, versão 5.3, desenvolvido por Ferreira (2000).

Para análise estatística adotou-se a subdivisão no tempo para as análises foliares, uma vez que se propôs determinar as faixas críticas de teores foliares de N, P e K por períodos sucessivos de dois meses durante o ano.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comprovado o efeito dos diferentes níveis de adubação, sobre a produtividade na primeira colheita aos 28 meses de idade da lavoura, ficou claro que a produtividade do cafeeiro é determinada em função do desenvolvimento da planta no ano anterior, envolvendo as diversas fases do florescimento e frutificação (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

As parcelas foram colhidas em julho de 2012, e a análise de variância para produtividade de frutos de café (L planta-^{1}), em função de níveis de adubação NPK indicou efeito significativo para doses (CV=37%).

Foram colhidos em média 0,68 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 10%; 1,27 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 40%; 2,98 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 70%; 4,08 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 100%; 3,81 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 130% e 3,03 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 160%.

Em se tratando de um fator quantitativo, aplicou-se a análise de regressão aos dados obtidos e ajustou-se ao modelo de regressão de segundo grau (Figura 1).

As faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio foram determinadas partindo-se da equação de regressão para produtividade de frutos de café (L planta^{-1}), em função da aplicação de diferentes níveis de adubação NPK.

O nível de N, P e K para obtenção da máxima produtividade, corresponde a 118,33% da adubação padrão utilizada para lavoura de sequeiro em produção e foi obtido a partir da derivação da equação de regressão elucidada na Figura 1. Substituindo esse valor na mesma equação obteve-se a máxima produtividade: 3,74 L planta^{-1}. Calculou-se 90% desses valores encontrando-se 106,5% e 3,37 L planta^{-1}, respectivamente. É importante observar que o melhor nível de NPK encontrado para determinação das faixas críticas (106,5%) está muito próximo da recomendação padrão preconizada por Guimarães et al. (1999) que, neste trabalho, correspondeu ao nível de 100%.

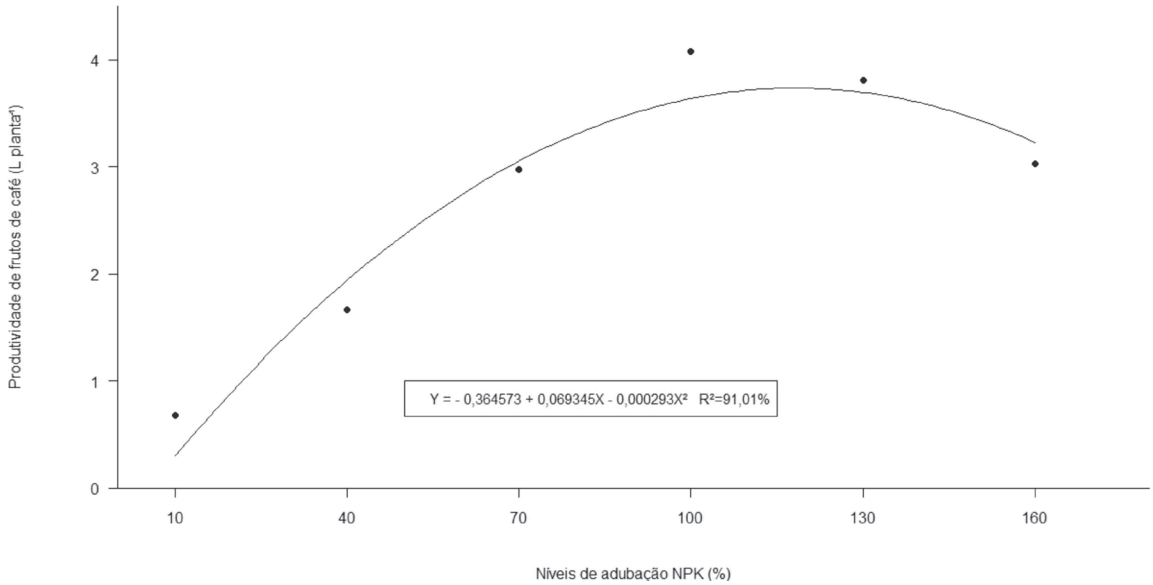


FIGURA 1 - Produtividade de frutos de café (planta^{-1}), em função de níveis de adubação NPK (%).

Substituindo Y por 3,37 na mesma equação de regressão foi possível calcular o valor do discriminante de equação delta ($\Delta = b^2 - 4ac$) = 0,0004, para a fórmula resolutiva de Bhaskara:

$$x - \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

onde seus termos apresentam os seguintes valores: "a" = - 0,000293; "b" = 0,069345; "c" = - 3,7345.

Por meio da fórmula, chegou-se ao limite inferior e ao limite superior do nível de adubação que possibilita obter, pelo menos 90% da produtividade máxima: 84,2% e 152,5% de NPK, respectivamente. Esses limites foram substituídos nas equações de regressão de cada nutriente e em cada uma das seis épocas de análise foliar, e assim foram determinadas as faixas críticas de teores foliares expressas em g kg^{-1}.

Os resultados dos desdobramentos de níveis de N, P e K dentro de cada época de avaliação possibilitaram calcular as faixas críticas do nitrogênio para as épocas 1 (nov./dez.), 3 (mar./abr.), 4 (mai./jun.) e 5 (jul./ago.); para o fósforo nas épocas 4 (mai./jun.), 5 (jul./ago.) e 6 (set./out.) e para o potássio nas épocas 4 (mai/jun) e 6 (set./out.). Nas demais épocas não se observaram efeitos significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, dos níveis de adubação sobre os teores foliares dos nutrientes, exceto na época 2 para o nitrogênio, o que será discutido adiante.

Aplicada a análise de regressão aos dados de teores foliares de N, P e K, para os níveis de adubação em cada uma dessas épocas, encontraram-se os resultados ilustrados nas Figuras 2, 3 e 4.

Observa-se pela Figura 2, que houve tendência linear crescente dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis de NPK na época 1 (nov./dez.). Isso implica em um aumento de 0,383 g kg^{-1} no teor foliar de nitrogênio a cada 10 pontos percentuais que se elevam nos níveis de adubação.

Para as épocas 2, 3, 4 e 5 houve tendência quadrática dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis de adubação NPK. Na época 2, a equação de regressão foi significativa, mas a respectiva faixa crítica não foi determinada devido ao baixo ajuste dos dados (R^2 = 32,94%).

As equações geradas pelas tendências observadas possibilitaram determinar as faixas críticas do nitrogênio para os respectivos períodos: 28,9 a 31,5 g kg^{-1} para novembro/dezembro; 27,5 a 30,6 g kg^{-1} para março/abril; 30,8 a 32,9 g kg^{-1} para maio/junho e 34,2 a 34,8 g kg^{-1} para julho/agosto.

No caso do fósforo (Figura 3) houve tendência quadrática dos teores foliares em função do aumento nos níveis aplicados de NPK nas épocas 4, 5 e 6, e as faixas críticas determinadas foram as seguintes: 2,6 a 3,3g kg^{-1} para maio/junho; 1,9 g kg^{-1} (nível crítico) para julho/agosto e 1,5 a 1,6 g kg^{-1} para setembro/outubro. Para o período

maio/junho, substituindo-se os limites inferior e superior do nível de adubação encontrados pela fórmula resolutiva de Bhaskara na respectiva equação de regressão, foram encontrados valores iguais a 1,9 g kg^{-1}. Por isso encontrou-se um nível crítico e não uma faixa crítica para este período.

Na Figura 4, observa-se que houve tendência quadrática para os teores foliares de potássio em função dos níveis de adubação NPK, nas épocas 4 e 6. Determinaram-se então as faixas críticas para esses períodos, de 21,8 a 22,1 g kg^{-1} para maio/junho e 28,2 a 28,4 g kg^{-1} para setembro/outubro.

As diferenças a maior, encontradas neste trabalho em relação aos níveis críticos encontrados por Bataglia et al. (2004) e às faixas críticas propostas por Martinez et al. (2003) estão, possivelmente, relacionadas à maior demanda dos nutrientes pelas plantas irrigadas e ao fato de que este estudo tratou de lavouras novas, em fase de formação.

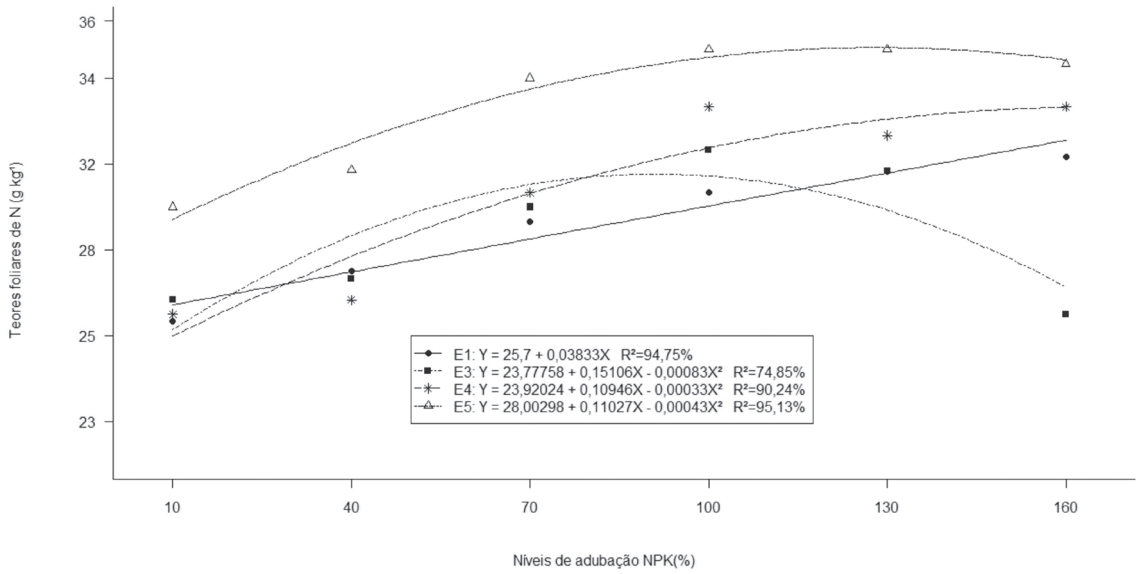


FIGURA 2 - Teores foliares de N (g kg^{-1}), em função de níveis de adubação NPK (%).

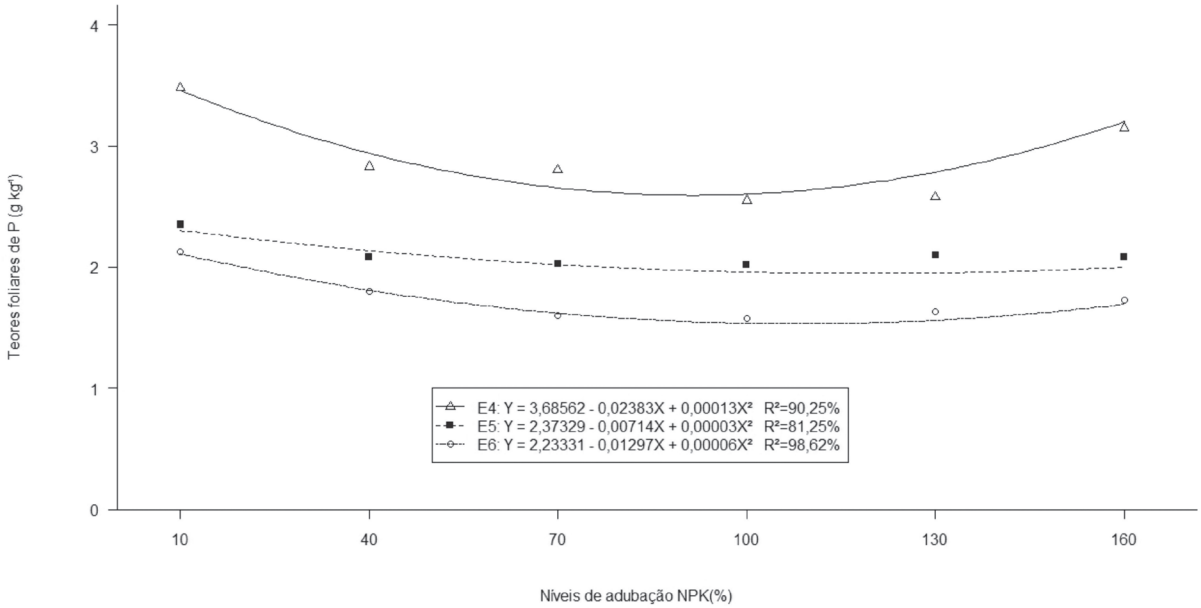


FIGURA 3 - Teores foliares de P (g kg^{-1}), em função de níveis de adubação NPK (%).

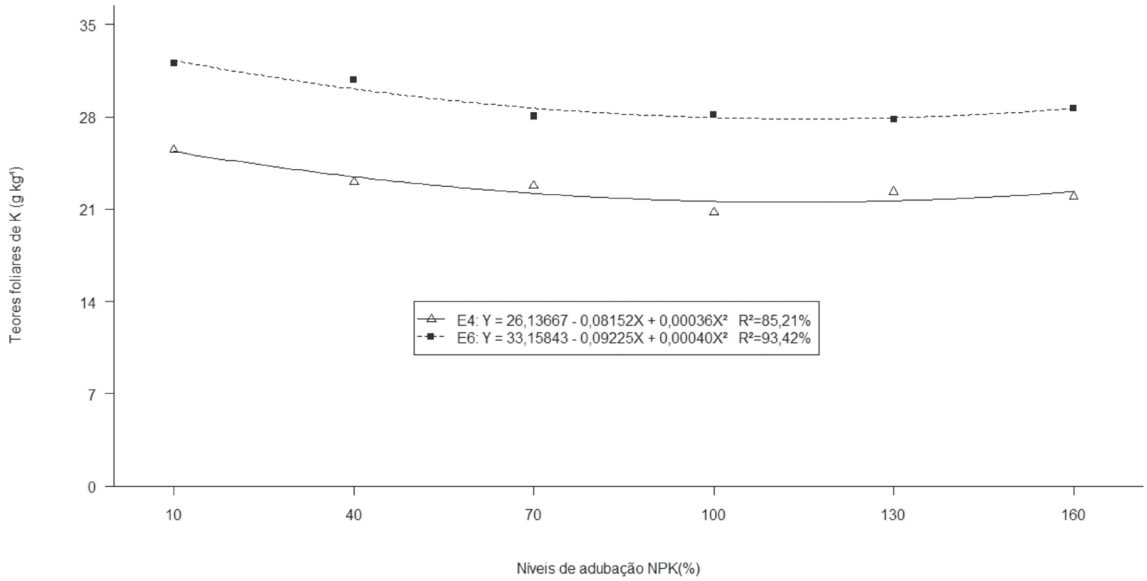


FIGURA 4 - Teores foliares de K (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%).

Para os casos em que não foi possível determinar as faixas críticas por meio das equações de regressão e da fórmula resolutiva de Bhaskara, optou-se por calcular as médias dos teores foliares de N, P e K encontrados nos resultados de análise foliar somente para o tratamento padrão (nível de adubação NPK = 100%), o que possibilitou obter a máxima produtividade. A partir daí foram sugeridos os seguintes níveis críticos:

N na época 2: 27,3 g kg^{-1}; N na época 6: 31,5 g kg^{-1}.

P na época 1: 1,8 g kg^{-1}; P na época 2: 1,6 g kg^{-1}; P na época 3: 1,5 g kg^{-1}.

K na época 1: 25,5 g kg^{-1}; K na época 2: 25,3 g kg^{-1}; K na época 3: 23,2 g kg^{-1}; K na época 5: 23,6 g kg^{-1}.

Atendendo portanto, aos objetivos do presente trabalho, determinaram-se as faixas/níveis críticos de N, P e K nas seis épocas estudadas, conforme segue: Nitrogênio (g kg^{-1}): 28,9 a 31,5 em novembro/dezembro; 27,3 em janeiro/fevereiro; 27,5 a 30,6 em março/abril; 30,8 a 32,9 em maio/junho; 34,2 a 34,8 em julho/agosto e 31,5 em setembro/outubro; Fósforo (g kg^{-1}): 1,8 em novembro/dezembro; 1,6 em janeiro/fevereiro; 1,5 em março/abril; 2,6 a 3,3 em maio/junho; 1,9 em julho/agosto e 1,5 a 1,6 em setembro/outubro; Potássio (g kg^{-1}): 25,5 em novembro/dezembro; 25,3 em janeiro/fevereiro; 23,2 em março/abril; 21,8 a 22,1 em maio/junho; 23,6 em julho/agosto e 28,2 a 28,4 em setembro/outubro.

4 CONCLUSÕES

Estabeleceram-se faixas/níveis críticos de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café irrigadas no primeiro ano de adubação pós-plantio.

Para adubação no primeiro ano em lavouras fertirrigadas o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 118,33% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Café); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6 REFERÊNCIAS

BATAGLIA, O. C. et al. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequencia de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.

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

CLEMENTE, F. M. V. T. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio: primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, 2008.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 393-402, 2007.

FERREIRA, D. R. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

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, p. 564-570, 2007.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 25-32, 2009.

REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis**: an interpretation manual. 2nd ed. Melbourne: Inkata, 1988. 218 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé, 2002. 250 p.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade tecnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 37-44, 2003.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 43, p. 387-394, 2008.

SOBREIRA, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, jan. 2011.

SUMMER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, 1979.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara, SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, set./dez. 2005.

ISSN 1809-6875