UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

# CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO, EM CONVERSÃO E CONVENCIONAL

VANESSA CRISTINA DE ALMEIDA THEODORO

2001

VANESSA CRISTINA DE ALMEIDA THEODORO

# CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO, EM CONVERSÃO E CONVENCIONAL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

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

Theodoro, Vanessa Cristina de Almeida
Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional / Vanessa Cristina de Almeida Theodoro. -- Lavras : UFLA, 2001.
214 p. : il.

Orientador: Rubens José Guimarães.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Café. 2. Solo. 3. Sistema de produção. 4. Café orgânico. 5. Grão. 6. Bebida. 7. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73

VANESSA CRISTINA DE ALMEIDA THEODORO

# CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO, EM CONVERSÃO E CONVENCIONAL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 22 de maio de 2001

Pesq. Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga EPAMIG

Prof. Dra. Janice Guedes de Carvalho DCS/UFLA

Prof. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca A. Pereira DCA/UFLA

Prof. Dr. Rubens José Guimarães
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Dedicado à ENERGIA CRIADORA DO UNIVERSO.

Aos grandes seres que passaram por este planeta (*Cristo, Francisco de Assis, Gandhi, Rudolf Steiner* e tantos outros) fonte de minha inspiração;

A todos os ecologistas sonhadores e "*loucos*" por um mundo melhor;

Aos anônimos que conspiram pela Natureza.

Ofereço,

À memória de meu pai, *Abel Theodoro*, exemplo de sabedoria, integridade e fé. Obrigada pai, por você ter sido justo comigo, em todas as etapas da minha vida nas quais tive a dádiva de caminhar espiritualmente ao seu lado.

À minha mãe, *Maria Almeida Theodoro*, que é a pessoa mais amorosa e de bem com a vida que eu conheço, e que sempre me ajuda a superar os obstáculos da vida.

# AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, Centro de Excelência da Cafeicultura Mundial, que assumiu o seu papel de instituição de pesquisa, diante da crescente demanda por informações científicas a respeito da Cafeicultura Orgânica.

Ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao CNPq e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Associação de Cafeicultura Orgânica do Brasil (ACOB/Machado/MG) pelo seu pioneirismo e apoio nas análises laboratoriais realizadas. Um agradecimento especial ao *Sr. Carlos Fernandes Franco* e ao *Prof. Ivan Franco Caixeta* (ESACMA), exemplos de liderança com sabedoria.

À Estação Experimental Dr. Alcides Carvalho da EPAMIG e ao Laboratório de Qualidade de Café Dr. Alcides Carvalho da EPAMIG/Lavras, especialmente ao pesquisador *Sílvio Júlio de Rezende Chagas* pelo apoio recebido durante a condução do experimento e análises realizadas.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Rubens José Guimarães*, pela confiança, incentivo, amizade e principalmente, pela coragem de ter aceitado o desafio de abrir essa nova linha de pesquisa.

À Pesquisadora da EPAMIG/UFLA, *Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga*, que idealizou esta dissertação. Sua orientação foi imprescindível em todas as etapas desta pesquisa.

À *Dra. Marilusa Pinto C. Lacerda*, pelo apoio na classificação do solo e descrição do perfil.

Com muita alegria, agradeço ao *Sr. Fernando Paiva*, ao *Rogério Daros* e à *Míriam Aguiar*, pelo incentivo e oportunidade de trabalhar na Fazenda Cachoeira, e aos funcionários da fazenda: *Elzinho* (sempre gentil), *Raimundo*

(super prestativo), *Geraldo, Salvador, Sr. Antônio Cardoso, Edmar, Wanderlei, Adão, Daniel, Júlio, Pedro Borges*, pela presteza e apoio na coleta de análises.

Ao *Sr. Armando Leite Naves*, pela gentileza de permitir a coleta de dados experimentais em sua fazenda.

Ao amigo *Moises Mourão Júnior* pela realização das análises estatísticas. Querido amigo, você me fez acreditar novamente que é possível existir solidariedade neste mundo.

À Doutoranda *Yanê de Carvalho*, pelas sugestões indispensáveis e orientação nas análises microbiológicas do solo realizadas. É impressionante como as pessoas certas aparecem nas horas em que mais precisamos! Coisas de Deus!

Aos meus Tios *Dr. Arnoldo Junqueira Netto* e *Neide Almeida Junqueira*, pelo apoio e orientação recebidos.

À Mestranda *Larissa de Carvalho*, pelo incentivo e reciprocidade da sua amizade, presentes em todos os momentos.

Aos outros elos desta grande corrente como a Fadinha e às Energias Superiores que me inspiraram a continuar na conclusão deste trabalho.

# BIOGRAFIA

*Vanessa Cristina de Almeida Theodoro*, filha de *Abel Theodoro (in memorium)* e *Maria Almeida Theodoro*, nascida em Pará de Minas, Minas Gerais, em 07 de julho de 1970.

Foi responsável técnica pela instalação do projeto "Minhocultura", em junho de 1996, na Fazenda Palmital localizada em Ijaci/MG, pertencente à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE/UFLA), coordenando a implantação e condução do minhocário, beneficiamento e comercialização do húmus de minhoca produzido.

Em fevereiro de 1997, criou o curso: "Produção de Húmus e Criação de Minhocas", juntamente com o engenheiro agrônomo *José Flávio Prado Lopes* (UNITAU), pela FAEPE/UFLA, que vem sendo ministrado periodicamente.

Em dezembro de 1997, graduou-se em Engenharia Agronômica, pela Universidade Federal de Lavras, MG.

Foi eleita Diretora de Pesquisa da Associação de Cafeicultura Orgânica do Brasil (ACOB/Machado/MG) de março de 1998 à maio de 2000.

Trabalhou no Núcleo de Estudos em Cafeicultura (NECAF-UFLA) como Coordenadora de Divulgação no período de Outubro/1998 a Outubro/1999.

Participou como membro do Conselho Deliberativo da FAEPE-UFLA, representando a Associação dos Pós-graduandos (APG) no período de Setembro/1999 à Setembro de 2000.

Em Março de 1998, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Cafeicultura Orgânica.

Atualmente trabalha na inspeção e certificação de propriedades orgânicas filiadas à Associação de Agricultura Orgânica (AAO/ São Paulo).

# SUMÁRIO

# LISTA DE TABELAS

# LISTA DE FIGURAS

# RESUMO

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional.** Lavras: UFLA, 2001. 214p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).[1]

Com o objetivo de caracterizar sistemas de produção de café orgânico {O}, em conversão {E} e convencional {CV}, foram avaliadas a qualidade de grãos e algumas características químicas, físicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE), em relação a um fragmento de mata nativa {MN}. Em duas fazendas sob influência de condições similares de solo, clima e relevo apresentando a mesma cultivar (Acaiá MG-474-19) e idade da lavoura (5 anos), foi realizado um levantamento de dados por um período de um ano, sendo a amostragem para as análises físicas e químicas do solo e qualidade do grão realizada em julho/99. A amostragem microbiológica do solo foi feita nos períodos seco (julho/99) e chuvoso (dezembro/99). A qualidade do grão foi avaliada a partir de dois tipos de colheita: café colhido no pano e no chão. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. O solo foi amostrado em duas profundidades (0-20 e 20-40cm) para determinação da fertilidade. Constatou-se que os sistemas {O}, {E} e {CV} melhoraram a fertilidade do solo em comparação ao solo sob fragmento de mata nativa e contribuíram positivamente para a conservação dos atributos físicos do solo após cinco anos de implantação da lavoura. A biomassa carbono apresentou influência da época de amostragem. Não foram registradas diferenças significativas nos resultados obtidos para a colonização micorrízica. Em relação às espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares identificados, a frequência foi maior para os gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Gigaspora* em todos os tratamentos. A qualidade do grão para os cafés colhidos no pano foi superior, havendo uma tendência a maiores concentrações de açúcares redutores e não-redutores no café convencional e a maiores valores da atividade da polifenoloxidase, açúcares totais e cafeína no café orgânico.

---

[1] Comitê Orientador: Rubens José Guimarães - UFLA (Orientador), Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG.

# ABSTRACT

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Characterization of systems of production of organic coffee, in conversion and conventional.** Lavras: UFLA, 2001. 214p. (Dissertation – Master in Agronomy/Crop Science).[2]

With the objective of characterizing the systems of production of organic coffee {O}, in conversion {E} and conventional {CV}, grain quality and some physical, chemical and microbiological characteristics of a Dark-Red Latosol (LE) relative to a patch of native wood {NW} were evaluated. On two farms under the influence of similar conditions of soil, climate and relief presenting the same cultivar (Acaiá MG 474-19) and age of the crop (5 years) a survey of data for a one year period was performed, the sampling being for the physical and chemical analyses of the soil and grain quality performed in July/1999. The microbiological sampling of the soil was done in the dry (July/1999) and rainy (December/1999) periods. Grain quality was evaluated in two groups of harvests: coffee harvested on the cloth and on the ground. The experimental design utilized was completely randomized with four replicates. The soil was sampled in two depths (0-20 and 20-40 cm) for determination of fertility. It was found that the systems {O}, {E} and {CV} improved soil fertility as compared with the soil under the patch of native wood and contributed positively for the conservation of the soil physical attributes after five years establishment of the lavoura. The carbon biomass presented influence form the sampling season. No significant differences were recorded in the results obtained for the mycorrhizal colonization and relative to the species of vesiculo-arbuscular mycorrhizal fungi identified, the frequency was greater for the genera *Acaulospora, Glomus* and *Gigaspora* in all treatments. Grain quality for the coffees harvested on the cloth was better, there occurring trend in the conventional coffee to larger concentrations of reducing and non-reducing sugars and on the organic coffee the highest values of the polyphenoloxidase activity, total sugars and caffeine.


---

[2] Guidance Committe: Rubens José Guimarães – UFLA (Major Professor), Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG.

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O amplo desenvolvimento científico e tecnológico da cafeicultura convencional do século XX vem assegurando uma alta produtividade e lucratividade. No entanto, a difusão de pacotes tecnológicos que preconizam a utilização de altas dosagens de adubos químicos e o controle de pragas e doenças como métodos para resguardar o potencial produtivo das lavouras, obrigam o produtor a utilizar aplicações sistemáticas de agrotóxicos, o que vem elevando o custo de produção e inviabilizando a sustentabilidade do agroecossistema cafeeiro, gerando uma total dependência de insumos industrializados.

O café produzido no Brasil já vem apresentando ênfase total na qualidade, e a certificação de origem deverá trazer muitos benefícios para a cafeicultura brasileira, constituindo um grande avanço para a competitividade e marketing brasileiros nas exportações, estimuladas pela venda de matéria-prima diferenciada. A globalização gerou profundas modificações estruturais no agronegócio café, em que atuações como a do grupo de países da União Européia suplantam as posições dos Estados Unidos e do Brasil, anteriormente as duas maiores forças do mercado. Outro fato marcante é a grande evolução do mercado de cafés especiais nos EUA, na Europa e no Japão. Qualidade, respeito ao consumidor e garantia de fornecimento são as principais exigências do mercado globalizado. Um número crescente de consumidores estão trocando o chamado café "commodity" pelo café fino ou "gourmet".

O setor de exportação brasileiro tem a vantagem de deter uma rede comercial que lida com grandes quantidades, competindo a este segmento

resgatar a imagem do nosso produto no mercado externo, de modo a obter novas fatias, criando marcas com diferenças de atributos e segmentação de mercado. Como, por exemplo, os *gourmets*, bebida na forma de expresso, cafés solúveis, café despolpado, café cereja descascado, café orgânico, etc.

A produção de café legitimamente orgânico é um sistema alternativo que se fundamenta em três princípios básicos da agricultura orgânica: a não utilização de agrotóxicos, a busca do equilíbrio solo/planta através do manejo racional do solo e a valorização social do trabalhador rural. O conceito de "orgânico" baseia-se no manejo de sistemas agropecuários de modo similar à vida de um organismo, respeitando o potencial produtivo da propriedade agrícola. Nesses sistemas ou "organismos agrícolas", a produção vegetal e animal, a exploração dos recursos naturais e principalmente o homem evoluem de forma totalmente integrada.

O cultivo de café orgânico vem crescendo em todo o mundo, firmando-se como uma tendência necessária e irreversível. No Brasil, ele é produzido desde a década de 70, principalmente em Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Ceará, sendo comercializado no mercado internacional (EUA, Alemanha, Japão e Europa). Produtores brasileiros que exportam café orgânico recebem prêmios que variam de 20 a 50% sobre o valor da cotação do dia. A única exigência dos importadores é a certificação que garante a origem orgânica dos produtos, realizada por entidades não-governamentais reconhecidas pelo Ministério da Agricultura, como a Associação de Agricultura Orgânica (A.A.O./São Paulo/SP) e o Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD/Botucatu/SP).

Embora o preço obtido na comercialização seja maior, o sistema de produção de café orgânico emprega maiores quantidades de mão-de-obra e insumos orgânicos. Esses insumos possuem diferentes composições, como biofertilizantes, que funcionam como fertiprotetores, as caldas bordalesa, viçosa e sulfo-cálcica como fitoprotetores, compostos orgânicos, rochas moídas e/ou

parcialmente solubilizadas, cinzas, tortas e farinhas, sendo utilizados de formas diversas pelos produtores, interferindo nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Theodoro e Caixeta, 1999).

Assim sendo, o conhecimento das propriedades do solo nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro é fundamental para a determinação das características e comportamentos diversos dos constituintes do solo, podendo manifestar interações complexas, como, por exemplo, com a ocorrência de pragas e doenças, e, até mesmo na produção e qualidade de bebida, em resposta às diferentes técnicas de manejo. Na presente dissertação, que constitue uma das primeiras pesquisas do mundo na área de cafeicultura orgânica, procurou-se caracterizar as alterações dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de um Latossolo Vermelho-Escuro sob sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional, em comparação a um fragmento de mata nativa; e avaliar a qualidade de grãos de cafés colhidos no pano e no chão (de varrição), nestes diferentes sistemas de produção localizados no município de Santo Antônio do Amparo/MG.

# 2 REFERENCIAL TEÓRICO

## 2.1 Da Agricultura Alternativa à Agroecologia

A partir dos anos 60, começaram a surgir indícios de que a agricultura convencional, além de apresentar problemas energéticos e econômicos, vinha causando cada vez mais danos ambientais. A preocupação nos EUA, com os impactos ambientais gerados pela agricultura convencional, deu-se principalmente em função dos problemas causados pelos resíduos de agrotóxicos na água, no solo, nas populações urbanas e rurais e, principalmente, nos alimentos (Ehlers, 1996).

A utilização excessiva de agrotóxicos vem ameaçando a segurança alimentar, já que muitos alimentos consumidos no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Nutrição, estão perdendo seu valor nutricional e sabor (Santos, 1998). No Paraná, a Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) coletou 1.825 amostras de água de 1976 a 1984. Dessas, 84% apresentavam resíduos de agrotóxicos e 78% ainda estavam contaminadas depois de tratadas para o consumo. Há também efeitos indiretos e pouco conhecidos dos agrotóxicos sobre o ecossistema agrícola, como a mortandade de peixes pelo lançamento de restos de formulações nas águas e a contaminação do solo, que é evidente pela presença de resíduos de inseticidas organoclorados em alimentos (Ruegg *et al.*, 1986). Esse tipo de contaminação tem levado a sociedade a exigir a adoção de medidas ambientais de controle por parte do governo, vários países têm adotado, oficialmente, metas de redução do uso de agrotóxicos. Na Suécia, o uso excessivo de pesticidas no início da década de 80 causou uma série de contaminações ambientais, colocando em risco a fauna, flora e a população. A partir de 1985, o governo sueco propôs um programa para

redução do uso de pesticidas, tendo como principais metas o aperfeiçoamento dos equipamentos de aplicação de pesticidas, redução nas doses, financiamento de programas de subsídio da agricultura orgânica e serviços de advertências quanto ao uso indiscriminado de pesticidas (Weinberg, 1990).

No Brasil, são vários os movimentos da classe agronômica, como campanhas contra o uso abusivo de agrotóxicos e contra o patenteamento de variedades, cuja coesão e impacto dificilmente serão igualados por outros países (Paschoal, 1987). Um grande passo foi dado para a conscientização de fabricantes, comerciantes e usuários de agrotóxicos no Brasil, através da criação de uma nova estrutura de reciclagem de embalagens, que está sendo implementada a partir de janeiro/2001, decorrente da nova legislação em vigor no país, a lei federal nº 9.974. Esta lei prevê a obrigação da tríplice lavagem pelo produtor e a devolução da embalagem ao local no qual o agrotóxico foi comprado, ou seja, no comércio varejista. A responsabilidade administrativa, civil e penal pelos danos causados à saúde humana e ao meio ambiente, passa a ser dividida entre o fabricante, comerciante e usuário (Souza, 2000).

A oposição ao padrão produtivo agrícola moderno concentrava-se em torno de um amplo conjunto de propostas "alternativas", no início dos anos 70, movimento que ficou conhecido como "Agricultura Alternativa". Foi esse movimento que passou a empregar a denominação "Agricultura Convencional" para o padrão agrícola então dominante. Em 1989, o National Research Council (NRC) dos Estados Unidos, órgão que representa o sistema oficial de pesquisa norte-americano, publicou importante documento chamado "Alternative Agriculture". O NRC definiu a agricultura alternativa como qualquer sistema de produção de fibras ou de alimentos que busque os seguintes objetivos: a) aumentar a fixação de nitrogênio, relações praga/predador, dentre outros, nos processos produtivos agrícolas; b) reduzir a utilização de insumos externos à propriedade e que ofereçam riscos de poluição ambiental, ou que afetem a saúde

dos produtores rurais e consumidores; c) maior produtividade pelo uso do potencial genético de espécies vegetais e animais; d) atingir uma produção eficiente e lucrativa enfatizando o melhoramento da capacidade de gerenciamento e a conservação do solo, da água, da energia e dos recursos biológicos (Ehlers, 1996).

Na década de 80, a agroecologia propõe o desenvolvimento de técnicas que conciliem a atividade agrícola e a manutenção das características naturais e ecológicas do ambiente, passando a diagnosticar e propor alternativas de manejo que reduzam os insumos nos agroecossistemas. No entanto, Altieri (1989) ressalta que, para este fim, não basta abordar apenas os aspectos tecnológicos, sem considerar as questões econômicas e sociais.

Ehlers (1996) cita que um dos princípios básicos da agricultura alternativa é a exclusão dos agroquimícos e a valorização dos processos biológicos e vegetativos nos sistemas produtivos. Quanto às práticas agrícolas, todas defendem a revalorização da adubação orgânica, seja ela de origem vegetal ou animal, do plantio consorciado, da rotação de culturas e do controle biológico de pragas. O que há de comum em todas as propostas e vertentes alternativas é o objetivo de desenvolver uma agricultura sustentável: ecologicamente equilibrada, socialmente justa e economicamente viável.

### 2.1.1 Modelo de Agricultura Industrial

Existem diferentes denominações para formas de agricultura convencional (moderna, avançada, química e industrial). As diferentes formas de agricultura alternativa (biodinâmica, orgânica, biológica e natural) surgiram como resposta ao modelo considerado padrão, no caso a agricultura industrial (Jesus, 1985).

A Segunda Revolução Agrícola, ocorrida no final do século XIX e início do século XX, caracterizou-se por uma série de descobertas científicas e tecnológicas, como os fertilizantes químicos, o melhoramento genético das plantas e os motores de combustão interna, que consolidaram o padrão produtivo químico, genético e motomecânico praticado nos últimos sessenta anos. Esse padrão, posteriormente denominado "agricultura convencional", intensificou-se após a Segunda Guerra Mundial, culminando, na década de 1970, com a chamada Revolução Verde. No entanto, são preocupantes os impactos ambientais gerados pela agricultura convencional; como a destruição de florestas, a erosão e a contaminação dos recursos naturais, dos alimentos e do homem (Ehlers, 1996).

O modelo industrial de agricultura tem sido criticado por diversos autores (Altieri, 1989; Bonilla, 1992; Ehlers, 1996). Paschoal (1994) questiona esse modelo rotulado de "moderno" e "avançado", de base química, fundamentalmente econômica e imediatista em seus propósitos mais íntimos e de uso intensivo de capital e de energia, pois tem falhado constantemente por ignorar ou por não querer aceitar a agricultura como sendo um intrincado processo biológico, ditado pela natureza, e não como um mero processo físico e químico, ditado pela vontade humana. A idéia de máxima produtividade perseguida pela agricultura industrial tornou-a economicamente inviável. Os melhoristas de plantas, por não conseguirem aumentar a capacidade de fotossíntese das plantas, em geral não superior a 2%, criaram variedades de alta resposta aos adubos solúveis, e variedades anãs, para reduzir a respiração. Com isso, tornaram-nas dependentes de drogas, adubos, agrotóxicos, hormônios e outras substâncias, além de irrigação e intensa mecanização. Os sistemas agrícolas exibiram altas produtividades, porém baixa eficiência energética, o que significa um custo de produção muito maior (Paschoal, 1994).

### 2.1.2 Modelos alternativos de agricultura

Em 1920 surgiram, quase simultaneamente, alguns movimentos contrários à adubação química, que valorizavam o uso da matéria orgânica e de outras práticas culturais favoráveis aos processos biológicos, os quais podem ser agrupados em quatro grandes vertentes. Na Europa surgem: a agricultura biodinâmica, iniciada por Rudolf Steiner em 1924; a agricultura orgânica, cujos princípios foram estabelecidos entre os anos de 1925 e 1930 pelo pesquisador inglês Albert Howard; a agricultura biológica, difundida na França por Claude Aubert. A outra vertente, a agricultura natural, surgiu no Japão a partir de 1935 e baseava-se nas idéias de Mokiti Okada (Ehlers, 1996).

Os diferentes modelos ou linhas conceituais, genericamente chamados de Agricultura Alternativa, são descritos com detalhes por diversos autores (Koepf, Pettersson e Schaumann, 1983; Merril, 1983; Jesus, 1985; Fundação Mokiti Okada, 1987; Fukuoka, 1987; Bonilla, 1992; Steiner, 1993; Miyasaka, 1993; Paschoal, 1995; Ehlers, 1996).

### 2.1.3 Agricultura Orgânica

A base científica e conceitual da prática da agricultura orgânica foi implantada nos anos 30, compreendendo os seguintes princípios: a) o solo não é um substrato inerte, mas o *habitat* de múltiplos organismos e microorganismos, que funcionam como agentes transformadores dos nutrientes, tornando-os solúveis e disponíveis para as plantas; b) o desequilíbrio nutricional ou do meio ambiente propiciam o aparecimento de parasitas e reduzem as defesas das plantas, tornando-as mais vulneráveis às doenças; c) os fertilizantes de origem mineral devem ser evitados, pois não têm os mesmos efeitos que o adubo líquido ou o composto bem preparado; d) as propriedades rurais devem funcionar como

um organismo agrícola, para alcançar a maior auto-suficiência possível (Conselho Internacional do Café, 1997).

O Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural foi a primeira certificadora do Brasil a lançar seus selos (Figura 01) e normas de qualidade para produtos biodinâmicos e orgânicos, de acordo com as Diretrizes Biodinâmicas Internacionais e normas da IFOAM (Internacional Federation of Organic Agriculture Movements), que elaborou as normas básicas para a agricultura orgânica, a serem seguidas por todas as associações afiliadas (Theodoro e Caixeta, 1999).

FIGURA 01- Exemplos de selos oficiais de certificação da A.A.O. e IBD; garantia da qualidade para produtos orgânicos e o selo "Demeter" (IBD) referente a produtos biodinâmicos. UFLA, Lavras-MG, 2001.

O conceito de selo orgânico abrange aspectos relativos à qualidade nutricional e isenção de agrotóxicos, à preservação do meio ambiente na condução da cultura e o respeito ao ser humano. A utilização do selo denota estar o produtor em conformidade com a legislação ambiental e trabalhista, e preocupado com a qualidade de seus produtos e a saúde dos consumidores (Agrianual, 2000). O produtor passa a ter direito ao uso do selo, quando são atendidas certas exigências, que incluem obviamente a obediência às normas de produção da instituição certificadora, vistorias, avaliações e contrato entre as partes. Grupos de pequenas propriedades podem ser reconhecidos como um

organismo agrícola, desde que, efetivamente, tenham estrutura administrativa compatível e sejam realizadas inspeções periódicas na área. Também poderão ser certificadas empresas e associações de produtores, devendo ser compostas por "pequenos produtores" legitimamente orgânicos. Os modelos de contrato de certificação da A.A.O. para empresas e unidades produtoras são fornecidos nos Anexos 01 e 02.

O aspecto humano também é considerado de acordo com os critérios definidos pela IFOAM para a prática da agricultura orgânica. As diretrizes para propriedades agrícolas e empresas, para serem reconhecidas como "legitimamente orgânicas", devem ter como meta os aspectos sociais e os princípios da dignidade humana. Todos os funcionários e suas famílias devem ter acesso à água potável, alimento, educação, transporte e serviços sanitários. O salário deve ser, pelo menos, o mínimo estipulado pelo governo e as garantias sociais e a seguridade social devem ser plenas, de acordo com legislação vigente no país. Os pequenos produtores devem ter garantia de participar da negociação e da venda de seus produtos.

A Associação de Agricultura Orgânica (A.A.O./São Paulo) foi criada em 1990, visando estimular o mercado varejista, permitindo a comercialização direta do produtor ao consumidor. A elaboração de um documento intitulado "Normas Técnicas da Produção Vegetal" forneceu as diretrizes para a identificação e cadastramento de produtores orgânicos, bem como a certificação de seus produtos através da obtenção do selo oficial de garantia (Ehlers, 1996).

A certificação por órgãos independentes, com sede no Brasil e que sigam normas internacionais de qualidade, é exigência da Portaria nº 505, de 16 de outubro de 1999, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (incluída no Anexo 03), para reconhecer o produto como legitimamente orgânico. A nova legislação que estabelece normas para a produção, processamento, distribuição,

identificação e certificação de qualidade de produtos orgânicos de origem animal e vegetal é a primeira que trata do assunto no Brasil.

Paschoal (1994), Bonilla (1992) e o C.I.C. (1997) comentam sobre a dificuldade de definir o termo agricultura orgânica devido à multiplicidade das características envolvidas. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 1984), em relatório publicado no Brasil pela SEPLAN-CNPq, define agricultura orgânica como sendo "um sistema de produção que evita ou exclui amplamente o uso de fertilizantes, agrotóxicos, reguladores de crescimento e aditivos de rações animais, elaborados sinteticamente. Tanto quanto possível, estes sistemas dependem de rotações de culturas, restos de culturas, estercos animais, leguminosas, adubos verdes e de resíduos orgânicos de fora das fazendas, bem como de cultivo mecânico, rochas e minerais e aspectos de controle biológico de pragas e patógenos".

Na agricultura orgânica, o manejo do solo, utiliza muitas práticas adotadas na agricultura industrial, apresentando uma grande diferença em relação a esta, devido à consciência de que se trabalha em condições tropicais de solo e clima, sendo aconselhado o uso preferencial de implementos escarificadores e subsoladores, práticas de cultivo mínimo e plantio direto. Torna-se imprescindível o manejo da cobertura do solo durante o maior tempo possível, evitando sua exposição à luz solar e às chuvas fortes, retardando o processo de degradação do solo.

Segundo a IFOAM, é crescente o processo de conversão de áreas de produtos convencionais para a cultura de produtos orgânicos, principalmente nos maiores países consumidores de alimentos orgânicos no mundo. Na Europa, entre os anos de 1985 e 1997, a conversão passou de 120 mil para 2,15 milhões de hectares. Nos EUA, em 1996, mais de 40% das maiores redes de supermercado já vendiam alimentos de cultivo orgânico. A comercialização desses produtos no país crescia a taxas próximas de 20% no período, tendo

movimentado US$ 7,6 bilhões em 1995. Previsões indicam que no ano 2010, as vendas de gêneros orgânicos chegarão a representar 20% dos US$ 400 bilhões que serão gastos com alimentação nos EUA. No Brasil, calcula-se que a área ocupada com cultivos orgânicos esteja em torno de 100 mil hectares, registrando-se altas taxas anuais de conversão (Agrianual, 2000).

## 2.2 Cafeicultura Orgânica

Os preços alcançados no mercado internacional pelo café produzido em sistemas orgânicos e de acordo com a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura e do Abastecimento de 1999, juntamente com as novas formas de manejo da lavoura, têm despertado o interesse dos países produtores de café do mundo inteiro, de seus profissionais, produtores e entidades de pesquisa.

O mercado de café orgânico é determinado por consumidores relacionados às questões ligadas à saúde, "*health food market*", mas a publicidade deste tipo de produto vem se deslocando para um mercado de consumidores que têm em mente questões de caráter ambiental e social. Este fenômeno vem ocorrendo principalmente na Europa, onde a imagem de um comércio ético, "*fair trade*", tem sido ligada à imagem da agricultura sustentável e orgânica (C. I. C., 1997).

O mercado de café *gourmet* dos EUA foi o primeiro que comercializou o café orgânico, em sua grande maioria proveniente do México, depois foi comercializado na Europa, onde existe um mercado emergente para cafés orgânicos de alta qualidade (Kimemia e Njoroge, 1994).

Os principais países produtores de café orgânico são latino-americanos: Costa Rica, Peru, México, Guatemala, Nicarágua, El Salvador, Brasil e Colômbia. Segundo informações recentes, também produzem café orgânico Papua-Nova Guiné, Indonésia, Índia, Uganda, Camarões e Tanzânia. Embora

não se conheça a porcentagem do consumo que corresponde a cada país, sugere-se que os principais compradores são os Estados Unidos, Alemanha (maior consumidor mundial de produtos orgânicos), Países Baixos, Suiça, França, Aústria e Japão (C. I. C., 1997).

Nos últimos anos, o *marketing* do café na Índia vem sendo cuidadosamente trabalhado para que os cafeicultores possam vender seu café no mercado livre, tanto dentro como fora do país. A qualidade do café representa o fator chave para obtenção de altos preços no mercado livre, e o sistema de produção de café orgânico é propício para atender às preferências deste tipo de mercado e dos consumidores conscientes de questões ligadas à saúde em todo o mundo (Raghuramulu e Naidu, 1994).

O Quênia produz um café de excelente qualidade e existe um grande interesse na produção de café orgânico no país, devido ao ágio alcançado no preço final e ao alto custo dos insumos agrícolas. Alguns produtores utilizam pouquíssimo ou nenhum fertilizante inorgânico e pesticidas e, por esse motivo, estão sendo orientados a produzir café orgânico. Porém, existe a necessidade do desenvolvimento de normas técnicas específicas para a produção e comercialização (Kimemia e Njoroge, 1994).

Na Papua-Nova Guiné, a área plantada com café apresenta 70% de pequenos produtores, enquanto os 30% restantes são ocupados por grandes produtores. Nas lavouras de pequenos produtores, praticamente não se utilizam agroquímicos e o café cultivado é chamado de "café nativo", para o qual a mão-de-obra empregada e o custo final do produto não são contabilizados (Pulschen e Lutzeyer, 1993). As lavouras de café orgânico existentes são certificadas por organizações da Austrália e Europa, e estudos preliminares realizados por Stier (1990) e Rehmer (1991) indicam boas chances de aumento da área plantada em sistema de produção orgânico, devido à sua localização isolada em relação às lavouras convencionais e a uma agricultura de baixo *imput*.

A viabilidade técnica para produção de café orgânico no Brasil, na região do cerrado, foi comprovada por Soroagi, Santinato e Correia (1998), utilizando como insumos torta de mamona, esterco de galinha, palha de café, composto enriquecido com fosfato ou termofosfato, sulfatos e micronutrientes na forma de óxidos. O controle de doenças foi realizado aplicando as caldas de fumo (atualmente proibida), bordalesa e a sulfo-cálcica, e as variedades utilizadas foram o Icatu (2944) e o Catuaí (44). Em relação à produção, não houve diferença significativa em ambas as variedades sob os dois sistemas de produção, mas na média das quatro primeiras safras, o Icatu apresentou maior produção em sacas beneficiadas (26,5 no sistema convencional e 25,4 no sistema orgânico) em relação ao Catuaí (21,8 no sistema convencional e 21,6 no sistema orgânico). A variedade Icatu foi indicada para o sistema de produção de café orgânico, principalmente pela característica de resistência à ferrugem do cafeeiro (Soroagi, Santinato e Correia, 1998).

Harkaly *et al.*, (1997) avaliaram a eficiência econômica da produção de café orgânico comparada com médias regionais do sistema convencional em Minas Gerais. Os dados referentes ao sistema orgânico de produção foram obtidos em entrevistas diretas junto aos agricultores na safra 1994/95, no estado de Minas Gerais, em três propriedades na região da zona da Mata. Os indicadores técnicos demonstraram que a produtividade dos sistemas orgânicos, de um modo geral, é menor que nos sistemas convencionais. Por outro lado, os gastos efetivamente desembolsados pelo produtor também são menores, devido ao emprego de mão-de-obra familiar e insumos produzidos internamente na propriedade. As rentabilidades foram obtidas em dois níveis: o "efetivo" para o qual não são computados gastos monetários com os componentes mão-de-obra familiar, insumos produzidos internamente e depreciação de máquinas e equipamentos; e o "total", em que são atribuídos valores monetários para esses

ítens. Os resultados obtidos indicaram a viabilidade técnica e econômica dos sistemas orgânicos de produção de café, quando comparados aos convencionais.

A Fazenda Jacarandá, localizada no Sul de Minas Gerais, com uma área total de 230,0ha, dentre os quais cerca de 100,0ha plantados com café, foi uma das pioneiras na exportação de café orgânico do Brasil. Desde 1993, a Fazenda Jacarandá é fornecedora da *Organic Coffee* de Fukuoka, no Japão (Figura 02), certificada pela Associação de Agricultura Orgânica/SP.


FIGURA 02 - Exemplos de embalagens de cafés orgânicos comercializados no Japão (*Organic Coffee*) e no Brasil (*Bom Dia Café* e *Café Ituano*). UFLA, Lavras-MG, 2001.

A principal estratégia concorrencial entre as empresas brasileiras, diante de um mercado consumidor de 12 milhões de sacas, tem sido a diferenciação, segmentação do mercado à procura do abastecimento com produto de qualidade peculiar. O hábito de consumo de café no Brasil vem apresentando modificações, refletindo a crescente preferência por cafés finos, tipo exportação. Os consumidores aos poucos estão descobrindo a qualidade do café especial "*gourmet*". O primeiro café orgânico brasileiro produzido pela empresa Gazzola Chierighini Alimentos, sediada em Itu-SP, foi lançado no mercado. A marca é "*Greenpeace Orgânico by Café Ituano*", o primeiro do mundo a ser licenciado

pela ONG ambientalista Greenpeace (Figura 02). A indústria Bom Dia Café, localizada em Varginha/MG, também está investindo no mercado interno brasileiro com a linha "*Bom Dia Gourmet*", composta por cafés finos de grãos 100% arabica, entre eles o "*Bom Dia Gourmet Orgânico*" (Figura 02), possuindo o certificado ISO 9002 de Controle de Qualidade Internacional e o selo da Associação de Agricultura Orgânica/SP.

## 2.3 Principais solos utilizados para a cafeicultura

A implantação de lavouras cafeeiras, até a década de 60, era feita em áreas recém-desmatadas e em solos de alta fertilidade natural, em geral associados à topografia mais acentuada. Em razão disso, a maioria das lavouras da zona da mata e do sul de Minas, norte de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, estavam localizadas em solos podzolizados, geralmente os mais férteis da paisagem (à exceção do Latossolo Roxo, em São Paulo e norte do Paraná) (Santana e Naime, 1978). Estes autores afirmam que a necessidade de expansão da fronteira agrícola, a carência de mão-de-obra e o avanço da tecnologia de adubos levaram a cafeicultura para solos mais pobres em relação à fertilidade natural, os Latossolos, mas de excelentes condições físicas e topográficas, extremamente favoráveis à mecanização intensiva. Assim, surgiram os novos cafezais das regiões do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, e mesmo do sul de Minas, em sua grande maioria também estabelecidos em Latossolos. Estes solos, via de regra de baixa fertilidade natural, ocorrem em regiões onde há, esporadicamente, alguma deficiência hídrica. A não ser em casos especiais, em que ocorre "adensamento" ou compactação de camadas inferiores, não apresentam nenhum problema de arejamento, em virtude de sua estrutura granular e de sua grande friabilidade. São bastante resistentes à erosão, a não ser

nos casos do Latossolo Roxo, que exige cuidados simples de conservação, não apresentam praticamente nenhum impedimento à mecanização intensiva.

## 2.4 Alterações nas propriedades físicas do solo

A habilidade de identificar as principais propriedades do solo e avaliar sua qualidade, é dificultada pela multiplicidade de fatores físicos, químicos e biológicos que a controlam, bem como pelos processos biogeoquímicos e suas variações em função do clima e do manejo do solo (Doran e Parkin, 1994).

O cultivo do solo é considerado por Karlen, Eash e Unger (1992) como um indicador físico de sua qualidade, cujas facilidades indicam as condições físicas do solo pela sua densidade, porosidade, estrutura e características de seus agregados.

Um importante indicativo das condições de manejo é a densidade do solo, uma propriedade física que reflete o arranjamento das partículas do solo, o qual, por sua vez, define características como porosidade, permeabilidade e capacidade de armazenamento de água pelo solo. A porosidade representa a porção do solo, em volume, não ocupada por sólidos, variando em função da estrutura e textura dos mesmos (Ferreira, 1993).

A estrutura do solo caracteriza a natureza de seus componentes primários e a extensão com que estes se agregam, determina a distribuição do tamanho de poros e a estabilidade de agregados. Como o uso do solo afeta o fluxo de água e o potencial de erosão, sua estrutura determina também o comportamento da fauna e microbiano e a dinâmica de matéria orgânica (Strickland *et al.*, 1988; Ferreira, 1993). Miyasaka e Okamoto (1993) citam os benefícios da utilização da matéria orgânica para o estabelecimento de uma estrutura adequada do solo, permitindo uma maior circulação de ar e água. O húmus atua como agente cimentante das partículas do solo, formando agregados

bastante estáveis, principalmente os de dimensão inferior a 1mm. O complexo argilo-húmico formado dispersa-se mais dificilmente que o agregado de argila.

Baver e Farnesworth (1940), referindo-se à matéria orgânica, afirmam que o único grupo de solos no qual não foi observada correlação entre matéria orgânica e agregação foi o dos oxissolos, nos quais os óxidos de ferro e alumínio são responsáveis pela formação de agregados. Por outro lado, os autores sugerem que a argila e os colóides orgânicos juntos são responsáveis pela agregação através da interação entre colóides minerais e orgânicos do solo para formar complexos de argila-matéria orgânica.

Sistemas de manejo que adicionam grandes quantidades de carbono orgânico ao solo, além de favorecerem o aumento da matéria orgânica e CTC do solo, contribuem para a formação e estabilização dos agregados (Paladini e Mielniczuk, 1991).

Nas condições de estudo de Spera (1995), citado por Alvarenga (1996), os solos sob mata apresentaram maiores porcentagens de terra fina, argila, argila dispersa em água, maior volume total de poros, macroporosidade, microporosidade, maiores teores de matéria orgânica e maior diâmetro médio de agregados na camada superficial, apresentaram-se mais profundos que os solos sob campo, com consequente maior capacidade de armazenamento de água no perfil. Os solos sob campo apresentaram maiores porcentagens de frações grosseiras (maiores que 2,0mm); teores de areia total e densidade do solo e, consequentemente, menores teores de água disponível e capacidade de armazenamento de água.

Os sistemas de cultivo do solo modificam as características físicas, químicas e biológicas do ecossistema edáfico, sendo que a amplitude destas mudanças corresponderá diretamente ao nível de perturbação do ambiente, combinado com o tipo de solo e fatores climáticos (Carvalho, 1997). Embora o objetivo do preparo do solo seja alterar algumas de suas propriedades físicas,

conferindo-lhe novas condições que favoreçam o crescimento e desenvolvimento das plantas, via de regra ele tem proporcionado deterioração dessas propriedades. Dentre os fatores relacionados com o preparo do solo que podem causar modificações no perfil, Centurion e Demattê (1992) destacam a intensidade de revolvimento, tipo de equipamento, manejo de resíduos vegetais e condições de umidade do solo no momento do trabalho.

Cardoso, Potter e Dedecek (1992) identificaram profundidade de enraizamento, espessura da camada superficial do solo, capacidade de armazenamento de água e nutrientes, capacidade de infiltração, mecanização e teor de matéria orgânica, como as características mais importantes na determinação do potencial produtivo dos solos.

Os sistemas de preparo do solo envolvendo arado de aiveca, arado de discos e grade pesada, segundo Carvalho (1984) e Saraiva (1987), apresentaram na camada de 0-10cm, menores teores de carbono orgânico em relação ao sistema plantio direto e mata. Entretanto, Centurion, Dematte e Fernandes (1985) e Centurion (1987) constataram que, apesar do aumento da matéria orgânica na camada de 0-5cm do plantio direto, porém, este não foi suficiente para atenuar os efeitos causados pelo endurecimento da camada superficial, gerando limitação na produção das culturas.

As propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd), fase cerrado, foram estudadas por Fernandes (1982), comparando áreas com seis anos de uso e declividade menor que 6%, em modalidades de uso rotação soja/trigo, café e uma gleba de vegetação natural. Na camada superior do solo foi observado um elevado decréscimo nos agregados maiores que 2,0mm sob cultivo soja/trigo, quando comparado com café e vegetação natural de cerrado (testemunha). Em todos os tratamentos, o equivalente de umidade foi ligeiramente mais alto para os primeiros 10,0cm, enquanto para todas as profundidades analisadas, houve um aumento na densidade aparente do solo

soja/trigo, seguido do solo sob café. Entretanto, em nenhum caso o aumento da densidade aparente foi suficiente para comprometer o espaço radicular. De acordo com Archer e Smith (1972), os limites máximos tolerados da densidade aparente para solos argilosos é de $1,2g.cm^{-3}$, sendo que solos com densidade aparente acima de $1,3g.cm^{-3}$ apresentam sérias desvantagens quanto à permeabilidade e aeração.

Cunha (1995), conduziu no município de Viçosa (MG), em uma encosta onde parte da área estava coberta pela cultura do café (*C. arabica* L.) com treze anos de implantação e a outra parte estava coberta com mata secundária, onde a lavoura e a mata ocupavam uma topossequência, sob influência de condições similares de solo, clima e relevo. Em um Latossolo Vermelho-Amarelo com horizonte A moderado, observou-se que a densidade do solo aumentou sob cultivo de café, comparado ao solo sob mata e a porosidade total diminuiu, principalmente na camada de 0-10cm. O teor de argila dispersa em água aumentou com a implantação da lavoura, o teor de nutrientes do solo não diferiu nas duas condições de cobertura vegetal, no topo e na posição íngreme do terreno, enquanto, no sopé da encosta ocorreu maior concentração de nutrientes, no solo sob cultura do café. Os níveis de P, K, Ca e Mg encontrados no solo sob mata foram muito baixos (Cunha, 1995).

O uso de gradagens permanentes em pomar de laranja reduziu a agregação do solo após 16 anos, além de formar uma camada compactada na profundidade de 10- 15cm, e a utilização de herbicidas pré-emergentes induziu à formação de crostas superficiais, alterando as propriedades físicas do solo e reduzindo a velocidade de infiltração de água (Cintra, Coelho e Cunha Sobrinho, 1983). Foi verificada uma redução nos valores percentuais do diâmetro médio dos agregados após quatro anos de uso de enxada rotativa em um Podzólico Vermelho-Amarelo (Silveira e Kurachi, 1981). Bentley (1991) também registrou alterações na estrutura do solo devido ao tráfego de máquinas e de implementos

de cultivo, que provocaram compactação, reduzindo o fluxo de água, retardando a drenagem, ou restringindo o crescimento radicular e a difusão de gases, o que afetou, consequentemente, o rendimento da colheita.

Alcântara (1997), estudando os efeitos de vários métodos de controle de plantas daninhas em cafezal sobre alguns indicadores de qualidade do solo, após 18 anos de pesquisa, observou que o tratamento sem capina aumentou o teor de matéria orgânica (m.o.) em 85% e 75%, nas camadas de 0-15 e 15-30cm, respectivamente. O aumento da m.o. afetou, consequentemente outros parâmetros, diminuiu a densidade do solo (Ds) e aumentou a porosidade e a estabilidade dos agregados em água (EA). O uso de herbicida de pré-emergência, entretanto, mostrou efeito oposto à testemunha sem capina, apresentando o menor teor de m.o., uma alta Ds, baixa porosidade e menor EA, além de permitir a formação de encrostamento superficial e de apresentar uma baixa argila dispersa em água, indicando uma alta dispersão, seguida de processo erosivo. O tratamento enxada rotativa formou, na camada de 15-30cm, uma camada adensada denominada "*pan*". A melhoria na qualidade do solo, expressa pelos atributos físicos e químicos, observada na testemunha sem capina, não refletiu em ganho no rendimento em sacas beneficiadas/ha. Entretanto, verificou-se que a diferença média de rendimento entre o herbicida de pré-emergência (tratamento mais produtivo) e a testemunha sem capina foi de apenas 2,96 sacas beneficiadas/ha. Esta diferença em sacas beneficiadas foi parcialmente compensada pelo menor custo de manejo do tratamento sem capina, que foi apenas trilhado, com melhoria de qualidade do solo.

O conhecimento das propriedades físicas do solo sob a ótica de sua pedogênese ou do manejo adotado evidenciará os melhores indicadores de impacto no mesmo, quando forem comparados o agroecossistema cafeeiro em relação ao ecossistema natural. Partindo desse pressuposto, infere-se, então, que

quanto mais sustentável for o manejo, menores serão as diferenças nas propriedades do solo em relação às condições naturais.

## 2.5 Alterações nas propriedades químicas do solo

Considerando que o solo é a base para uma agricultura sustentável, é necessário adotar práticas de manejo que conservem e/ou restaurem sua fertilidade a fim de manter a produtividade (Alvarenga, 1996).

As medidas para avaliação da capacidade produtiva do solo, bem como a manutenção e o melhoramento desta, só terão efeito se o solo for considerado como parte do ecossistema (Alvarenga e Souza, 1995). O uso intenso das terras exploradas com culturas perenes ressalta a necessidade de se manter uma exploração racional a fim de preservar o potencial produtivo dos solos; sendo assim, o conhecimento das propriedades químicas do solo é uma ferramenta fundamental para direcionar práticas que reduzam o depauperamento a níveis toleráveis.

A preocupação com os efeitos de monocultivos, notadamente do cafeeiro, sobre os ecossistemas é uma constante, como tem sido observado em vários debates e estudos. Cunha (1995) concluiu que a forma como vem sendo manejada a cultura do café em Viçosa/MG, nas suas condições de estudo, tem trazido consequências como: compactação do solo, perda de nutrientes via erosão, o que, na maioria das vezes, traz reflexo negativo na produção.

Por outro lado, o sistema de produção de café orgânico vem surgindo como uma alternativa tecnológica e economicamente rentável, que visa eliminar os impactos ambientais provocados pelo uso irracional dos recursos naturais e pela adoção de tecnologias que agridem o meio ambiente. Com a adoção do manejo orgânico do solo ocorre uma melhoria da estruturação e rápida cobertura do solo, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e a exploração de

um maior volume do solo pelo cafeeiro. Apesar de existirem controvérsias, a respeito da viabilidade agronômica da cafeicultura orgânica, acredita-se no incremento da fertilidade dos solos bem manejados e significativa melhoria das suas propriedades químicas.

A adoção de sistemas de plantio do cafeeiro com alta densidade de plantas por unidade de área vem se constituindo uma saída para se praticar um manejo sustentável. Inúmeros trabalhos realizados com espaçamentos (Pavan, Chaves e Mesquita Filho 1986; Pavan, Chaves e Androcioli Filho 1994; Nacif, 1997) têm demonstrado que o adensamento é uma prática conservacionista do solo, evitando a erosão. De acordo com Corrêa *et al.* (1998), o adensamento compreende o uso de espaçamentos que resultam numa população cafeeira variando de 5.000 a 10.000 plantas por hectare, quatro a cinco vezes maior que a normalmente utilizada. Estudos a respeito da população ideal apontam uma densidade próxima de 6.000 plantas $ha^{-1}$ (Arcila-Pulgarín e Chaves-Córdoba, 1995; Nacif, 1997).

O adensamento do cafeeiro é o sistema que mais se aproxima do ecossistema natural, concluíram Pavan *et al.* (1997) após quatorze anos da implantação do experimento a campo, em um Latossolo Roxo distrófico, com A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado. A melhoria da capacidade produtiva do solo foi constatada através dos aumentos sistemáticos no pH, Ca, Mg, K, P, carbono orgânico, estabilidade de agregados, retenção de água e diminuição de Al tóxico.

O acúmulo de matéria orgânica no solo foi apontado como o aspecto mais importante, que atua diretamente na melhoria da produtividade em cafezal adensado, devido à sua alta contribuição (80-90%) para a capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos no Paraná (Pavan, Bingham e Pratt, 1985).

O processo de acidificação pode ser retardado através de práticas conservacionistas ou acelerado pela erosão, lixiviação, oxidação e adição

de fertilizantes acidificantes largamente utilizados na cafeicultura convencional. A calagem é a prática mais utilizada para neutralizar a acidez e melhorar a fertilidade dos solos, efeitos similares podem ocorrer com o "*mulch*" em lavouras cafeeiras, plantio direto ou plantio na palha (Sidiras e Pavan, 1985) e adição de resíduos vegetais (Miyazawa, Pavan e Calegari, 1993).

Malavolta (1993) explica a origem da acidez dos solos, listando algumas das suas causas mais relevantes, como: a) a lixiviação de bases ao longo dos anos (Ca, Mg e, em menor grau K), que são substituídas por íons $H^+$, os quais, em parte, passam para a solução do solo, e, principalmente por íons $Al^{+3}$ resultantes da decomposição dos minerais de argila em condições de altas concentrações hidrogeniônicas, os quais, também em parte, passam para a solução do solo; b) no processo de absorção radicular, a raiz "troca" cátions da solução do solo ($K^+$, $Ca^{+2}$ e $Mg^{+2}$ principalmente) por íons $H^+$; c) os adubos nitrogenados não nítricos ao serem nitrificados no solo geram $H^+$. O $NH^+_4$ pode estar contido no sulfato de amônio, no nitrato de amônio ou se originar da hidrólise da uréia pela ação da urease; e d) a utilização de cloreto de potássio na adubação do cafeeiro aumenta o teor de dois componentes da acidez do solo: o alumínio e o manganês.

Iyamuremye e Dick (1996) demonstraram que as mudanças no pH têm sido atribuídas por alguns autores às altas concentrações de cátions de natureza básica, e, citam uma série de estudos que apresentam resultados favoráveis ao efeito da matéria orgânica na elevação do pH.

As alterações das propriedades de um podzólico vermelho-amarelo e a influência da posição da cultura relativa à linha de plantio, durante a substituição da mata natural pela cultura da laranja, foram avaliadas após dezoito anos por Sanches (1998). O cultivo provocou redução no pH, na saturação por bases, no teor de matéria orgânica, na CTC do solo e na atividade microbiana. Houve aumento do teor de P na projeção da copa das plantas e da densidade do solo nas

duas profundidades estudadas (0-20 e 20-40cm). A estrutura do solo, quantificada através da densidade do solo, foi a variável mais alterada pelo cultivo, seguida da CTC e teor de matéria orgânica.

Em sistemas de manejo orgânico do cafeeiro, a prática do adensamento tem sido largamente adotada pelos cafeicultores, um fator limitante para sua adoção seria a redução da biodiversidade vegetal nas entrelinhas da cultura. É possível que a longo prazo as normas de produção vegetal das certificadoras do Brasil, evoluam no sentido de exigir um espaçamento mínimo para o plantio de café orgânico, que apresente viabilidade econômica e ambiental, bem como a arborização das lavouras.

De acordo com Fernandes (1986), a arborização deve ser feita com espécies adaptadas às condições ecológicas de cada região, com fuste ereto e sem perda de folhas nos períodos de geadas e ventos frios. Devem ser de crescimento rápido e vida longa, folhagem que permita a filtração dos raios solares, sistema radicular não superficial e que não concorra com as raízes do cafeeiro. A introdução de espécies árboreas pode ser um componente importante no equilíbrio ecológico da lavoura, como quebra-vento e fonte de matéria orgânica para a adubação do cafeeiro, havendo a necessidade de estudos com experimentos instalados à campo. Alguns trabalhos já estão sendo conduzidos, como os de Alvarenga (2000a); Alvarenga (2000b) e Matsumoto *et al.* (2000).

Corrêa *et al.* (1998) avaliaram os efeitos do manejo da densidade populacional de cafeeiros (de 1.667 a 10.000 plantas/ha) após dezesseis anos de cultivo, como fator melhorador da fertilidade do solo e da produtividade. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro e utilizou-se a cultivar Mundo Novo, linhagem Acaiá LCP-474-4. Foi observada uma maior produtividade do cafeeiro sob sistema de plantio adensado com menor utilização de fertilizantes, e uma correção mais eficiente do alumínio em profundidade, com consequente melhoria da fertilidade do solo.

Existem trabalhos suficientes comprovando que o aumento da população de cafeeiros por unidade de área proporciona incremento na produção; e foram obtidos resultados contraditórios em relação à utilização da matéria orgânica em plantios comerciais de café. Alguns autores apontam efeitos benéficos (Gomes *et al.* 1965; Bragança, 1985 e Pavan, 1993) ou indiferentes (Franco *et al.*, 1960; Pavan, Chaves e Mesquita Filho, 1986; Falco, 1999). A matéria orgânica, desde que utilizada de forma equilibrada e balanceada, observando-se o conteúdo de nutrientes e o seu preço final, poderia substituir a adubação química (Viana e Miguel, 1992; Fernandes *et al.*, 2000). Vários estudos evidenciam a possibilidade de substituição parcial das adubações NPK por adubos orgânicos, desde que se mantenha o equilíbrio das adubações com estes nutrientes para o cafeeiro (Santinato, Barros e Santo, 1983; Garcia *et al.*, 1983; Bragança, 1985; Furtini Neto, Curi e Guimarães, 1995; Barros *et al.*, 1999). Com base nos resultados obtidos nesses trabalhos citados acima, sugere-se o aumento no número de repetições (mínimo de cinco) e no tamanho das parcelas (0,5 a 1,0há) em experimentos de campo envolvendo adubação orgânica, devido à grande variação que se encontra nos resultados de análise de solo e de folhas, bem como nas medições de campo e um acompanhamento por um período de no mínimo 3 anos, para avaliar os efeitos da incorporação de matéria orgânica nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

O plantio de café orgânico vem aumentando nas diversas regiões produtoras de café do Brasil, porém, pouco se conhece sobre o efeito do manejo orgânico do solo, que utiliza fertilizantes orgânicos e minerais de baixa solubilidade, associados ao controle alternativo de pragas, doenças e invasoras, bem como a cobertura vegetal permanente do solo. Este fato é de suma importância, sabendo-se que a maioria dos solos utilizados para produção de café sob clima tropical, geralmente apresentam baixa fertilidade natural devido à alta acidez, presença de Al e Mn em teores moderados a altos, baixa saturação

por bases e alta adsorção de fósforo. Com relação à topografia, quando se apresenta ondulada, maximiza os processos que favorecem a erosão.

## 2.6 Alterações na atividade microbiana do solo

O solo pode ser encarado como um *habitat* microbiano por excelência, local de vida de inúmeras e variadas populações de todos os tipos de microorganismos, e mesmo como reservatório final da grande diversidade genética de quase todos estes (Cardoso e Freitas, 1992).

A quantificação do trabalho dos microorganismos na melhoria do solo e desenvolvimento das plantas pode ser medida através da biomassa microbiana, definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, representando o primeiro estádio do carbono dos resíduos em decomposição no solo (Jenkinsom e Ladd, 1981; Siqueira, 1993; De-Polli e Guerra, 1996). Existem três aspectos que ressaltam a importância da biomassa microbiana: a) sua constituição apresenta células vegetativas em plena atividade funcional, capazes de promover importantes alterações no sistema solo, atuando como catalisadores para as transformações da matéria orgânica do solo; b) é o maior componente lábil da matéria orgânica do solo (1-4% do carbono total do solo), constituindo um importante reservatório de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (2-6% do N total, 2-5% do P total do solo); c) representa um indicador de grande sensibilidade para avaliar as mudanças do solo, sendo influenciada pelas adubações, métodos de cultivo e condições edafoclimáticas (Siqueira, 1993). A biomassa microbiana é um parâmetro citado por Carter (1986), que funciona como um ótimo índice para detectar alterações nas propriedades biológicas do solo, devido ao seu manejo.

A dependência da biomassa microbiana em relação à matéria orgânica na forma de resíduos pode ser observada nos solos sob pousio, nos quais é baixa

(Carter, 1986; Santruckova, 1992). Solos sob cultivo possuem uma biomassa maior, que aumenta de acordo com o conteúdo de carbono orgânico dos solos, prevalecendo na camada 0-5cm dos solos sob campo e floresta. Santruckova (1992) encontrou sob floresta, baixos valores da relação carbono microbiano/carbono orgânico, enquanto, no pousio, estes valores foram altos. Isso indica que, a elevada taxa de mineralização do carbono, é resultado de uma otimização energética nos solos cultivados, que quando comparados aos solos de ecossistemas naturais, possuem menores entradas de carbono e maiores taxas de mineralização.

Os efeitos da adubação nitrogenada química e orgânica (esterco bovino), com palhada incorporada ou queimada sobre a biomassa carbono do solo, nas profundidades 0-10 e 10-20cm, foram analisados por Collins, Rasmunssen e Douglas (1992). A queima da palhada reduziu a biomassa microbiana do solo pela diminuição do retorno de material orgânico ao solo. As parcelas com esterco bovino apresentaram maior biomassa microbiana do solo do que as de fertilizante químico, pois supriram a biomassa do carbono e nitrogênio, que já se encontrava em forma prontamente disponível aos microrganismos.

Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana do solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico foram realizados por Aquino, De-Polli e Ricci (1998). A densidade das minhocas variou de 145-225 indivíduos.$m^{-2}$ no manejo orgânico e de 3-81 indivíduos.$m^{-2}$ no convencional. A estimativa da biomassa microbiana em amostras de solo (0-5cm de profundidade) coletadas em quatro épocas diferentes, variou de 38-168$\mu$gC.$g^{-1}$ de solo no manejo orgânico e de 51-122$\mu$gC.$g^{-1}$ de solo no manejo convencional.

Entre os organismos do solo que beneficiam as plantas, os fungos micorrízicos ocupam um lugar de destaque. Perry e Amaranthus (1990) citados por Colozzi Filho (1999), afirmam que 90% das espécies de plantas são capazes

de formar micorrizas, originando basicamente dois grupos de fungos micorrízicos: os que formam ectomicorrizas, nas quais as hifas se enrolam apertadas ao redor das células da raiz, mas raramente penetram nelas; e as endomicorrizas arbusculares, em que as hifas do fungo penetram as células da raiz.

Micorrizas arbusculares podem ser definidas como associações simbióticas mutualistas formadas entre os fungos da família Endogonaceae, Zigomicotina (Morton e Benny, 1990) e raízes da maioria das plantas superiores, caracterizando-se pela penetração do micélio fúngico inter e intracelularmente.

A micorrização, sob um ponto de vista prático, tem na melhoria nutricional um reflexo imediato e promissor desta prática. Plantas micorrizadas têm seus requerimentos nutricionais reduzidos da metade até 1/10 quando comparadas com aquelas não micorrizadas (Siqueira e Franco, 1988). Efeitos mais acentuados foram registrados por Pacovsky (1989) para nutrientes como P, Zn e Cu, que possuem baixa mobilidade no solo para a maioria das plantas, e N para as leguminosas, favorecendo a nodulação e fixação biológica do $N_2$. O aumento da área de superfície das raízes micorrizadas é apontado como o principal fator que facilita a absorção de nutrientes pelas raízes; cada raiz colonizada pode conter até 1,5m de hifa em cada centímetro. As hifas se espalham no solo, e quando a difusão é limitante, podem representar aumentos de até 10-60 vezes na superfície e absorção do nutriente, respectivamente. Deste modo, Silveira (1992) comenta que a utilização dos nutrientes da solução do solo, mineralizados ou fornecidos via fertilização, será aumentada e o requerimento de fertilizantes reduzido na mesma proporção.

Atualmente são conhecidas aproximadamente cento e cinquenta espécies de fungos micorrízicos arbusculares, distribuídas em seis gêneros, que são: *Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Glomus, Sclerocystis e Scutellospora* (Morton e Benny, 1990). As populações nativas de fungos micorrízicos

arbusculares em ecossistemas não alterados apresentam diversidade biológica variando em torno de aproximadamente vinte e cinco espécies. No entanto, em agrossistemas a diversidade diminui, variando de 5-15 espécies (Sieverding, 1991). A diminuição da diversidade de plantas é a causa da menor diversidade observada quando sistemas naturais são cultivados (Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira 1989; Sieverding, 1991). Monoculturas, por exemplo, caracterizadas pela manutenção de apenas uma espécie vegetal por área, com eventuais invasoras não controladas, apresentam uma menor diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (Colozzi Filho, 1999).

Analisando a elevada dependência em relação à micorrização na fase de formação de mudas de cafeeiro, a simbiose micorrízica assume um importante papel para esta cultura (Siqueira e Colozzi Filho, 1986). No campo, os efeitos negativos do monocultivo sobre a seleção de espécies podem ser eliminados com a manutenção de uma população de fungos micorrízicos arbusculares diversificada (Johnson *et al.*,1992).

No entanto, foi observado por Lopes *et al.* (1983), que em condições de campo, as espécies de fungos micorrízicos arbusculares eficientes não são de ocorrência comum, provavelmente por não se adaptarem às condições edafoclimáticas. Entretanto, em cultivos de cafeeiro, é naturalmente encontrada grande diversidade de espécies (Oliveira *et al.*, 1990).

Segundo Saggin Júnior e Siqueira (1996) citados por Colozzi Filho (1999), na rizosfera do cafeeiro já foram identificadas quarenta e cinco espécies de *Glomales*, sendo doze de *Acaulospora*, dezessete de *Glomus*, seis de *Scutellospora*, quatro de *Gigaspora*, quatro de *Sclerocystis* e duas de *Entrophospora*, observando-se que a frequência de ocorrência é maior para espécies do gênero *Acaulospora*, seguido de *Glomus*, e a menor frequência de ocorrência foi para espécies do gênero *Gigaspora*.

Fernandes (1987) cita, como espécies dominantes em cafeeiros do Sul de Minas Gerais, *A. scrobiculata*, *A. morrowiae* e *A. mellea*, com índice de ocorrência maior de 50%. Foi relatada, neste mesmo estudo, a ocorrência de baixa densidade relativa de esporos de *G. margarita* e G. *etunicatum* nas populações de fungos nativos.

A dificuldade de correlacionar características gerais de solo com ocorrência de espécies, número de esporos e colonização micorrízica foi constatada por Saggin Júnior e Siqueira (1996). Contudo, os autores citam que o incremento do teor de matéria orgânica do solo pode favorecer a ocorrência de *A. morrowiae* e *E. Colombiana* e apresentar efeito negativo sobre *A. scrobiculata*. Em relação ao pH, os autores citam maior ocorrência de *A. morrowiae*, *A. mellea* e *E. Colombiana* em pH baixo e *A. scrobiculata* e *G. etunicatum* em pH mais elevado.

Pereira *et al.* (1998) estudando populações microbianas do solo em cafeeiro sob manejo convencional e orgânico em São Sebastião do Paraíso/MG, verificaram diferenças acentuadas no comportamento das populações de bactérias em geral em função do tipo e manejo do solo. As densidades das populações bacterianas foram superiores na área com cultivo orgânico, em relação a área com cultivo convencional, porém, este efeito não foi observado para as populações de actinomicetos e de fungos. Tais resultados podem estar associados a valores mais baixos de pH, observados no cultivo convencional, assim como a um maior aporte de matéria orgânica ocorrido no sistema orgânico. Detectou-se, também, que o manejo orgânico aumentou a densidade de populações de bactérias diazotróficas, sendo observada pela primeira vez na cultura do café, a presença do gênero *Herbaspirillum sp.* Em relação aos fungos micorrízicos presentes na rizosfera do café orgânico e convencional, foram detectadas as seguintes espécies: *Glomus macrocarpum*, *G. etunicatum*, *G. clarum*, *G. formosanum*, *Acaulospora scrobiculata* e *A. morrowiae*. As espécies

*Gigaspora margarita* e *Scutellospora heterogama* só foram encontrados sob sistema orgânico. Portanto, foi registrada uma maior diversidade de espécies sob sistema orgânico do que no convencional, sendo que, neste último, as espécies *Glomus macrocarpum, G. etunicatum* aparecem em maior quantidade. Na primeira coleta não houve predomínio das espécies avaliadas, mas na segunda amostragem, a espécie *Acaulospora scrobiculata* se destacou, registrando-se também a presença de *A. morrowiae.*

As práticas de cultivo, além dos efeitos diretos sobre o solo, podem alterar as populações microbianas e também os fungos micorrízicos. O cultivo intercalar de leguminosas entre culturas perenes, em especial no cafeeiro, para fins de adubação verde, é bastante utilizado (principalmente na produção do café orgânico). A eficiência da fixação biológica do N nas leguminosas está associada à disponibilidade de P no solo e à sua absorção pelas plantas relacionadas à micorrização. A maioria das leguminosas é colonizada por fungos micorrízicos arbusculares e por isso desenvolve-se bem e nodula em solos com baixos teores de P (Cardoso, 1985; Herrera, Salamanca e Barea, 1984). Portanto, as leguminosas são hospedeiros efetivos de fungos micorrízicos arbusculares e podem atuar sobre sua diversidade e potencial de inóculo natural no solo.

O cultivo intercalar é uma prática de manejo que também pode alterar as populações de fungos micorrízicos arbusculares nativos. Por cultivo intercalar entende-se o cultivo de uma espécie vegetal secundária, realizado simultaneamente entre a cultura principal, com objetivos de cobertura do solo, controle de pragas ou mesmo adubação verde. O efeito da cultura intercalar na cultura do cafeeiro dependerá do número de linhas plantadas (e seu espaçamento), da cultura intercalar e do espaçamento utilizado na lavoura de café. Estudo realizado nos dois primeiros anos de formação, numa lavoura da cultivar Catuaí com espaçamento 4,0 x 1,0m, utilizando diversas culturas anuais em diferentes densidades de plantio, obteve resultados positivos para as culturas

do arroz (uma, três e cinco linhas de plantio entre as fileiras de cafeeiros), feijão (três linhas) e milho de porte baixo (uma linha), verificando-se um aumento de produção dos cafeeiros em relação à testemunha (Meles e Silva, 1978 citados por Guimarães e Mendes, 1997).

Colozzi Filho (1999) avaliou o efeito do cultivo intercalar de leguminosas de verão, como leucena (*Leucaena leucocephala*), *Crotalaria spectabilis*, *C. breviflora*, mucuna cinzenta (*Stizolobium pruriens*), mucuna anã (*Stizolobium deeringianum*), amendoim cavalo (*Arachis hipogeae*) e caupi (*Vigna unguiculata*) para adubação verde do cafeeiro (*C. arabica* L.) variedade Catuaí Amarelo, sobre a ocorrência e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares (MA) no solo e a micorrização. O autor concluiu que o cultivo de leguminosas na entrelinha de plantio do cafeeiro aumentou a diversidade de espécies e número de esporos de fungos MA no solo. O cafeeiro e as leguminosas estimularam populações de fungos micorrízicos diferentes na sua rizosfera. *Acaulosporaceae* foram mais frequentes no cafeeiro e *Gigasporaceae*, principalmente *Scutellospora gilmorei*, nas leguminosas.

## 2.7 Alternativas para um manejo sustentável em lavouras cafeeiras

Na agricultura natural, a lei do mínimo de "Liebig" é enfatizada na produtividade do solo, em nova conceituação. O crescimento vegetal depende de uma combinação favorável de propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, uma vez que se qualquer uma delas estiver em desequilíbrio em relação às outras, poderá reduzir ou mesmo anular inteiramente o crescimento das plantas (Miyasaka e Okamoto, 1993).

Theodoro e Caixeta (1999) recomendam a utilização da matéria orgânica objetivando o efeito condicionador do solo e a nutrição das plantas através da sua mineralização, adotando três tipos de manejo: a) matéria orgânica sobre o

solo: aplicação superficial de palhas, cascas, adubação verde roçada, visando a formação de cobertura morta para proteção do solo contra os efeitos dos impactos das gotas de chuva e/ou irrigação, diminuição da perda de água por evaporação, redução das oscilações bruscas de temperatura e impedimento físico ao crescimento de ervas espontâneas. b) matéria orgânica incorporada ao solo: utilizando material diverso, desde que compostado. O composto humificado apresenta uma relação C/N em torno de 10/1 (Kiehl, 1998) e por isso pode ser incorporado superficialmente. c) matéria orgânica para a planta: recomenda-se a aplicação de resíduos orgânicos mais facilmente mineralizáveis, ricos em nitrogênio com baixa relação C/N, como estercos animais, tortas, cinzas, biofertilizantes, bokashi, húmus de minhoca, visando complementar a nutrição da planta. Uma nutrição rica e equilibrada, tanto para o solo quanto para a planta, é resultado da utilização das três formas citadas acima manejadas conjuntamente.

As principais fontes naturais de matéria orgânica em uma lavoura cafeeira são: resíduos vegetais de ervas daninhas, folhas e ramos do cafeeiro caídos naturalmente ou desprendidos durante a colheita, compostos orgânicos liberados pelas raízes, tais como exsudatos, mucilagens e células mortas; respiração radicular e microbial e decomposição de raízes e microorganismos mortos (Pavan, Bingham e Pratt, 1985), mas poucos são os trabalhos específicos sobre a contribuição destas fontes de matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo.

A adição de palha de café ao solo é uma prática bastante usual em lavouras cafeeiras, constituindo uma ótima alternativa para áreas de agricultura com baixo uso de fertilizantes. Paes *et al.* (1996) concluíram que a decomposição da palha de café foi influenciada pela classe do solo: Areia Quartzosa (AQ) > Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) > Latossolo Vermeho-Escuro (LE). A adição de palha de café proporcionou aumento da CTC nos três

solos estudados, sendo maior o aumento quanto menor foi o teor de argila do solo. O aumento do pH do solo foi verificado nos tratamentos com palha de café, sendo o efeito mais marcante nos solos de menor pH. Resultados positivos na produção do cafeeiro (*C. arabica* L.), resultantes da aplicação de diferentes dosagens de palha de café e esterco de curral, complementados com calcário, superfosfato simples, sulfato de zinco e ácido bórico, foram relatados por Barros *et al.* (1999) em experimento conduzido em Martins Soares (MG). Comparando-se com a adubação exclusivamente química, os autores constataram incremento na produção, introduzindo a adubação orgânica, de até 20 sacas beneficiadas/ha, após três safras.

O controle das ervas espontâneas na lavoura cafeeira é uma prática que vem evoluindo de forma mais racional, evitando a concorrência direta dessas plantas com os cafeeiros e, ao mesmo tempo, utilizando a presença das mesmas nas ruas da lavoura como fonte alternativa de matéria orgânica, para melhorar a qualidade do solo explorado. Esta melhoria advém da alteração das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo pelo acréscimo de matéria orgânica fornecida com a ciclagem das plantas espontâneas, cuja presença favorece e diversifica a fauna e a microbiota do solo; altera substancialmente fatores, tais como a estrutura do solo, diminui a perda de solo e de adubos pelas erosões laminares; evita adensamento das camadas superficiais e melhora o nível de fertilidade do solo, contribuindo para a manutenção de uma cafeicultura sustentável (Alcântara, 1998).

A utilização da arborização na cafeicultura pode ser um componente importante no equilíbrio ecológico e está sendo apontada como a saída para a manutenção da sustentabilidade da lavoura cafeeira. Sua importância verifica-se sob vários aspectos, entre os quais ressaltam-se a ciclagem de nutrientes, a presença de controladores naturais de pragas e a possibilidade de aumentar a renda ou melhorar a utilização da mão-de-obra na entressafra. No que diz

forma inadequada, podem proporcionar grandes problemas de ordem ambiental, causando contaminação do solo e água. A casca de frutos de cafeeiros, associada às águas residuárias da suinocultura, podem produzir compostos orgânicos para posterior aproveitamento agrícola. Essas águas residuárias, por serem ricas em nitrogênio, são excelentes meios de fermentação do material palhoso, equilibrando a relação C/N, favorecendo o processo de decomposição e obtenção do material orgânico estabilizado. O uso de águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio para compostagem de cascas de fruto do cafeeiro foi avaliado por Sediyama *et al.* (2000), tendo proporcionado a produção de adubo de elevado valor fertilizante.

Sistemas de produção que utilizam adubos químicos de alta solubilidade, geralmente promovem desequilíbrios nos teores e nas relações entre os minerais. Neste aspecto, destaca-se o excesso de N, que favorece o desenvolvimento de pragas e doenças em várias culturas comerciais (Souza e Ventura, 1997). Como alternativa complementar na busca da minimização do ataque de insetos, fungos e bactérias e outros organismos sobre a cultura, têm-se utilizado, em sistemas de produção orgânicos, receitas caseiras, preparadas à base de extrato de plantas e de outras substâncias pouco ou não agressivas ao meio ambiente. Alguns resultados positivos têm sido alcançados através de experiências, em sua maioria realizadas de forma empírica, e em grande parte pelos próprios produtores, o que incentivou diversos autores a publicar um conjunto de recomendações nesta área (Primavesi, 1988; Abreu Júnior, 1998; Burg e Mayer, 1998). Um aspecto que precisa ser ressaltado é a presente necessidade de explorar mais este campo de estudo, tanto no sentido da busca de novas alternativas tecnológicas quanto na consolidação científica de muitas das recomendações já existentes.

## 2.8 Efeitos da adubação, tipo de colheita e preparo na qualidade de bebida do café

O término do Acordo Internacional do Café (AIC) em julho de 1989, que garantia a exportação de 30% do café produzido no Brasil, proporcionou a livre negociação para o mercado internacional baseada em parâmetros qualitativos do produto. Fatores como o aumento da produção mundial, a melhoria do marketing dos cafés produzidos em outros países e a crescente demanda por cafés de bebida superior, estão prejudicando as exportações brasileiras. Esse quadro pode ser revertido através da oferta de um produto final de melhor qualidade, que possa competir com os cafés suaves colombianos e de outros países, como a Jamaica, Costa Rica, El Salvador, Etiópia e Quênia, que são países produtores de cafés de alta qualidade.

A qualidade de bebida está diretamente relacionada com diversos constituintes físicos e químicos responsáveis pela aparência do grão torrado, pelo sabor e aroma característico da bebida. Dentre esses constituintes, destacam-se os compostos voláteis, fenólicos (ácido clorogênico), ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas, cuja presença, teores e atividades conferem ao café um sabor e aroma peculiares (Amorim, 1978).

A resenha dos resultados mais relevantes referentes à qualidade de bebida indica que os piores cafés possuem menos proteínas solúveis e ácido ascórbico, baixo teor em carboidratos e lipídeos; mais aminoácidos livres, ácido clorogênico e fenóis e maior teor de ácidos graxos livres com baixo conteúdo de lipídeos (Silva, 1995).

A atividade enzimática da polifenoloxidase está correlacionada positivamente com a qualidade da bebida do café, como demonstraram Leite (1991), Carvalho *et al.* (1994), Chagas (1994), Pimenta (1995), Silva (1995), Silva (1999), Lopes *et al.* (2000).

A enzima polifenoloxidase encontra-se ligada `as membranas e é ativada somente quando liberada destas (Amorim, 1978). Amorim e Silva (1968) relatam que a enzima polifenoloxidase liberada atua nos polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, cuja oxidação é então facilitada, enquanto os polifenóis são transformados em quinonas, substâncias que inibem ou diminuem a atividade das polifenoxidases. Qualquer fator ambiental que altere a estrutura da membrana, como, por exemplo, o ataque dos insetos, infecções por microorganismos, alterações fisiológicas e danos mecânicos, provoca uma rápida deterioração dos grãos de café (Chagas, 1994).

Entre outros fatores, a nutrição mineral do cafeeiro parece afetar a qualidade da bebida, principalmente quando há uma acentuada deficiência ou excesso de alguns nutrientes (Amorim, 1978). Entretanto, poucos são os trabalhos enfatizando a influência da adubação do cafeeiro na qualidade do grão. Silva (1995) estudou o efeito de fontes de K (KCl, $K_2SO_4$ e KMag) e doses (0, 100, 200 e 400g de K/cova) nos aspectos qualitativos do grão beneficiado do café. Os resultados da atividade da polifenoloxidase, acidez titulável total, índice de coloração e teores de açúcares totais mostraram que, o sulfato de potássio promoveu uma melhor qualidade do café e o cloreto de potássio teve um efeito prejudicial na qualidade do café. Verificou-se também que o aumento das doses de KCl ocasionou uma redução no teor de cafeína. Esses resultados indicaram possibilidades de se obter uma melhoria na qualidade de bebida do café com o uso de fontes de potássio isentas de cloreto.

Silva (1999) obteve outros resultados estudando o efeito de fontes e doses de K na qualidade do café, em lavouras cultivadas em duas condições edafoclimáticas. Os resultados reafirmaram a melhor resposta, em termos de qualidade dos grãos, para as fontes $K_2SO_4$ e $KNO_3$ em relação ao KCl, na cidade de São Sebastião do Paraíso/MG em relação a Patrocínio/MG.

Nas principais regiões produtoras de café do Brasil, o cafeeiro floresce 2 a 3 vezes ao ano, nos períodos compreendidos entre agosto e outubro. É regra geral, no Brasil, fazer uma só colheita dos grãos. Como estes grãos foram originados de floradas diferentes, consequentemente nem todos estarão no ponto ideal de colheita na mesma época. A superioridade dos frutos maduros tem sido ressaltada por diversos autores, como Oliveira (1972), Leite (1991), Chagas (1994) e Pimenta (1995).

A boa qualidade do café depende, também, em grande parte do sistema de colheita. A derriça no pano é o processo mais recomendado para as regiões de altitude elevada e de inverno úmido e em áreas de solo argiloso. O café é derriçado sobre panos colocados sobre o chão, um de cada lado da planta, para impedir que os frutos entrem em contato com a terra e com os frutos caídos antes da colheita (café de varrição) (Chagas, 1994).

Krug (1945) observou que quanto maior o tempo de permanência dos frutos de café no chão, maior a incidência de fungos e pior a qualidade da bebida; e que cafés de "varrição", já atacados por fungos, deterioram rapidamente após a chuva, apresentando alterações acentuadas na bebida devido à difusão de metabólitos e/ou secreções dos fungos da polpa para a semente.

Os cafés mais valorizados do mundo, como os da Colômbia, Costa Rica e El Salvador, são obtidos mediante colheita a dedo dos frutos completamente maduros, os quais, depois de despolpados e tratados convenientemente no terreiro ou em secadores mecânicos, fornecem os famosos "suaves". Entretanto, Matiello (1991) comenta que a colheita a dedo, embora propicie uma matéria prima de boa qualidade (frutos maduros, cereja) é pouco usada no Brasil, pois o rendimento é baixo, exigindo muita mão-de-obra, e, portanto, seu custo é bastante alto. Uma alternativa viável economicamente para o Brasil, que apresenta resultados similares aos da colheita a dedo, é o processamento do café por via seca através de lavadores, que proporcionam a separação não só das

impurezas, como também dos frutos nos seus diferentes estádios de maturação. Os frutos verdes e cerejas, mais pesados, são separados dos frutos bóia que são leves. Por apresentarem tempo de secagem diferente, estas duas frações são secadas separadamente, obtendo-se um produto final mais uniforme e de melhor qualidade.

Atualmente, vem sendo proposta uma nova forma para a secagem de café no tradicional terreiro de alvenaria, denominada de terreiro suspenso, visando evitar a secagem em contato direto com o solo e o ataque de microorganismos. Sua estrutura é retangular de madeira sobre pilares e sustenta uma armação de arames lisos esticados e tela de malhas finas, a qual permite espalhar o café em sua superfície e o escoamento da umidade com facilidade. Os benefícios deste tipo de secador em relação ao terreiro tradicional, baseiam-se nos aspectos de redução da mão-de-obra, do tempo gasto para que a secagem se complete e qualidade do produto final obtido (Chalfoun e Carvalho, 1997).

Uma das características do manejo da lavoura cafeeira orgânica é a não utilização de adubos químicos altamente solúveis e agrotóxicos, o que poderia possibilitar uma melhora substancial nos aspectos qualitativos do grão beneficiado do café, observando-se todos os cuidados pós-colheita. Coelho *et al.* (1999) obtiveram resultados preliminares através da atividade da polifenoloxidase. O café orgânico cereja descascado apresentou uma bebida "mole", o que foi confirmado pela prova de xícara. Sugerem-se novos trabalhos, com maior número de amostras provenientes de lavouras com várias idades e de diferentes regiões produtoras, para a caracterização do café orgânico, correlacionando composição química e qualidade de bebida.

Os resultados dos melhores cafés participantes do Concurso de Qualidade Projeto Café Gourmet realizado em 1999, no Laboratório de Qualidade de Café "Dr. Alcides Carvalho" da Fazenda Experimental da EPAMIG/CTSM, em Lavras, demonstram possibilidades positivas para a

melhoria da qualidade do café sob sistema de produção orgânico, observando-se todos os cuidados nas fases de pré e pós-colheita, secagem, armazenamento e beneficiamento. Entre os cinquenta finalistas do concurso, foram classificados dois cafés orgânicos produzidos em Minas Gerais, sendo um deles proveniente de Santo Antônio do Amparo, o qual também foi analisado nesta dissertação, e o outro proveniente de Machado, que foi classificado em segundo lugar no concurso com 315 amostras vindas de quatro estados brasileiros (Boletim Informativo da Associação Sulmineira dos Cafeicultores, 2000).

Nogueira (1998) comenta que é possível implementar uma classificação mais completa e científica, centrada em análises químicas dos grãos como instrumento para agregar valores ao "marketing", sem excluir a análise sensorial ("prova de xícara"), tradicional, e aqueles padrões que abrigam a origem regional da produção.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABREU JÚNIOR, H. **Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura**: coletânea de receitas. Campinas: EMOPI, 1998. 112p.

AGRIANUAL. **Alimentos orgânicos:** selo para garantir origem e qualidade. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2000. p.65-66.

ALCANTARA, E.N. de. **Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*C. arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo distrófico.** Lavras: UFLA, 1997. 133p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia)

ALCÂNTARA, E.N. de. **Manejo das plantas daninhas em cafeeiros.** Lavras: EPAMIG-Centro Tecnológico do Sul de Minas, 1998. 1p.(Circular Técnica, 83).

ALTIERI, M. **Agroecologia, as bases científicas da agricultura alternativa.** Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. p.31-37.

ALVARENGA, M.I.N. **Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas.** Lavras:UFLA, 1996. 211p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).

ALVARENGA, M. I. N. Eficiência de aléias de leguminosas nativas no manejo racional de lavouras de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. **Resumos expandidos**...Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000a. p.1015-1017.

ALVARENGA, M.I.N. Variabilidade na eficiência técnica e econômica da arborização com macadâmia sobre lavouras cafeeiras. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. **Resumos expandidos**...Brasília:EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000b. p. 1074-1078.

ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, P.T.G. **Arborização como componente da sustentabilidade da lavoura cafeeira.** Lavras: EPAMIG-Centro Tecnológico do Sul de Minas,1998. 4p. (Circular Técnica,80).

ALVARENGA, M.I.N.; SOUZA, J.A. de. **Atributos do solo e o impacto ambiental.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 140p. (Especialização-Tutoria à Distância em Solos e Meio Ambiente).

AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1978. 85p. (Tese-Livre Docência em Bioquímica).

AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature,** New York, v.219, n.27, p.381-382, July 1968.

AQUINO, A.M.; DE-POLLI, H.; RICCI, M.S. Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana do solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, Lavras, 1998. **Resumos**...Lavras:UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.403. (FertBIO 98).

ARANDA-DELGADO, E.; BAROIS, I. Lumbricompostaje de la pupa de café em México. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 3, Londrina, 1999. **Anais...** Londrina:UFPR/ IAPAR/ IRD, 1999. p.335-343.

ARCHER, J.R.; SMITH, P.D. The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. **Journal of Soil Science**, London, v.23, n.4, p.475-480, 1972.

ARCILA-PULGARÍN, J.; CHAVES-CÓRDOBA, B. Dessarolo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. **Cenicafé**, Caldas, v.46, n.1, p.5-20, 1995.

BARROS, U.V.; BARBOSA, C.M.; MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R. Doses e modo de aplicação da palha de café e esterco de gado associado ao adubo químico, na formação e produção do cafeeiro na Zona da Mata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, Franca, 1999. **Anais...** Franca:MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.35-35.

BAVER, L.D.; FARNESWORTH, R.B. Soil structure effects on the growth of sugar beets. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.5, p.45-48, 1940.

BENTLEY, C.F. Soil management research in the search for sustainable agriculture. In: LAL, R.; PIERCE, F. J. (eds.). **Soil management for sustainability.** Ankeny:WASWC/SSSA, 1991. p.167-173.

BOLETIM Informativo da Associação Sulmineira dos Cafeicultores, Machado, v. 3, n.16, p.3, jan./fev. 2000.

BONILLA, J. **Fundamentos da agricultura ecológica.** São Paulo: Nobel, 1992. 260p.

BRAGANÇA, J.B. Utilização do esterco de galinha e da palha de café na substituição parcial da adubação química do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambu, 1985. **Trabalhos apresentados...**Rio de Janeiro:IBC, 1985. p.130-132.

BURG, I.C.; MAYER, P.H. **Manual de alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças (caldas, biofertilizantes, fitoterapia animal, formicidas e defensivos naturais).** Francisco Beltrão: ASSESOAR/COOPERIGUAÇU/Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, 1998. 137p.

CARDOSO, A.; POTTER, R.O.; DEDECEK, R.A. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.27, n.2, p.349-353, fev. 1992.

CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e fosfato de rocha na simbiose soja-Rhizobium. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v.9, p.125-130, 1985.

CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, S.S. Ecologia microbiana do solo In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo.** Campinas:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. Cap. 4., p.34-39.

CARTER, M.R. Microbial Cromass as an index for fillage - induced changes in soil biological properties. **Soil Tillage Research,** Amsterdam, v.7, p.29-40, 1986.

CARVALHO, E.J.M. **Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Distrófico, fase terraço e sobre a produção de soja.** Viçosa: UFV, 1984. 73p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J. de R. CHALFOUN, S.M. BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar. 1994.

CARVALHO, Y. **Densidade e atividade dos microorganismos do solo em plantio direto e convencional, na região de Carambeí (Paraná).** Curitiba: UFP, 1997. 108p. (Dissertação-Mestrado em Ciência do Solo).

CENTURION, J.F. Efeitos de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. **Científica**, São Paulo, v.15, n.1/2, p.1-8, 1987.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeitos nas propriedades físicas e no cultivo de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, p.315-324, fev.1992.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F. M. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.2, p.267-270, maio/ago.1985.

CHAGAS. S.J.R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais.** Lavras:ESAL, 1994. 95p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos).

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de. **Colheita e preparo do café.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1997. 49p. (Especialização-Tutoria à Distância em Cafeicultura Empresarial: produtividade e qualidade).

CHAVES, C.D. Modelo para utilização de adubos verdes em lavouras cafeeiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, Franca, 1999. **Anais...** Franca:MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.179-180.

CINTRA, F.L.D.; COELHO, Y. da S.; CUNHA SOBRINHO, A.P. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja "baianinha". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.173-179, fev. 1983.

COELHO, K.F.; THEODORO, V.C. de. A.; LOPES, L.M.V.; PEREIRA, R.G. F.A. Caracterização química e sensorial do café orgânico proveniente de Santo Antônio do Amparo/MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, Franca, 1999. **Anais...**Franca: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.162-163.

COLLINS, H.P.; RASMUNSSEN, P.E.; DOUGLAS Jr., C.L. Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.783-788, 1992.

COLOZZI FILHO, A. **Dinâmica populacional de fungos micorrízicos arbusculares no agrossistema cafeeiro e adubação verde com leguminosas.** Piracicaba: ESALQ, 1999. 106p. (Tese-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

CONSELHO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Análise agroeconômica do café cultivado organicamente ou café "orgânico".** Londres: Junta Executiva, 1997. 19p. (Apostila).

CORRÊA, J.B.; MIGUEL, A.E.; VIANA, A.S.; TOLEDO, A.R.; FERREIRA, M.M. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, após dezesseis anos de cultivo com café plantado no sistema tradicional e adensado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.1, p.57-64, jan./mar.1998.

CUNHA, G. de M. **Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, de encosta, sob duas coberturas: café e mata natural.** Viçosa:UFV, 1995. 65p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia).

DE-POLLI, H; GUERRA, J.G.M. Biomassa microbiana: perspectivas para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa:SBCS/UFV/DPS, 1996. p.551-564.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In:. DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: SSSA, 1994. Cap.1, p.3-21(Special Publication, 35).

EHLERS, E.M. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo:Livros da Terra,1996. 178p.

FALCO, L. **Fontes e doses de matéria orgânica na produção de mudas e na implantação de lavouras cafeeiras.** Lavras:UFLA, 1999. 67p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia).

FERNANDES, A.B. **Micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiro da região sul do Estado de Minas Gerais.** Lavras:ESAL, 1987. 98p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L.C.D.; SILVA, R.P.; OLIVEIRA, C.B. Estudo de fontes e doses de matéria orgânica para adubação de cafeeiro cultivado no cerrado. In:SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...**Brasília:Embrapa Café/MINASPLAN, 2000. p.1024-1027.

FERNANDES, D.R. Manejo do cafezal. In:RENA, A.R.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do cafeeiro:**fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1986. p.275-301.

FERNANDES, M.R. **Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, fase cerrado em decorrência da modalidade de uso e manejo.** Viçosa:UFV, 1982. 134p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

FERREIRA, M.M. **Física do solo.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 63p.

FRANCO, C.M.; LAZZARINI, W.; CONAGIN, A.; REIS, A.J.; MORAES, F. R.P. Manutenção do cafezal com adubação exclusivamente mineral. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.33, p.523-546, 1960.

FUNDAÇÃO MOKITI OKADA. **Princípios básicos, conceitos e definições de agricultura natural.** São Paulo:Centro Internacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico de Agricultura, 1987. (Brochura)

FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; GUIMARÃES, P.T.G. Fontes de matéria orgânica e fertilização química na formação e produção de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Latossolo da região dos cerrados. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, p.265-271, jul./set.1995.

FUKUOKA, M. **The road back to nature**: regaining the paradise lost. Tokio: Japan Publications, 1987. 377p.

GARCIA, A.W.R.; MARTINS, M.; SALGADO, A.R.; FREIRE, A.C.F. Efeitos da adubação química isoladamente, bem como sua associação com adubos orgânicos, na produção do cafeeiro Mundo Novo em solo LEd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. **Trabalhos apresentados**...Rio de Janeiro:IBC/GERCA, 1983. p.282-284.

GOMES, F.P.; MORAES, RS.; COURY, T.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação do cafeeiro. XIV. Efeitos de adubação mineral e orgânica na produção e composição das folhas. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, v.22, p. 117-129, 1965.

GUIMARÃES, P.T.G.; LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In:RENA, A.R.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do cafeeiro:**fatores que afetam a produtividade. Piracicaba:Potafós, 1986, p.115-161.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES. A.N.G. **Manejo da lavoura cafeeira.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1997. 45p. (Especialização-Tutoria à Distância em Cafeicultura Empresarial: produtividade e qualidade).

HARKALY, A.H.; CARMO, M.S.; MAGALHÃES, M.M.; PIMENTA, S. Os contornos econômicos do café orgânico brasileiro. **Agricultura Biodinâmica**, Botucatu, v.14, n.79, 1997. (Boletim do Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural)

HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P.; BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified mediterranean ecosystems. **Applied and Environmental Microbiology,** v.48, n.1, p.206-210, 1984.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. **Advances in Agronomy,** New York, v.56, p.139-185, 1996.

JENKINSOM, E.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnoves. **Soil Bioqhemistry**, New York, v.5, p. 415-471, 1981.

JESUS, E.L. de. Histórico e filosofia da agricultura alternativa. **Revista Proposta**, Rio de Janeiro, p.34-40, 1985.

JOHNSON, N.C. ; COPELAND, P.J.; CROOKSTON, R.K. *et al.* Mycorrhizae possible explanation for yield decline with continuos corn and soybean. **Agronomy Journal**, v.84, p.387-390, 1992.

KARLEN, D.L.; EASH, N.S.; UNGER, P.W. Soil and crop management effects on soil quality indicators. **American Journal Alternative Agriculture**, Ankeny, v.7, n.1/2, p.48-55, 1992.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem, maturação e qualidade do composto.** Piracicaba, 1998, 171p.

KIMEMIA, J.; NJOROGE, J.M. Prospects of organic coffee production in Kenia: a review, Coffee Research Foundation, Ruiru, Kenya, **Kenya-Coffee**, v.59, n.695, p.1847-1849, 1994.

KOEPF, H.H.; PETTERSSON, B.D.; SCHAUMANN, W. **Agricultura biodinâmica.** São Paulo: Nobel, 1983. 316p.

KRUG, H.P. Concepção moderna sobre a origem dos cafés duros. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.20, p.416-426, 1945.

LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*C. arabica* L.).** Lavras:ESAL, 1991. 131p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos).

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N.C. Ocurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffee arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. **Turrialba**, v.33, n.4, p.417-422, 1983.

LOPES, L.M.V.; PEREIRA, R.G.F.A.; MENDES, A.N.G.; VILELA, E.R.; CARVALHO, V.D. de. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira do Armazenamento**, Viçosa, n.1, p.3-8, 2000.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, colheitas máximas econômicas.** São Paulo:Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MARTINEZ, J.R.R. La pulpa de café es um subproduto y no um desecho. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 3, Londrina, 1999. **Anais**...Londrina: UFPR/IAPAR/IRD, 1999. p.393-394.

MATIELLO, J.B. **O Café**: do cultivo ao consumo. São Paulo:Globo, 1991. 302p.

MATSUMOTO, S.N.; FARIA, G.O; VIANA, A.E.S.; PINTO, P.R.S. Efeitos do sombreamento de grevilhas em cafezais no sudoeste da Bahia, Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, Poços de Caldas, 2000. **Resumos expandidos**...Brasília:Embrapa Café/ MINASPLAN, 2000. p.1010-1013.

MELES, C.C.A.; SILVA, C.M. Culturas intercalares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, p.70-71, ago.1978.

MERRIL, M.C. "Eco-agriculture: a review of its history and philosophy". **Biological Agriculture and Horticulture**, v.1, p. 181-210, 1983.

MIYASAKA, S. "**Agricultura natural**: um caminho para a sustentabilidade". São Paulo: Associação Mokiti Okada do Brasil, 1993. (Mimeo).

MIYASAKA, S.; OKAMOTO, H. Matéria orgânica. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. ; MASCARENHAS, H.A.A. (coords.). **Primeiro curso de adubação verde no Instituto Agronômico**. Campinas:Instituto Agronômico, 1993. p.1-12.

MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.411-416, 1993.

MORTON, J.B.; BENNY, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, *Glomales*, two new suborders, *Glominae* and *Gigasporinae*, and two new families, *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae*, with an emendation of *Glomaceae*. **Mycotaxon**, v.37, p.471-491, 1990.

MURILLO, J.M. Production versus contamination in urban compost utilization. **An. Edafol. Agrobiology**, v.48, p.143-160, 1989.

NACIF, A.P. de. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes no cerrado de Patrocínio-MG.** Viçosa:UFV, 1997. 124p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).

NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L.; MALTA, M.R. **Avaliação da adubação potássica por análises física e química dos grãos de café beneficiados.** Lavras:Centro Tecnológico do Sul de Minas/CTSM/EPAMIG,1998. 2p. (Circular Técnica, 88).

OLIVEIRA, E.; SIQUEIRA, J.O.; LIMA, R.D.; COLOZZI FILHO, A.; SOUZA, P. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em cafeeiros da região do Alto Paranaíba e Triângulo no Estado de Minas Gerais. **Hoehnea,** v.17, n.2, p.117-125, 1990.

OLIVEIRA, J.C. de. **Relação da atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase dos grãos de café e a qualidade de bebida.** Piracicaba:ESALQ, 1972. 80p. (Tese-Doutorado em Ciência dos Alimentos).

PAES, J.M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H.; LOURES, E.G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres,** v.43, n.249, p.674-683, 1996.

PACOVSKY, R.S. Carboydrate, proteins and amino-acids status of *Glycine-Glomus-Brasyrhizobium* simbioses. **Physiologia Plantarum,** v.75, p.346-354, 1989.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho de agregados em solo podzólico vermelho-escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.15, n.1, p.135-140, maio/ago. 1991.

PASCHOAL, A.D. A instabilidade dos ecossistemas agrícolas. **Ciência Hoje,** São Paulo,v.5, n.28, p.42-43, 1987.

PASCHOAL, A.D. **Produção orgânica de alimentos:** agricultura sustentável para os séculos XX e XXI; guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais. São Paulo, 1994. 191p.

PASCHOAL, A.D. Modelos sustentáveis de agricultura. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v.2, n.1, p.11-16, jan./jun.1995.

PAVAN, M.A. **Avaliação de esterco de bovino biodigerido e curtido na fertilidade do solo e na nutrição e produção do cafeeiro.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1993. 16 p. (Boletim Técnico, 45).

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Paraná, Brazil. **Turrialba**, San José, v.35, p.131-139, 1985.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; ANDROCIOLI FILHO, A. Produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. **Turrialba**, San José, v.44, n.4, p.227-231, 1994.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MESQUITA FILHO, L. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.33-42, jan. 1986.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; SIQUEIRA, R. ANDROCIOLI FILHO, A. **O sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo.** Piracicaba: Potafós, 1997. p.1-7. (Informações Agronômicas, 80).

PEREIRA, J.C.; SILVA, E.M.R.; REIS, V.M.; RICCI, M.S.F. Populações microbianas do solo em cafeeiro sob manejo convencional e orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, Lavras, 1998. **Resumos**...Lavras:UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.399. (FertBIO 98).

PERRY, O.A.; AMARANTHUS, M.P. The plant-soil bootstrap: microorganisms and reclamation of degraded ecosystems. In:BERGER, J. J. (ed.). **Enviromental Restoration, science and strategies for restoration the earth.** Washington:Island, 1990. p.94-102.

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

PRIMAVESI, A.M. **O manejo ecológico de pragas e doenças.** São Paulo: Nobel, 1988. 137p.

PULSCHEN, L.; LUTZEYER, H.J. Ecological and economic conditions of organic coffee production in Latin America and Papua New Guinea. **Angew. Bot.**, v.67, p.204-208, 1993.

RAGHURAMULU, Y.; NAIDU, R. The concept of organic farming: its feasibility in coffee culture. **Indian-Coffee**, v.58, n.9, p.21-23, 1994.

REHMER, R. **Papua-Neuguinea-Bericht**:Okologischer Kaffeeanbau. Protrade. PN: 91.1000.8-03.100. 1991.

RUEGG, E.F.; PUGA, F.R.; SOUZA, M.C.M.; ÚNGARO, M.T.S.; FERREIRA, M.S.; YOKOMIZO, Y.; ALMEIDA, W.F. **O impacto dos agrotóxicos sobre o ambiente, a saúde e a sociedade.** São Paulo:Ícone,1986. 95p.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (ed.). **Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas.** Lavras:UFLA, 1996. p.202-254.

SANCHES, AC. **Alterações nas propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo resultantes da substituição da mata natural pela cultura da laranja.** Piracicaba:ESALQ, 1998. 49p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

SANTANA, D.P.; NAIME, U.J. Solos mais favoráveis para a cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.44, p. 9-11, 1978.

SANTINATO, R.; BARROS, V.V.; SANTO, J.E. Efeito do esterco de galinha em doses crescentes na substituição parcial do NPK na adubação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. **Trabalhos apresentados**...Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.203-204.

SANTOS, M. A segurança alimentar por um fio. **Jornal Estado de Minas**, Belo Horizonte, 9 dez. 1998. Agropecuário, p.6-7.

SANTRUCKOVA, H. Microbial biomass, activity and soil respiration in relation to secundary succession. **Pedobiologia**, v.36, p.341-350, 1992.

SARAIVA, O.F. **Relações da matéria orgânica com as características físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Distrófico fase cerrado, submetido a sistemas de cultivo.** Viçosa:UFV, 1987. 175p. (Tese-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; VIDIGAL. S.M.; MATOS, S.M. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejeto de suínos. **Scientia Agrícola**, v.57, n.1, p.185-189, 2000.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p. 249-254, 1985.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhyza management in tropical agrosystems.** Eschborn, Germany:GTZ, 1991. 371p.

SILVA, E. de B. **Potássio para o cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto.** Lavras:UFLA, 1995. 87p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

SILVA, E. de B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas.** Lavras:UFLA, 1999. 105p. (Tese-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.N.; TSAI, S.M. ; NEVES, M.C.P. (eds.). **Microbiologia do solo.** Campinas:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.257-282.

SILVEIRA, G.M. da; KURACHI, S. A. H. **Métodos de cultivo em cafezal e a estrutura do solo.** Campinas:Instituto Agronômico, 1981. 9p. (Boletim Técnico, 70).

SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo.** Lavras:ESAL/FAEPE, 1993. 230p. (Especialização-Tutoria à Distância em Solos e Meio Ambiente).

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.207-211, 1986.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de MVA em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**:fundamentos e perspectivas. Lavras:MEC/ESAL/ABEAS, 1988. 235p.

SOROAGY, R.; SANTINATO R.; CORREIA, J.P. Estudo da viabilidade técnica na produção de café orgânico e organo mineral nas condições de cultivo nos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, Poços de Caldas, 1998. **Anais**...Poços de Caldas: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1998. p.91-93.

SOUZA, J.L. de. **Agricultura orgânica.** Vitória: EMCAPA, 1998.176 p.

SOUZA, J.L. de.; VENTURA, J.A. Estudo de correlação entre teores foliares de nutrientes e a incidência de requeima (Phytophthora infestans) na cultura da batata submetida a sistemas de adubação orgânica e mineral. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.313, 1997. (Resumo 471/Supl.).

SOUZA, T. Novo rumo para os agrotóxicos no País. **Jornal Estado de Minas,** Belo Horizonte, 27 dez. 2000. Agropecuário, p.4-5.

SPERA, S. T. **Inter-relações entre propriedades físico-hídricas do solo e a ocorrência de vegetação de mata e campo adjacentes no Alto Rio Grande (MG).** Lavras:UFLA, 1995. 78p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

STEINER, R. **Fundamentos da agricultura biodinâmica.** Tradução de Gerard Bannwart. São Paulo:Antroposófica, 1993.

STIER, R. **Studie uber Moglichkeiten biologischen Kaffeeanbaus in Papua Neuguinea.** GTZ. Projektbearbeitungs-Nr.:86.1009.9-03.100. 1990.

STRICKLAND, T.C.; SOLLINS, P.; SCHIMEL, D.S.; KERLE, E.A. Aggregation and aggregate stability in forest and range soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.829-833, 1988.

THEODORO, V.C. de. A.; CAIXETA, I.F. **Bases para a produção de café orgânico.** Lavras:UFLA, 1999. 68p. (Boletim Técnico de Extensão, 38).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Relatório e recomendações sobre agricultura orgânica.** Tradução de Iara Maria Correia Della Senta. Brasília:CNPQ, 1984.128p.

VASCO, E. Z. Procesamiento de frutos de café por via humeda y generación de subproductos. In:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAEEIRA,3, Londrina, 1999. **Anais**... Londrina: UFPR/ IAPAR/IRD, 1999. p.345-355.

VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E. Efeitos da adubação química isolada bem como a sua associação com adubos orgânicos na produção de cafeeiros Mundo Novo, em solo LEd. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18, Araxá, 1992. **Trabalhos apresentados**...Araxá: MAARA/PROCAFÉ, 1992. p.113-116.

WEINBERG, A. C. Reducing agricultural pesticide use in Sweden. **Journal of Soil and Water Conservation,** Ankeny, v.45, n.6, p.610-613, Nov./Dec. 1990.

# CAPÍTULO 2

## PROPRIEDADES DE UM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO SOB MATA NATIVA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO, EM CONVERSÃO E CONVENCIONAL

### RESUMO

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional.** Lavras: UFLA, 2001. 214p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).[1]

As propriedades químicas, físicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) sob cafeeiros em sistemas de produção orgânica {O}, em conversão {E} e convencional {CV} foram estudadas em relação a um fragmento de mata nativa {MN}, em duas fazendas contíguas localizadas em Santo Antônio do Amparo/MG. As lavouras apresentavam a mesma cultivar (Acaiá MG-474-19) e idade (5 anos). As amostragens para as análises físicas e químicas do solo foram realizadas em julho/99 e a amostragem microbiológica do solo foi feita nos períodos seco (julho/99) e chuvoso (dezembro/99). O solo foi amostrado em duas profundidades (0-20 e 20-40cm) para determinação da fertilidade. Constatou-se que os manejos adotados nos sistemas {O}, {E} e {CV} provocaram na camada superficial do solo, incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, CTC do solo, SB, V% e diminuíram o Al trocável, sendo estes efeitos mais pronunciados no sistema {O} seguido pelo sistema {E}. Os sistemas de produção do cafeeiro contribuíram positivamente para a conservação dos atributos físicos do solo, após cinco anos de implantação da lavoura. A biomassa carbono apresentou maiores valores na época chuvosa na {MN} e nos sistemas {O} e {E}. Não foram registradas diferenças para a colonização micorrízica e, em relação às espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares identificados, a frequência de ocorrência foi maior para os gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Gigaspora*, em todos os tratamentos.

---

[1] Comitê Orientador: Rubens José Guimarães - UFLA (Orientador), Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG.

# ABSTRACT

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Characterization of systems of production of organic coffee, in conversion and conventional.** Lavras: UFLA, 2001. 215p. (Dissertation – Master in Agronomy/Crop Science).[2]

The chemical, physical and microbiological properties of Dark-Red Latosol (LE) under coffee trees in systems of organic {O}, in conversion {E} and conventional {CV} production, were studied relative to a patch of native wood {NW} on two neighboring farms situated in the town of Santo Antonio do Amparo/MG. The farmings presented the same cultivar (Acaiá MG-474-19) and age (five years). The samplings for chemical and physical analyses of the soil were performed in July/99 and the microbiological sampling of the soil was accomplished in the dry (July/1999) and rainy (December/1999) periods. The soil was sampled in two depths (0-20 and 20-40 cm) for determination of fertility. It was found that the managements adopted in the systems {O}, {E} and {CV} provoked on the soil surface layer, increases in pH and in the values of Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, soil CEC, SB, V% and decreased exchangeable aluminum, these effects being more marked in the system {O} followed by the system {E}. The systems of coffee tree production contributed positively toward the conservation of the physical attributes of soil, after five years establishment of the crop. Carbon biomass presented greater values in the rainy season in the {NW} and in the systems {O} and {E}. No differences for the mycorrhizal colonization and relative to the species of vesiculo-arbuscular micorrhizal fungi were recorded, identified the frequency of occurrence was greater for the genera *Acaulospora, Glomus* and *Gigaspora*, in all the treatments.


[2] Guidance Committe: Rubens José Guimarães – UFLA (Major Professor), Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG.

# 1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista agronômico, a sustentabilidade em lavouras cafeeiras pode ser alcançada com o uso de práticas conservacionistas de solo e água. O emprego de alta tecnologia visando produtividades elevadas, sem levar em consideração o equilíbrio do agroecossistema, é apontado como um dos fatores responsáveis pelo desencadeamento dos processos de degradação do solo que levam o produtor ao abandono de suas lavouras.

Entre as diversas técnicas de manejo adotadas pela agricultura orgânica, algumas afetam positivamente as propriedades do solo, principalmente tratando-se de culturas perenes, como a manutenção da cobertura permanente do solo, a integração da adubação orgânica e verde, o controle da erosão através do estabelecimento de curvas de nível, terraceamento e faixas de retenção, cultivo mínimo e cultivo em faixa ou bordadura. Procura-se preparar e cultivar o solo sem pulverizá-lo, não prejudicando a sua estrutura e não invertendo as suas camadas, como acontece normalmente no preparo convencional.

O conhecimento multidisciplinar que permita integrar os diversos componentes de um agroecossistema é imprescindível em pesquisas envolvendo agricultura orgânica, bem como uma avaliação conjunta do comportamento das variáveis ambientais, e sua correlação com ecossistemas alterados ou não por atividades antrópicas.

Diante disso, objetivou-se, neste trabalho, caracterizar as alterações dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos de um Latossolo Vermelho-Escuro sob sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional, em comparação a um fragmento de mata nativa.

# 2 MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização dos diferentes sistemas de produção do cafeeiro (*C. arabica* L.) constou de um levantamento de dados por um período de um ano. As amostragens para as análises físicas e químicas do solo foram realizadas em julho/99 e a amostragem microbiológica do solo foi feita nos períodos seco (julho/99) e chuvoso (dezembro/99). O solo foi amostrado em duas profundidades (0-20 e 20-40cm) para determinação da fertilidade. Foi estudado um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) sob sistemas orgânico {O}, em conversão {E} e convencional {CV}, adotando-se como testemunha o solo de um fragmento de mata nativa {MN}; compondo os 4 ambientes de estudo ou tratamentos (Figura 03).

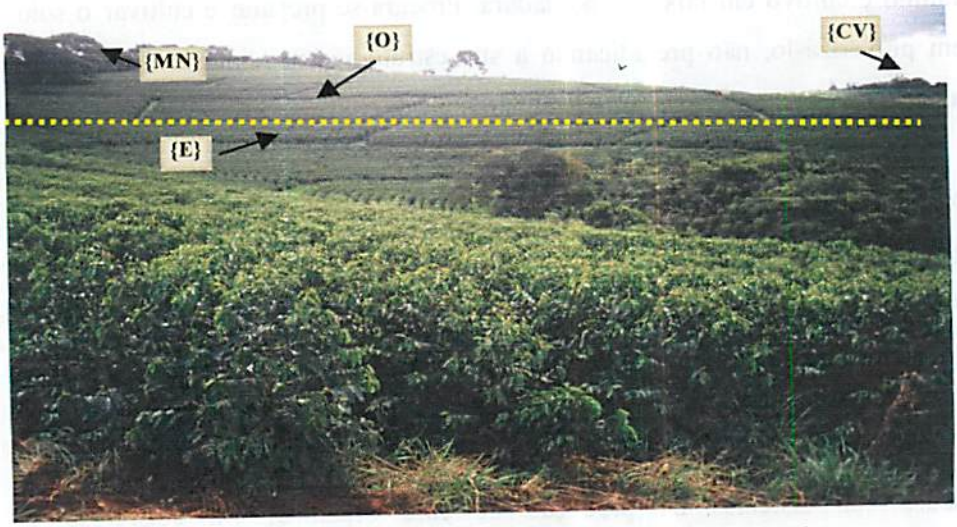


FIGURA 03- Vista panorâmica da área de estudo englobando os quatro sistemas estudados: fragmento de mata nativa {MN}, café orgânico {O}, café em conversão {E} e café convencional {CV}, na cidade de Santo Antônio do Amparo/MG. UFLA, Lavras-MG, 2001.

As lavouras orgânica e em conversão apresentam a mesma idade (5 anos), variedade (Acaiá MG/474-19), espaçamento (2,0 x 1,0m) e tipo de solo, localizando-se na Fazenda Cachoeira, no município de Santo Antônio do Amparo/MG, certificada pela Associação de Agricultura Orgânica/SP e pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural de Botucatu/SP. O fragmento de mata nativa encontra-se bem próximo às lavouras orgânica e em conversão (Figura 03). Foi utilizada uma lavoura no sistema convencional da Fazenda Taquaril, localizada nas proximidades da Fazenda Cachoeira, incluída no mesmo ecossistema, apresentando a mesma variedade, tipo de solo e idade das demais lavouras que foram avaliadas, com exceção do espaçamento (2,0 x 0,8m).

## 2.1 O solo estudado

Foram amostrados e descritos dois perfis (Anexos 04 e 05) representantes da classe de solo estudada, nas duas propriedades amostradas. A classificação e descrição dos perfis foram efetuadas em trincheiras com cerca de 1,5m de profundidade, segundo critérios de Lemos e Santos (1984), com adaptações relativas às notações de horizontes preconizadas pela EMBRAPA/SNLCS (1988).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1N como dispersante químico e agitação a 12.000rpm, segundo Day (1965). Para a argila dispersa em água, seguiu-se a metodologia descrita por Vettori (1969) e EMBRAPA (1979).

Na caracterização química o cálcio, o magnésio e o potássio trocáveis e o fósforo disponível foram extraídos utilizando-se o método Mehlich (EMBRAPA, 1979); a acidez trocável ($Al^{+3}$) segundo a metodologia de Raij e Zullo (1977) e o carbono orgânico segundo EMBRAPA (1979).

O pH foi determinado potenciometricamente utilizando-se a relação 1;2,5 de solo:água.

Os óxidos do ataque sulfúrico ($SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $TiO_2$ e $P_2O_5$) foram determinados após digestão com $H_2SO_4$ 1:1, segundo método descrito por Vettori (1969), modificado por EMBRAPA (1979).

## 2.2 O clima da região

O município de Santo Antônio do Amparo está situado na zona oeste do Estado de Minas Gerais, e a sede municipal, a 1.000m de altitude, tem como coordenadas geográficas 20° 56' 40" de latitude Sul e 44° 55' de longitude (W. Gr.) (I.B.G.E., 1959). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Cwa, que corresponde ao clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e a do mês mais quente, superior a 22°C. A altitude da região varia de 600-1200m e o relevo varia de ondulado a montanhoso. As precipitações médias anuais variam, segundo os lugares, entre 1400-1700mm; seu regime de distribuição é periódico, predominando no semestre mais quente. O inverno tem de 2-4 meses secos, com déficit hídrico pequeno entre 10-30mm anuais. A evapotranspiração potencial anual varia entre 800 e 850mm (Antunes, 1986).

Os dados relativos ao número de dias de chuva/mês e a precipitação pluviométrica em mm de chuva/mês, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 1999, estão apresentados no Anexo 06. Os dados foram coletados na Fazenda Cachoeira, no município de Santo Antônio do Amparo/MG.

## 2.3 Os sistemas amostrados

### 2.3.1 Mata Nativa {MN}

Segundo Golfari (1975), estudos apontam que a vegetação dominante da região das terras altas do Campos das Vertentes, em Minas Gerais, na qual está inserida a cidade de Santo Antônio do Amparo, é composta por florestas perenifólias ou subperenifólias com ocorrência de cerrado, sendo a vegetação primitiva formada por uma floresta subperenifólia, com ilhas interpostas de campos e cerrados. As matas remanescentes, que cobrem aproximadamente 5% da área, são constituídas, na sua grande maioria, por formações secundárias.

O ecossistema da mata nativa é o referencial utilizado para a avaliação das alterações das características físicas, químicas e microbiológicas do solo, advindas da implantação de diferentes sistemas de produção do cafeeiro. A mata nativa corresponde a um fragmento de área preservada localizada à direita da entrada das lavouras orgânica e em conversão da Fazenda Cachoeira (Figura 03).

### 2.3.2 Café Orgânico {O}

O sistema de produção de café orgânico localizado na Fazenda Cachoeira, em Santo Antônio do Amparo/MG, caracteriza-se, desde a sua implantação, em fevereiro de 1995, pelo manejo da lavoura de acordo com as Normas Técnicas de Produção da A.A.O./SP.

A propriedade apresenta área total de 772,2 ha, dos quais 11,0 ha são ocupados por benfeitorias, 143,8 ha são preservados (mata nativa), 26,72 ha de pastagens plantadas (capim tanzânia) e 70,25 ha são plantados com café (334.000 pés totais). A produção do viveiro de mudas de café em 1999 foi de 300.000 mudas/ano. O produtor também cria bovinos de leite, num total de 300

cabeças (raça cruzada), e a produção anual é de 220 mil litros de leite. O esterco bovino é utilizado para produção de 300 t/ano de húmus de minhoca. A área de plantio de milho é de 43,13 ha. Na propriedade, a mão-de-obra assalariada é empregada em serviços gerais e na cultura do café, sendo complementada por trabalhadores contratados nas etapas de cultivo, colheita e beneficiamento do café. Na propriedade funciona um hotel fazenda, integrando o turismo rural entre as suas atividades, aproveitando a tradição de mais de 50 anos na produção e processamento de café. Em instalações próprias, o preparo do café é realizado por via seca e via úmida, armazenado e beneficiado, obtendo-se cafés de excelente qualidade, conforme caracterizado por Coelho *et al.* (1999). A produção de café é comercializada no mercado internacional de produtos orgânicos.

A área plantada com café orgânico na Fazenda Cachoeira começou com 10.000 plantas (2,0 ha) no ano de 1995, área na qual foi escolhido o talhão experimental da lavoura orgânica. A área em conversão de 9,1 ha com 45.000 plantas, localiza-se logo abaixo da lavoura orgânica (Figura 03), na qual foi escolhido o talhão experimental da lavoura em conversão.

Os dados referentes ao levantamento do estado nutricional da lavoura orgânica encontram-se no Anexo 07.

### 2.3.3 Café em Conversão {E}

A lavoura de café em conversão também localiza-se na Fazenda Cachoeira/MG. O processo de conversão caracteriza o período de transição da agricultura convencional para a agricultura orgânica, portanto esta lavoura recebeu manejo convencional desde a sua implantação, em fevereiro/95 até julho/98. A partir de set./98, o manejo da lavoura foi realizado de acordo com as Normas Técnicas de Produção da A.A.O./SP.

Os dados referentes ao levantamento do estado nutricional da lavoura em conversão encontram-se no Anexo 08.

### 2.3.4 Café Convencional {CV}

O sistema de produção de café convencional localiza-se na Fazenda Taquaril, a 10,0 Km da Fazenda Cachoeira, inserido no mesmo ecossistema das lavouras orgânica, em conversão e do fragmento de mata nativa. A propriedade apresenta área total de 190,0 ha, doa quais 1,0 ha é ocupado por benfeitorias, 30,0ha são preservados (mata nativa) e 35,0 ha são plantados com café (160 mil pés). A produção do viveiro de mudas de café em tubete em 1999, foi de 10.000 mudas/ano. O produtor também cria bovinos de corte (raça cruzada), num total de 100 cabeças. Na propriedade, a mão-de-obra é contratada para serviços gerais e nas etapas de cultivo, colheita e beneficiamento do café. Em instalações próprias, o preparo do café é realizado por via seca e posteriormente armazenado.

Os dados referentes ao levantamento do estado nutricional da lavoura convencional encontram-se no Anexo 09.

## 2.4 Descrição dos Métodos de Amostragem e Análises Laboratoriais

### 2.4.1 Amostragem global

Foi realizada uma avaliação preliminar global da lavoura para selecionar os talhões em sistemas de produção orgânico, em conversão e convencional. Foram padronizados vários fatores que poderiam interferir nos resultados finais, como variações do terreno, diferenças de relevo, tipo de solo, idade da lavoura e variedade.

Foi realizada uma demarcação de talhões dos diferentes sistemas de produção, com um número médio de 2.500 covas. Cada talhão constou de quatro parcelas experimentais, cada uma contendo 40 plantas, com 16 plantas utéis e 24 plantas na bordadura. As duas linhas laterais foram também consideradas como bordadura.

### 2.4.2 Fertilidade do solo

As amostragens de fertilidade de solo foram feitas com trado holandês na projeção da copa do cafeeiro (local de adubação), a uma profundidade de 0-20 e 20-40 cm, nas quatro repetições/talhão já demarcadas (na área central das dezesseis plantas úteis), para cada profundidade e para cada um dos 3 sistemas de produção do cafeeiro estudados. No fragmento de mata nativa, foram estabelecidos 4 pontos de amostragem com 12 pontos de coleta, formando a amostra composta, procedimento adotado para os talhões de café orgânico, em conversão e convencional. As amostras simples desses 12 pontos (separados por profundidade) foram homogeneizadas, sendo retirada uma amostra para cada profundidade, com cerca de 1,0 kg de material de solo, que foi acondicionada em saco plástico devidamente etiquetado. Para o processamento, essas amostras foram secadas à sombra, homogeneizadas em gral de porcelana e passadas em peneiras de 2mm de malha.

As análises químicas foram: pH, acidez potencial (H + Al), alumínio trocável ($Al^{+3}$), bases trocáveis ($Ca^{+2}$ e $Mg^{+2}$), potássio disponível ($K^{+}$), fósforo disponível (P), enxofre (S), micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco), CTC efetiva, CTC a pH 7,0, soma de bases (S), saturação de bases (V), saturação de alumínio (m) e carbono do solo (C).

As amostras de material de solo foram analisadas no Laboratório de Fertilidade do solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, conforme

metodologia descrita a seguir: pH em $H_2O$ na relação 1:2,5 (solo:água), de acordo com o método proposto por McLean (1982). O alumínio trocável foi extraído com KCl 1N e analisado por titulometria com NaOH 0,025N (Barnhisel e Bertsch, 1982). As bases trocáveis foram extraídas com KCl 1N e determinadas por titulometria com EDTA 0,025N (Lanyon e Heald, 1982). O fósforo e o potássio disponíveis foram obtidos com a solução extratora Mehlich I (HCl 0,05N + $H_2SO_4$ 0,025N), e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (EMBRAPA, 1979). O enxofre foi determinado por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). O teor de carbono do solo foi determinado segundo metodologia descrita por Defelipo e Ribeiro (1981). O teor de boro disponível foi determinado por extração com água quente e analisado por fotocolorimetria (Reisenauer, Walsh e Hoeft, 1973). Os demais micronutrientes foram extraídos através de solução de agentes complexantes, DTPA (ácido dietilenotriaminopentacético) (Raij *et al.*, 1987). Os valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0, foram obtidos de maneira indireta através dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável (Vettori, 1969). Os demais índices, soma de bases (S), saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m) foram determinados segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

### 2.4.3 Física do solo

As amostragens para determinação de parâmetros físicos de solo foram feitas na projeção da copa do cafeeiro (local de adubação), a uma profundidade de 0-20cm, nas quatro repetições/talhão já demarcadas, para a mata nativa e cada um dos 3 sistemas de produção do cafeeiro estudados. No fragmento de mata nativa, foram estabelecidos 4 pontos de amostragem de acordo com a topografia

dos talhões de café. Foram adotadas quatro repetições para amostras deformadas e indeformadas (anel volumétrico).

A umidade atual (UA) do solo foi determinada pelo método que utiliza estufa a 105-110°C (Uhland, 1951). Foram coletadas amostras no ponto médio, a uma profundidade de 0-20cm e estrutura deformada, sendo acondicionadas em lata de alumínio vedada com fita gomada até processamento em laboratório. Após pesagem do conjunto com solo úmido, colocou-se em estufa a 105-110°C até obtenção de peso constante. A porcentagem de umidade foi calculado por:

$$\%Umidade = \frac{100(P_U - P_S)}{P_S}$$

sendo: $P_U$ - peso úmido da amostra e

$P_S$ - .peso seco da amostra a 105°C.

A densidade de partícula (Dp), expressa em $g.cm^{-3}$, foi determinada pelo método do picnômetro, conforme metodologia descrita por Blake e Hartge (1986b). As amostras de terra fina seca ao ar (T.F.S.A.) foram dispersadas mecanicamente com água destilada em copo metálico, e o teor de argila determinado pelo densímetro de Bouyoucos, modificado por Carvalho (1985).

A densidade do solo (Ds) é definida como a relação entre a massa de sólidos secos e o volume total de um solo em sua condição natural e de campo, (incluindo o volume de sólidos e o espaço poroso). A massa é determinada após secagem do material em estufa à temperatura de 105-110°C, durante 24 horas (Blake e Hartge, 1986a). A amostragem para determinação da Ds foi feita pela introdução no solo do conjunto de cilindro de Uhland com volume conhecido.

O volume total de poros (VTP) foi calculado usando-se os volumes da densidade do solo (Ds) e densidade de partícula (Dp), através da equação proposta por Vomocil (1965):

$$VTP_{\%} = \left(1 - \frac{D_S}{D_P}\right) * 100$$

O método utilizado para as estimativas de macro e microporosidade do solo foi o descrito por Oliveira (1968), usando unidade de sucção, sendo as amostras com estrutura indeformada submetidas à tensão de 0,006 Mpa, para medir a porosidade capilar (microporosidade) e não capilar (macroporosidade). A porcentagem de água (expressa em volume) retida nas amostras, após equilíbrio, corresponde à microporosidade e macroporosidade do solo é calculada pela diferença entre a porosidade total e a capilar.

Para determinação da estabilidade de agregados, adotou-se a técnica descrita por Kemper e Chepil (1965), que separa os agregados em função de seus diâmetros usando um jogo de peneiras, sendo avaliada por peneiramento via úmida e por agitação mecânica com oscilação vertical dentro de recipientes com água (Yoder, 1936), obtendo-se agregados nas seguintes amplitudes de diâmetro: menor que 0,105mm; 0,105 a 0,25mm; 0,25 a 0,5mm; 0,5 a 1,0mm; 1,0 a 2,0mm e maior que 2mm. A partir desses dados foi calculada a porcentagem de agregados maior que 2mm, como o referencial de resistência à desestruturação.

### 2.4.4 Microbiologia do solo

As amostras referentes aos parâmetros microbiológicos do solo (biomassa carbono, colonização micorrízica e esporos no solo) foram coletadas na projeção da copa do cafeeiro (local de adubação) na área central das dezesseis plantas úteis. No fragmento de mata nativa, foram estabelecidos 4 pontos de amostragem de acordo com a topografia do terreno; acompanhando a localização das lavouras cafeeiras, coletou-se o solo, (20 x 20 x 20cm) perfazendo um volume de $8dm^3$. Em cada época de amostragem foram realizadas 4 repetições para cada um dos 3 sistemas de produção do cafeeiro e fragmento de mata nativa. As amostras de solo coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos

(10,0Kg) e colocadas em caixas de isopor com gelo, até chegarem ao Departamento de Agricultura, onde foram conservadas à temperatura de cerca de 5°C até serem processadas. A temperatura foi mantida utilizando geladeira comercial em condições de laboratório.

Os esporos do solo foram extraídos pelo método da peneiragem via úmida (Gerdemann e Nicolson, 1963) em uma amostra de 50ml de solo, separados de fragmentos por centrifugação em água a 3.000rpm durante 3 minutos, e em sacarose 45% a 2.000rpm por 2 minutos. Após extração, os esporos foram transferidos para placas e contados com o auxílio de microscópio estereoscópio (40 vezes). Para a caracterização e identificação das espécies, os esporos foram transferidos para lâminas microscópicas montadas em lactofenol, e cada lâmina foi observada em microscópio composto com aumento entre 400 e 1000 vezes. A classificação taxonômica foi realizada segundo as descrições originais (Schenck e Perez, 1987).

A Biomassa carbono foi estimada pelo método da fumigação-extração proposto por Vance, Brookes e Jenkinson (1987), apresentando como princípio básico a extração do C microbiano após a morte dos microorganismos e lise celular pelo ataque do clorofórmio e liberação dos constituintes celulares, os quais são degradados por autólise enzimática e transformados em componentes orgânicos extraíveis (Joergensen, 1995), sendo a determinação do carbono feita em quatro etapas.

1ª Etapa – extração: pesaram-se 20g de solo fresco para amostras fumigadas e não fumigadas. Acrescentaram-se 50ml de $K_2SO_4$ 0,5M (pH ajustado entre 6,5 - 6,8). Agitou-se por 30 minutos, a 220rpm, e deixou-se decantar por 30 minutos, após esse tempo filtrou-se o sobrenadante.

Observação 1: a metade das amostras foi fumigada com clorofórmio livre de álcool (purificação de clorofórmio conforme Vogel, 1951) e conservada em amileno. A fumigação foi feita em dessecadores possuindo, além das

amostras de solo, um béquer com 1ml de clorofórmio e paredes forradas por papel toalha úmido. Com uma bomba, produziu-se vácuo no dessecador até temperatura ambiente. Passado esse tempo, os béquers com as amostras de solo foram transferidos para outro dessecador seco, sendo feitas aspirações sucessivas com bomba de vácuo até que todo o clorofórmio fosse eliminado.

Observação 2: Para todas as amostras analisadas, foi determinada a umidade para correção do peso seco.

2ª etapa – determinação do carbono: após filtragem das amostras, foram retiradas alíquotas de 8ml de extrato, às quais foram acrescentados 2ml de $K_2CrO_7$; 66,7ml mM, 10ml de $H_2SO_4$ (98%) e 5ml de $H_3PO_4$ (88%). Para cada bateria de amostras fizeram-se 6 brancos. As amostras foram aquecidas em chapa por 3 minutos após levantar borbulha, com o auxílio de um condensador.

3ª etapa – titulação: após esfriamento, adicionaram-se 8ml de água destilada e acrescentaram-se 3 gotas de difenilamina (em meio ácido com $H_2SO_4$ concentrado). Titulou-se com sulfato ferroso amoniacal 33,3mM.

4ª etapa – cálculo: o volume gasto na titulação foi transformado a partir da igualdade, de acordo com a equação:

$$(Br - A) \times N \times C_{meq} \times 50 \times 10^6 = \mu g\, C \times g^{-1} \times 8 \times PS$$

onde: Br– volume gasto na titulação branca (média de 06 brancos);

A - volume gasto para titular a amostra;

N - normalidade exata do sulfato (0,4/leitura);

$C_{meq}$ - miliequivalente de carbono (0,003);

50 - volume do extrator;

$10^6$ - fator de conversão para μg C;

8 - volume da alíquota;

PS - peso seco da amostra.

A biomassa foi então determinada, sendo expressa em $\mu gC.g^{-1}$ solo

$$C_{mic} = (C_F - C_{NF}) K_c^{-1}$$

onde: $C_{mic}$ - carbono da biomassa microbiana do solo;

$C_F$ - carbono da amostra fumigada;

$C_{NF}$ - carbono da amostra não fumigada;

Kc = 2,78 (fator de correção obtido por Vance, Brookes e Jenkinson, 1987).

A colonização micorrízica foi determinada através de destorroamento manual e peneiragem das amostras (20,0 x 20,0 x 20,0cm) de solo, sendo que de cada repetição; foram separadas todas as raízes utilizando-se pinças. As raízes finas foram preservadas em frascos com F.A.A. (formalina 6%, ácido acético 27% e álcool 4,6%) para avaliação da colonização micorrízica. Após a retirada das raízes, separou-se uma porção de cerca de 500g de solo de cada amostra, que foi conservada em geladeira, numa temperatura de 5°C, até o processamento de laboratório, para extração de esporos/50g de solo e identificação das espécies de fungos micorrízicos em cada ambiente.

A estimativa da colonização micorrízica foi realizada em amostras de 1g de raízes, pelo método da placa quadriculada (Giovanetti e Mossi, 1980), empregando-se raízes clarificadas com KOH 10% e coradas com azul de trífano (Kormanik e McGraw, 1982; Philips e Hayman, 1970).

## 2.5 Análises estatísticas

Para os dados relativos às variáveis físicas, químicas e microbiológicas do solo utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com três sistemas de produção do cafeeiro: convencional {CV}, orgânico {O}, em conversão {E} e fragmento de mata nativa {MN} e as quatro repetições. As análises físicas apresentaram um total de 16 amostras, referentes aos quatro sistemas avaliados (CV, O, E e MN) e quatro repetições. As variáveis químicas do solo em

esquema fatorial, com quatro sistemas (CV, O, E e MN), duas profundidades de amostragens (0-20 e 20-40cm) e quatro repetições, apresentaram um total de 32 amostras. Para os dados relativos às variáveis microbiológicas do solo utilizaram-se quatro sistemas (CV, O, E e MN), duas épocas de avaliação e quatro repetições, correspondendo a um total de 32 amostras. Foram avaliados os efeitos dos diferentes sistemas (CV, O, E e MN) e os efeitos das épocas (julho/99 e dezembro/99). Os dados de contagem de esporos foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ para processamento da análise estatística.

Os dados referentes aos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos foram submetidos ao teste de Cochran e ao teste de Lilliefors, sendo posteriormente submetidos à metodologia univariada padrão, e as médias foram avaliadas através do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Com o objetivo de relacionar as alterações dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos do solo com a alteração de seu ecossistema natural (fragmento de mata nativa), foram comparados os quatro sistemas, para os quais procedeu-se uma análise de componentes principais (PCA), utilizando-se o programa CANOCO (Ter Braak, 1987), para a profundidade de 0-20cm.

A abordagem multivariada consiste em um procedimento de ordenação, através da análise de componentes principais e de agrupamento. Em ambos os casos, as variáveis foram padronizadas a fim de reduzir efeitos de escala. As amostras (sistemas) e as variáveis (parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do solo) foram transformados em coordenadas (scores), que correspondem à sua projeção nos eixos de ordenação, ou autovetores (eigenvectores), representando o peso de cada parcela ou variável sobre o eixo, as quais podem ser vistas como equivalentes ao grau de correlação destas com o eixo em questão (Souza, 1996). O auto-valor (eigenvalue), que é a soma ao quadrado dos "scores" de cada eixo, representa o maior grau de correlação possível de todas as parcelas ou variáveis com o eixo e dá uma indicação direta

da contribuição relativa de cada eixo para a explicação da variância total dos dados (Ter Braak, 1987). O critério para os autovalores foi de que $\lambda \geq 0,30$. Os escores obtidos na análise de componentes principais, tiveram os seus valores médios tomados, sendo então conduzida a análise de agrupamento para os efeitos conjugados.

Os parâmetros de fertilidade do solo selecionados para tratamento de agrupamento por análise multivariada foram: alumínio [Al], fósforo [P], potássio [K], cálcio [Ca], magnésio [Mg], enxofre [S], soma de bases [SB], boro [B] e zinco [Zn]. Foram utilizados cinco parâmetros físicos do solo: porcentagem de agregados > 2mm [AGREG], microporosidade [MICRO], macroporosidade [MACRO], umidade atual [UA] e densidade do solo [Ds]. Em relação à microbiologia do solo, foi selecionada a variável biomassa carbono [BM]. As amostras (sistemas) e as variáveis (parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo) foram transformados de acordo com Souza, (1996) e Ter Braak, (1987).

Um ponto qualquer plotado no diagrama (representando uma parcela de amostragem de um certo sistema) pode ser relacionado a cada seta (representando um parâmetro do solo), através de uma perpendicular partindo da linha da seta até o referido ponto. A ordem na qual os pontos projetam-se na seta, da sua extremidade até a sua origem, dá uma indicação dessa relação. Sistemas com sua projeção perpendicular próxima ou além da ponta da seta são mais positivamente correlacionados e influenciados pelo parâmetro em questão. Aqueles na extremidade oposta são influenciadas em menor grau. O ângulo de inclinação de cada seta, com relação a cada eixo, indica quão estreitamente correlacionado está o parâmetro com esse eixo (Alvarenga, 1996).

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Características químicas do LE em diferentes sistemas

### 3.1.1 Acidez do solo e seus componentes (pH, H + Al, Al, m%)

O solo estudado (LE) apresentou-se originalmente ácido devido à sua pobreza em bases, refletindo uma baixa fertilidade natural. Esse efeito pode ser constatado no tratamento fragmento de mata nativa {MN}, observando-se os valores obtidos para a acidez e seus componentes (pH, H+Al, Al e m%) na Tabela 02, e as médias de soma de bases na Tabela 09. Ao longo dos anos, condições de precipitação mais intensa promovem grande lixiviação das bases, permanecendo no complexo de troca, predominantemente os cátions H e Al. Isto reflete a importância da calagem e adubações equilibradas, principalmente no manejo de culturas perenes. É importante ressaltar que o cultivo do cafeeiro por longo período, em uma mesma área, causa diminuições nos teores de nutrientes (Chaves *et al.*, 1986) e matéria orgânica (Kemper e Derspch, 1981), afetando as propriedades químicas do solo. Os autores observaram uma redução no teor de matéria orgânica do solo de aproximadamente 50% do original, após quinze anos de cultivo com o cafeeiro. Nestas condições, e até mesmo como medida preventiva, visando a manutenção da fertilidade do solo, é fundamental a adição de material orgânico, para a recuperação da capacidade produtiva destes solos intensamente cultivados.

As variáveis da acidez do solo apresentaram diferenças entre o fragmento de mata nativa {MN}, sistemas de produção do cafeeiro: sistema orgânico {O}, em conversão {E}, convencional {CV} e profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm), exceto para as variáveis Al (alumínio) e m%

(saturação por alumínio). Não foi detectado o efeito da interação sistemas e profundidade de amostragem (Tabela 01).

TABELA 01 - Resumo do quadro de análise de variância para pH em água, alumínio: Al (cmolc.dm$^{-3}$), acidez potencial: H+Al (cmolc.dm$^{-3}$) e m% (saturação por Al). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | Sistemas | | | Profundidade | | | Sistema*Profundidade | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [pH] | (3;24) | 73,386 | ** | (1;24) | 34,337 | ** | (3;24) | 5,505 | ** |
| [Al] | (3;24) | 232,130 | ** | (1;24) | 6,391 | * | (3;24) | 2,913 | n.s. |
| [H+Al] | (3;24) | 70,416 | ** | (1;24) | 12,950 | ** | (3;24) | 3,218 | * |
| [m%] | (3;24) | 205,321 | ** | (1;24) | 7,942 | ** | (3;24) | 2,450 | n.s. |

Onde: n.s. - não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p < 0,05$); ** significante ($p < 0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional. Profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm).

Os resultados obtidos para o pH do solo sob mata e cultivo, nas profundidades de 0-20 e 20-40cm, são apresentados na Tabela 02 e representados na Figura 04a. Observando-se os valores de pH, verifica-se nas camadas superficial e subsuperficial, uma acidez média (5,1 a 6,0) no sistema {CV}, e de média a elevada (4,5 a 6,0) em função da profundidade na {MN}, de acordo com a CFSEMG (1999). Os maiores valores de pH na camada superficial foram encontrados no sistema {O}, apresentando acidez fraca (6,1 a 6,9), e no sistema {E}, com acidez média. Na camada subsuperficial, o sistema {O} também apresentou acidez fraca, os sistemas {E} e {CV} apresentaram uma acidez média e a {MN} apresentou uma acidez elevada (4,5 a 5,0). Notou-se que os valores de pH são mais elevados na camada superficial do solo, principalmente nos sistemas {E} e {O}, que recebem aportes de matéria orgânica anualmente. É interessante ressaltar que a prática da aplicação superficial de casca de café, única forma de adubação orgânica realizada com

periodicidade bianual no cafezal convencional, e as adições de calcário e superfosfato simples influenciaram a obtenção de valores de pH maiores neste sistema em relação aos encontrados na {MN}.

TABELA 02 - Valores de pH ($H_2O$), Al: alumínio ($cmolc.dm^{-3}$), H+Al: acidez potencial ($cmolc.dm^{-3}$) e m% (saturação por alumínio) em função dos tratamentos e profundidade de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [pH] | | | | | | [Al] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 5,40 | b1 | 5,25 | b1 | 5,33 | bc | 0,08 | a1 | 0,13 | a1 | 0,11 | b |
| {E} | 6,08 | a1 | 5,23 | b2 | 5,65 | b | 0,00 | b2 | 0,13 | a1 | 0,07 | b |
| {O} | 6,78 | a1 | 6,23 | a2 | 6,50 | a | 0,00 | b1 | 0,00 | b1 | 0,00 | bc |
| {MN} | 5,15 | b1 | 5,00 | b1 | 5,18 | bc | 0,58 | a1 | 0,58 | a1 | 0,58 | a |
| Média | 5,85 | 1 | 5,43 | 1 | 5,64 | | 0,17 | 1 | 0,21 | 1 | 0,19 | |

| | [H+Al] | | | | | | [m%] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 4,10 | a1 | 4,65 | a1 | 4,38 | b | 1,80 | b1 | 3,75 | a1 | 2,78 | b |
| {E} | 2,33 | b2 | 3,45 | b1 | 2,89 | c | 0,00 | b1 | 3,88 | a1 | 1,94 | b |
| {O} | 1,50 | b2 | 2,75 | b1 | 2,13 | d | 0,00 | b1 | 0,00 | b1 | 0,00 | b |
| {MN} | 5,78 | a1 | 5,55 | a1 | 5,67 | a | 37,45 | a1 | 47,80 | a1 | 42,63 | a |
| Média | 3,43 | 1 | 4,10 | 1 | 3,77 | | 9,81 | 1 | 13,86 | 1 | 11,84 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras- referentes aos sistemas avaliados. Números: referentes a profundidade de amostragem (0-20cm e 20-40cm). Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

Em relação à acidez potencial (H + Al) e ao alumínio trocável ($Al^{+3}$), os sistemas {MN} e {CV} registraram os maiores valores nas duas camadas estudadas (Tabela 02), fato que pode ser visualizado nas Figuras 04b e 04c. Entretanto, os teores de $Al^{+3}$ encontrados no sistema {CV}, tanto em superfície

quanto em subsuperfície, foram muito baixos ($\leq$ 0,20 cmolc.dm$^{-3}$), e o valor de H+Al foi médio (2,51 a 5,0 cmolc.dm$^{-3}$) de acordo com a CFSEMG (1999). Na {MN}, observaram-se teores médios para $Al^{+3}$ (0,51 a 1,0 cmolc.dm$^{-3}$) e valores altos para H+Al (5,01 a 9,0 cmolc.dm$^{-3}$), nas duas camadas estudadas. Nos sistemas {O} e {E}, verificou-se, nas duas camadas (0-20 e 20-40cm), teor nulo a muito baixo de $Al^{+3}$ ($\leq$ 0,20 cmolc.dm$^{-3}$), na camada superficial observou-se um valor baixo de H+Al (1,01 a 2,50 cmolc.dm$^{-3}$); e na camada subsuperficial um valor médio (2,51 a 5,00 cmolc.dm$^{-3}$). Ressalta-se que o sistema {E} apresentou uma tendência de maior valor de $Al^{+3}$ na camada de 20-40cm, em relação ao sistema {O}, o que demonstra claramente a transição desse sistema (Figura 04b). De acordo com Tomé Júnior (1997), os valores de pH nos quais se espera a ocorrência de $Al^{+3}$ em níveis tóxicos são menores que 5,5 (em água), o que foi encontrado apenas na {MN}.

Os altos valores de acidez potencial detectados na {MN}, tanto em superfície quanto em subsuperfície, concordam com resultados obtidos por Fernandes *et al.* (1997). Os autores compararam alguns parâmetros químicos em solo de mata e de campo, em dois locais, nas camadas de 0-20 e 20-40cm, e, constataram valores elevados de acidez potencial nestas camadas em solos sob mata. Bul e Rosolem (1989) atribuem altos valores de H+Al e Al trocável à dissociação do íon hidrogênio de grupos fenólicos e carboxílicos da matéria orgânica, que são os principais fornecedores de prótons ao solo, principalmente em ecossistemas naturais.

Os resultados indicaram que ocorreu uma acidificação do solo na área sob a projeção da copa das plantas no sistema {CV} em comparação ao sistema {O} (Tabela 02). Sanches (1998) observou resultados similares em pomar de laranja, após dezoito anos da sua implantação e retirada da vegetação nativa. Este abaixamento do pH pode ser decorrente do uso de fertilizantes nitrogenados na sistema {CV}, principalmente aqueles contendo N na forma amoniacal ou

amídica (sulfato de amônio, nitrato de amônio e/ou uréia), que geram $H^+$ ao serem nitrificados no solo. Malavolta (1993), citado por Guimarães e Mendes (1997), afirma que um cafezal que recebe 200 kg de $N.ha^{-1}.ano^{-1}$, como sulfato de amônio, necessitará de 1,1 $t.ha^{-1}$.ano de calcário para neutralizar a acidez desse adubo. A acidificação do solo gerada pela utilização de fertilizantes minerais em cobertura foi detectada por vários trabalhos (Moraes *et al.*, 1979; Pavan, Chaves e Mesquita Filho, 1986; Hiroce *et al.*, 1976; Pavan, 1992). Além disso, a utilização do cloreto de potássio, principal fonte de adubação potássica para lavouras convencionais, interfere na qualidade de bebida (Silva, 1999) e aumenta no solo o teor de dois componentes da acidez, o Al e o Mn. Isto não foi constatado neste trabalho no sistema {CV} para o Al. Porém, em relação ao Mn, observou-se uma tendência do sistema {CV} em apresentar os maiores valores entre os tratamentos (Tabela 07 e Figura 09a).

O aumento do pH nos sistemas {O} e {E} está diretamente relacionado com a prática da adubação orgânica e cobertura vegetal permanente do solo, pois Pavan *et al.* (1997) observaram, em cafeeiro adensado, que o acúmulo de matéria orgânica no solo significa redução de perdas de ânions orgânicos do sistema e aumento do consumo de $H^+$. A alcalinização dos solos através de técnicas de cobertura morta com resíduos vegetais foi observada em lavouras cafeeiras por Medcalf (1956); Pavan *et al.* (1986); Pavan, Chaves e Mesquita Filho (1986); Paes *et al.* (1996). Um conjunto de mecanismos interdependentes foi proposto por Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) para explicar o aumento do pH em lavoura adensada: aumento no teor de matéria orgânica pela menor mineralização dos resíduos orgânicos depositados na superfície do solo devido à menor atividade biológica; menores perdas de solo e de cátions básicos por erosão hídrica; maior adsorção de íons $H^+$ livres por ânions orgânicos e maior eficiência no uso do N, minimizando as perdas de $NO_3$ por lixiviação. Os efeitos da adubação orgânica e química no pH do solo foram relatados por Pavan

(1993). O autor verificou que as aplicações de esterco curtido e biodigerido (subproduto da fabricação de biogás), causaram aumentos no pH do solo e, consequentemente, diminuíram os teores tóxicos de alumínio. As adubações com fertilizantes químicos minerais, ao contrário dos estercos, causaram acidificações do solo e aumentaram a solubilidade do alumínio.

Acredita-se que os teores nulos de Al no solo, detectados nos sistemas {O} e {E} na camada superficial, podem estar relacionados com o aumento do pH, que reduz a solubilidade do Al. Também não se descarta a provável reação de complexação do Al com compostos orgânicos, depositados em maiores quantidades no solo em plantios orgânicos. A complexação do Al pela matéria orgânica ficou demonstrada em vários trabalhos (Pavan, 1983; Sidiras e Pavan, 1985; Miyazawa, Chierice e Pavan, 1992; Alcântara, 1997).

Em todos os sistemas de produção estudados e nas profundidades amostradas, não foram encontrados valores de m% superiores ao tolerado pelo cafeeiro (25%), segundo CFSEMG (1999); exceto na {MN} que apresentou um valor alto nas duas camadas estudadas, o que pode ser visualizado na Tabela 02 e Figura 04d.

É importante salientar que, o uso exclusivo de adubos minerais, sem promover calagens controladas e incorporação de material orgânico, pode levar os solos a perderem rapidamente a sua fertilidade, através da acidificação, mobilização de elementos tóxicos (Al, Fe, Mn), imobilização de nutrientes, mineralização e redução rápida da matéria orgânica do solo, com consequente destruição de sua bioestrutura e aumento de erosão, o que se verifica mais intensamente nos solos tropicais.

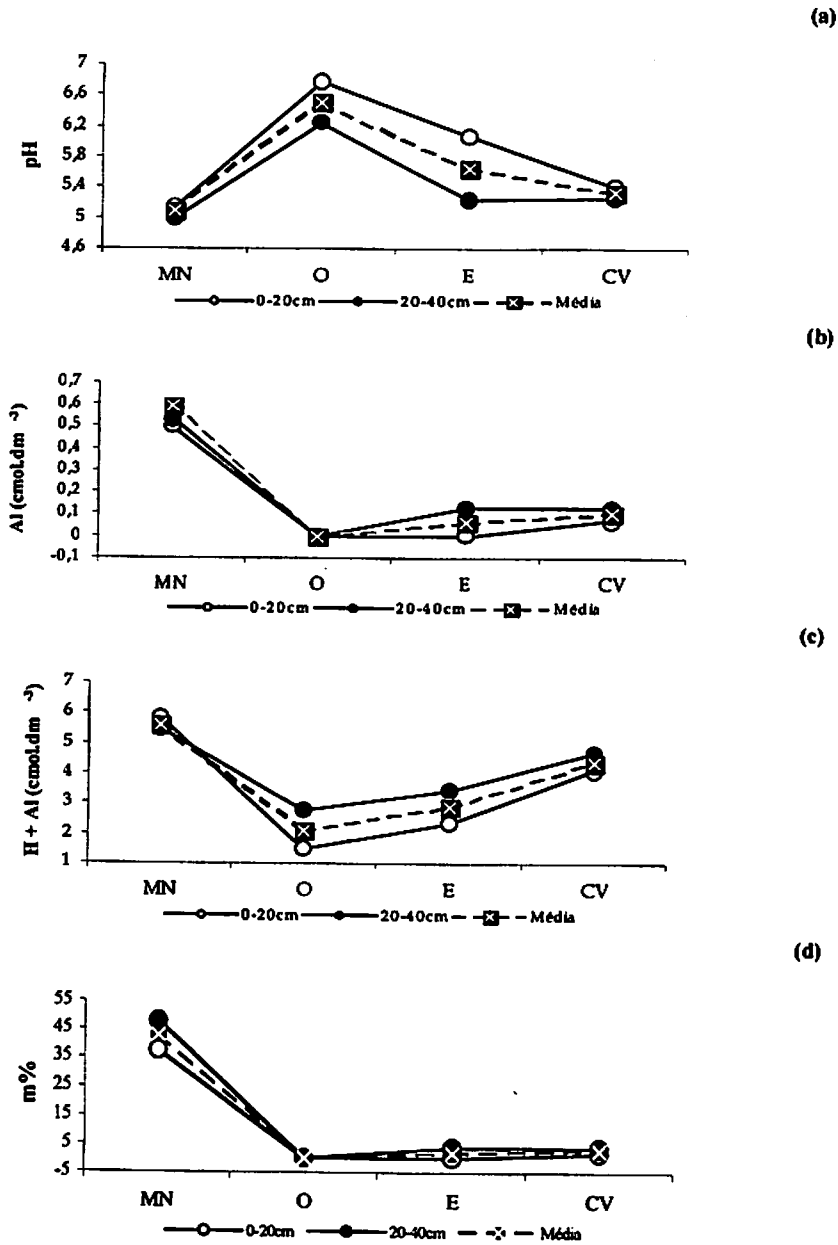


FIGURA 04 - Valores de pH em água (a), alumínio: $Al^{+3}$ (b), acidez potencial: H+Al (c) e saturação por Al: m% (d); nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

### 3.1.2 P, K, Ca, Mg, S, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K

A Tabela 03 apresenta influência dos tratamentos e da interação tratamento versus profundidade de amostragem, nos valores de P, K, Ca, Mg, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K e S; à exceção das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K, para os quais não foi detectado o efeito da profundidade de amostragem e para a relação Ca/K e S, não houve resposta à interação.

TABELA 03 - Resumo do quadro de análise de variância para fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K e enxofre ($S\text{-}SO_4$). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | Sistemas | | | Profundidade | | | Sistema*Profundidade | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [P] | (3;24) | 13,619 | ** | (1;24) | 30,177 | ** | (3;24) | 8,823 | ** |
| [K] | (3;24) | 166,239 | ** | (1;24) | 35,277 | ** | (3;24) | 4,372 | * |
| [Ca] | (3;24) | 37,532 | ** | (1;24) | 44,822 | ** | (3;24) | 5,282 | ** |
| [Mg] | (3;24) | 26,086 | ** | (1;24) | 24,749 | ** | (3;24) | 9,903 | ** |
| [Ca/Mg] | (3;24) | 4,817 | ** | (1;24) | 0,058 | n.s. | (3;24) | 5,954 | ** |
| [Ca/K] | (3;24) | 32,545 | ** | (1;24) | 1,035 | n.s. | (3;24) | 0,861 | n.s. |
| [Mg/K] | (3;24) | 10,803 | ** | (1;24) | 0,026 | n.s. | (3;24) | 6,269 | ** |
| [$S\text{-}SO_4$] | (3;24) | 28,891 | ** | (1;24) | 8,948 | ** | (3;24) | 2,680 | n.s. |

Onde: n.s.- não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p<0,05$); ** significante ($p<0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional. Profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm).

Nos teores encontrados para o P no solo nas duas profundidades amostradas (Tabela 04 e Figura 05a), verificou-se influência dos tratamentos, refletindo uma diferença acentuada entre os valores encontrados na {MN} e nos talhões de café, principalmente levando-se em consideração a fonte de adubação fosfatada utilizada nos sistemas {O}, {E} e {CV}. O teor de P na projeção da copa das plantas de 0-20cm, nos sistemas {O-61,50mg.dm$^{-3}$} e {E-

61,75mg.dm$^{-3}$}, foi em média 60,6mg P.dm$^{-3}$ maior do que aquele do solo sob condição natural e 55,3mgP.dm$^{-3}$ maior em relação ao teor do solo sob sistema {CV}. Na camada subsuperficial, constataram-se diferenças nos teores de P, apresentando o sistema {E} o maior valor, registrando um teor bom (9,1 a 13,5 mg.dm$^{-3}$), segundo a CFSEMG (1999); o sistema {O} apresentou teor baixo (3,1 a 6,0 mg.dm$^{-3}$) e o sistema {CV} e a {MN}, um teor muito baixo (< 3,0 mg.dm$^{-3}$).

TABELA 04- Teores de fósforo: P (mg.dm$^{-3}$), potássio: K (mg.dm$^{-3}$), cálcio: Ca (cmolc.dm$^{-3}$), magnésio: Mg (cmolc.dm$^{-3}$), em função dos tratamentos e profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [P] | | | | | | [K] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 6,25 | b1 | 2,50 | b2 | 4,38 | b | 105,50 | bcd1 | 58,0 | bc2 | 81,75 | b |
| {E} | 61,75 | a1 | 11,0 | a2 | 36,38 | a | 142,50 | bc1 | 111,0 | b1 | 126,75 | a |
| {O} | 61,50 | a1 | 5,0 | b2 | 33,25 | a | 367,75 | a1 | 258,50 | a2 | 313,13 | a |
| {MN} | 1,0 | b1 | 1,0 | bc1 | 1,0 | b | 66,75 | bd1 | 39,50 | bc1 | 53,13 | b |
| Média | 32,63 | 1 | 4,88 | 2 | 18,75 | | 170,63 | 1 | 116,75 | 1 | 143,69 | |

| | [Ca] | | | | | | [Mg] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 2,78 | b1 | 1,63 | a2 | 2,20 | a | 0,90 | b1 | 1,05 | a1 | 0,98 | a |
| {E} | 3,58 | a1 | 2,35 | a1 | 2,96 | a | 1,85 | a1 | 0,60 | a2 | 1,23 | a |
| {O} | 4,05 | a1 | 1,73 | a2 | 2,89 | a | 2,10 | a1 | 0,95 | a2 | 1,53 | a |
| {MN} | 0,65 | b1 | 0,40 | b2 | 0,53 | b | 0,18 | b1 | 0,13 | b1 | 0,15 | b |
| Média | 2,76 | 1 | 1,53 | 2 | 2,14 | | 1,26 | 1 | 0,68 | 2 | 0,97 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras - referentes aos sistemas avaliados; Números: referentes à profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

As exigências de P pelo cafeeiro são pequenas, quando comparadas com as de N e de K. Entretanto, no plantio e período de formação do cafezal, é frequente a aplicação de formulações relativamente ricas em $P_2O_5$. Os valores elevados de P no solo, encontrados nos sistemas {O} e {E}, podem estar relacionados, às quantidades deste nutriente adicionadas anualmente, via adubação, cuja fonte utilizada é o termofosfato, que possui solubilidade média. Tomé Jr. (1997) ressalta que os solos que receberam aplicações de termofosfatos e esterco de aves poedeiras, quando analisados pelo extrator Mehlich, podem apresentar resultados falsamente elevados. Estes produtos contêm formas de fósforo que são pouco solúveis em água, portanto, nem todo o seu P é disponível às plantas, mas a acidez do Mehlich (que tem seu pH em torno de 2,0) pode dissolver tais formas de P.

Outros fatores que também podem ter contribuído para a obtenção de altos índices de P no solo, foram a baixa mobilidade deste elemento no solo, assim como a baixa solubilidade dos compostos formados e a forma de aplicação localizada dos adubos no local de amostragem, principalmente nos 3 ou 4 anos após a primeira aplicação. Além disso, somente uma pequena quantidade de P é removida do solo pela colheita. Malavolta *et al.* (1963) determinaram os teores de macro e de micronutrientes (exceto Cl) nos cultivares Bourbon Amarelo, Caturra Amarelo e Mundo Novo, não encontrando diferenças na composição dos mesmos. Os dados obtidos levando-se em conta os grãos e as cascas demonstram a ordem decrescente de exportação de macronutrientes pelo cafeeiro: K>N>Ca>Mg=S>P, e de micronutrientes: Fe>Zn>Mn=B>Cu> Mo.

O fato de os sistemas {O} e {E} apresentarem maior teor de P do que o sistema {CV}, pode também estar relacionado ao maior suprimento deste elemento pela matéria orgânica, através da liberação de P causada pela elevação do pH, além daquele que foi adicionado pela adubação. A maior disponibilidade de P na presença de ácidos orgânicos foi confirmada por Iyamuremye e Dick

(1996). Pavan, Chaves e Mesquita Filho (1986) relataram que o P apresentou teores mais elevados na camada de 0-20cm, devido aos consequentes aumentos na disponibilidade de P inorgânico promovidos pela matéria orgânica oriunda do "*mulch*". Fernandes *et al.* (1997) também observaram maiores teores de P nas camadas superficiais do solo, correlacionados com o maior teor de matéria orgânica. Outro fator que precisa ser levado em consideração é a maior eficiência do P-fertilizante solúvel em lavoura adensada, apontada por Pavan *et al.* (1997), o qual permanece por mais tempo na forma disponível para as plantas representado pelo P-lábil, devido ao aumento do pH e da concentração de ânions orgânicos e pela consequente neutralização de Fe e Al. Vale *et al.* (1997) citam que para cada 1% de matéria orgânica no solo, haverá a mineralização de 1a 4 kg P/ha, equivalentes a 3 a 10 kg $P_2O_5$/ha.

Pode ser expressiva a quantidade de fósforo orgânico existente no solo, onde a atividade da fosfatase principalmente na região da rizosfera, exerce importante papel no aumento da disponibilidade de P; entretanto, sua real contribuição precisa ser melhor avaliada, em estudos mais aprofundados envolvendo a relação solo-planta-microorganismos.

Em relação à profundidade de amostragem, normalmente o teor de P disponível, proveniente de qualquer extrator, tende a diminuir, acompanhando o teor de matéria orgânica. Pesquisas em culturas perenes demonstram que o P aplicado não se move para camadas inferiores. Os resultados obtidos por Borges e Kiehl (1997) registraram teores três vezes maiores na superfície (0-9cm) do que nas camadas inferiores (38-40cm), em um latossolo amarelo álico cultivado com citrus na Bahia. Os valores de P encontrados na camada de 20-40cm, listados na Tabela 04 e representados na Figura 05a, diminuíram em profundidade nos sistemas {O}, {E} e {CV}. Os sistemas {O} e {CV}, de acordo com a CFSEMG (1999), apresentaram um teor baixo e somente o sistema {E} apresentou um alto teor de P. Na {MN}, não ocorreu influência da

profundidade de amostragem sobre o teor de P, indicando uma concentração uniforme nas duas camadas estudadas (0-20 e 20-40cm). Assim, pode-se inferir que, na mata, a perda de fósforo é mínima, já que a cobertura do solo impede seu transporte no sentido da declividade via erosão e há constante reposição pela decomposição dos restos vegetais, condições que servem como arquétipo para uma agricultura sustentável. Alvarenga (1996) constatou que em solos cultivados com culturas anuais foram encontrados maiores teores de P em relação ao ecossistema natural do cerrado, provenientes da adubação fosfatada realizada por ocasião do plantio. Considerando que os solos sob cerrado têm como característica baixos teores de fósforo, pode-se inferir que as espécies nativas de cerrado são adaptadas às condições de baixo fósforo disponível ou são eficientes em absorver o fósforo retido nos minerais de argila.

Segundo os padrões de fertilidade da 5ª Aproximação da CFSEMG (1999) para lavouras em produção, os resultados encontrados na camada superficial indicam que o solo em estudo possui teor muito bom de P (> 13,5 $mg.dm^{-3}$) sob os sistemas {O} e {E}, apesar do extrator Mehlich superestimar os resultados. O sistema {CV}, apresentou teor médio (6,1 a 9,0 $mg.dm^{-3}$); em relação a {MN}, foi encontrado um teor muito baixo (< 3,0 $mg.dm^{-3}$).

Os sistemas de produção do cafeeiro e a {MN} afetaram os teores de K, Ca, Mg e S (Tabelas 03 e 04), bem como a profundidade de amostragem, pois verificou-se que a disponibilidade de K, Mg e Ca diminuiu em profundidade tanto na {MN} como nos sistemas {O}, {E} e {CV}; exceto o Mg, que apresentou maior teor na camada subsuperficial no sistema {CV}. O enxofre apresentou valores mais altos na camada subsuperficial, em todos os tratamentos.

As quantidades de K nas partes vegetativas, bem como nos frutos do cafeeiro, são suficientes para evidenciar a sua importância na nutrição desta planta. Malavolta (1965) comprovou que a exigência de K aumenta muito com a

idade, sendo particularmente intensa quando a planta atinge a maturidade, devido às quantidades adicionais existentes nas cerejas. Esse autor cita Loué (1955), que analisou os teores de K nos frutos, afirmando que, apenas 20% do K da cereja, encontram-se nos grãos, e 75-80%, no pergaminho e polpa.

Na agricultura orgânica, as principais fontes de K para lavouras cafeeiras são a palha ou casca de café e as cinzas vegetais, utilizadas "*in natura*" ou compostadas com estercos de galinha ou de vaca. É tolerada a aplicação esporádica de produtos de solubilidade e concentração médias, principalmente nos sistemas orgânicos em início de operação, como o sulfato de potássio, desde que seja comprovada a sua necessidade por análise de solo. Sua utilização deve ser solicitada previamente à certificadora e aprovada antes da sua aplicação, sendo obrigatória sua mistura à matéria orgânica.

Os valores do K nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro e fragmento de mata nativa encontram-se na Tabela 04 e são representados na Figura 05b. A Tabela 03 registra o efeito dos tratamentos e da profundidade de amostragem sobre o teor de K. No sistema {O}, o teor de K no solo apresentou os maiores valores nas duas camadas estudadas (0-20 e 20-40cm), classificados como um teor muito bom (> 200 $mg.dm^{-3}$), de acordo com a CFSEMG (1999). O sistema {E} registrou um teor bom (120 a 200 $mg.dm^{-3}$) na camada superficial e um teor médio (60 a 120 $mg.dm^{-3}$) na camada subsuperficial. Foram detectados nos sistemas {CV} e {MN}, teores médios na camada superficial e teores baixos (< 60$mg.dm^{-3}$) na camada subsuperficial.

Os teores de K obtidos nos sistemas {O}, {E} e {CV}, nas duas camadas amostradas, podem estar relacionados ao teor de matéria orgânica do solo, CTC do solo, tipo de ânions presentes na solução, cobertura vegetal e fonte de K utilizada. A verificação de teores médios (60 a 120 $mg.dm^{-3}$) a muito bons (>200 $mg.dm^{-3}$) de K na camada de 0-20cm, nos diferentes sistemas de produção, indica que adubações são práticas constantes no cafezal. No sistema {CV}, a

fonte de K utilizada foi o cloreto de potássio, principal fertilizante potássico aplicado em lavouras comerciais. No sistema {E} foi utilizado o KCl até o início do período de conversão, quando passou-se a utilizar as fontes de K recomendadas para o sistema {O}, como a palha de café, composto, esterco curtido de vaca, esterco de galinha e cinza vegetal. Ressalta-se que não foi utilizado o sulfato de potássio nos sistemas {O} e {E} estudados.

Os maiores teores de K detectados no sistema {O}, nas duas camadas estudadas, podem estar relacionados à alta CTC do solo, ao teor médio de matéria orgânica do solo e ao seu fornecimento através de resíduos vegetais e animais provenientes do manejo orgânico do solo, pois para o K, apenas 1/3 da quantidade encontrada nos restos vegetais requer ataque microbiano para ser liberado, sendo os restantes 2/3 prontamente solúveis em água, requerendo apenas transformações físicas para serem liberados para o solo. Estima-se que entre 2,5 a 5,0 kg de K são assimilados na decomposição de cada tonelada de material orgânico adicionado ao solo (Siqueira e Franco, 1988).

Os processos através dos quais o K mantém o seu efeito residual no solo ainda não estão totalmente esclarecidos, sendo o mesmo considerado um nutriente muito móvel e facilmente lixiviado. Este comportamento pode ser observado na Tabela 04, nos valores de K obtidos para a camada de 20-40cm nos sistemas {O} que apresentou um teor muito bom (> 200mg.dm$^{-3}$); {E}, com um teor médio (60 a 120 mg.dm$^{-3}$); e {CV}, com um teor baixo (< 60 mg.dm$^{-3}$). Alguns fatores influenciam a quantidade lixiviada, como a intensidade de chuvas, teor de K solúvel, de matéria orgânica e a textura. Franco e Medina (1960) estudando a lixiviação de K em LR cultivado com café, aplicaram a quantidade de 180g de KCl por 10m lineares de sulco, e coletaram amostras nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 100cm. Verificaram que depois de um ano, houve grande lixiviação de K, concentrando-se na camada de 40-100cm; após três anos, o K passou a distribuir-se mais uniformemente no perfil. Vale *et*

*al.* (1997) sugerem práticas mais sustentáveis, visando evitar as perdas de K por lixiviação, através do uso de fertilizantes menos solúveis e/ou contendo ânions pouco móveis no solo e aplicação à lanço quando se tratar de grandes doses.

Na {MN}, o solo apresentou teores baixos de K (< 60mg.dm$^{-3}$) nas duas camadas estudadas (0-20 e 20-40cm), sendo grande parte do K possivelmente imobilizado na serrapilheira e na vegetação. Como a quantidade de K acumulado pela mata é representativa, este elemento retorna ao solo por meio da mineralização da matéria orgânica a longo prazo.

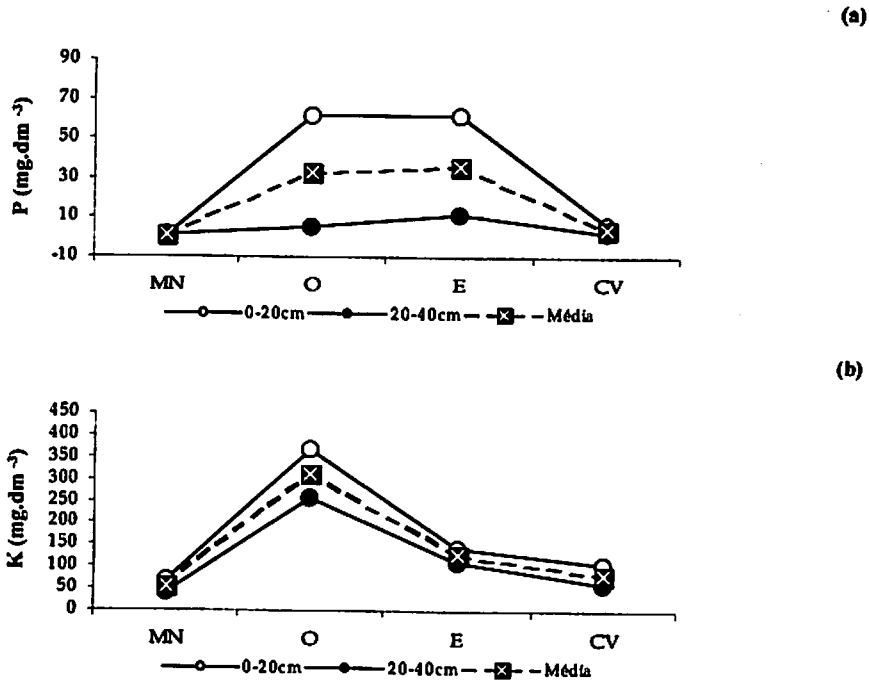


FIGURA 05 - Teores de fósforo [P] (a) e potássio [K] (b) nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Percebe-se influência dos tratamentos e profundidade de amostragem sobre os teores de Ca, registrados na Tabela 03. Os valores obtidos dos teores de Ca no solo encontram-se na Tabela 04 e na Figura 06a. Foi notado o mesmo comportamento dos teores de Ca, em todos os sistemas de produção do cafeeiro nas duas camadas amostradas, atingindo um teor alto (2,41 a 4,0 cmolc.dm$^{-3}$) na camada de 0-20cm e um teor médio (1,21 a 2,4 cmolc.dm$^{-3}$) na camada de 20 a 40cm; exceto na {MN}, na qual foi verificado um teor baixo (0,41 a 1,20 cmolc.dm$^{-3}$) na camada superficial e um teor muito baixo (< 0,40 cmolc.dm$^{-3}$) na camada subsuperficial. Todos os tratamentos indicaram decréscimo nos teores de Ca trocável em profundidade, o que evidencia uma pequena movimentação do mesmo no perfil; resultados semelhantes foram detectados por Caten (1982).

O Mg no solo também apresentou influência dos tratamentos e da profundidade de amostragem (Tabela 03). A dinâmica do Mg no solo diferiu em relação à do Ca, pois os valores encontrados para o Mg, apresentados na Tabela 04 e Figura 06b, demonstram que, na camada superficial, os sistemas {E} e {O} apresentam teores muito altos (> 1,50 cmolc.dm$^{-3}$), e na camada subsuperficial o sistema {E} atingiu um teor médio (0,46 a 0,90 cmolc.dm$^{-3}$), enquanto o sistema {O} apresentou um teor alto (0,91 a 1,50 cmolc.dm$^{-3}$). Os altos teores de Mg registrados nos sistemas {E} e {O}, podem estar relacionados com a utilização de termofosfato que contém 6 a 7% MgO, enquanto no sistema {CV} utilizou-se superfosfato simples. No sistema {E}, foi feita aplicação de óxido de magnésio no segundo ano de condução da lavoura (80g/cova) visando corrigir deficiência de Mg, o que pode ter contribuído para a obtenção de altos teores de Mg. A {MN} registrou um baixo teor de Mg (0,16 a 045 cmolc.dm$^{-3}$) na camada superficial e teor muito baixo (≤ 0,15 cmolc.dm$^{-3}$) na camada subsuperficial. Somente o sistema {CV} apresentou um teor maior na camada subsuperficial (alto) em relação à superficial (médio). Segundo Vale *et al.* (1997) como o Mg é menos fortemente adsorvido que o Ca, a sua lixiviação tende a ser mais intensa.

Os resultados obtidos neste trabalho para os valores de Ca e Mg confirmam esta proposição, refletindo uma maior movimentação do Mg no perfil do solo, principalmente no sistema {CV}.

Os teores de Ca e Mg estão estreitamente relacionados com o nível de acidez do solo, dessa forma, pode-se inferir que os teores baixos encontrados na {MN} estão correlacionados com o excesso de acidez, com a baixa saturação por bases (V%) e com a toxidez por $Al^{+3}$. Os teores adequados de Ca e Mg detectados nos sistemas de produção do cafeeiro refletem o bom estado nutricional das plantas. Pavan *et al.* (1997) explicam os maiores teores de Ca, Mg e K encontrados em cafeeiros adensados, pela maior eficiência na reciclagem de nutrientes, citando a contribuição das folhas e ramos do cafeeiro depositados na superfície do solo. Com a mineralização dos resíduos vegetais, esses cátions são liberados na solução do solo nas formas inorgânicas, podendo ser absorvidos novamente pelas raízes ou adsorvidos às cargas negativas do solo dependentes de pH.

Segundo Malavolta (1993), o valor ideal para a relação Ca/Mg é de 2,2; para Ca/K é de 6 a 8; e para Mg/K de 2 a 3. Na Tabela 05, encontram-se todos os valores observados neste trabalho para as relações citadas, e a Tabela 03 indica influência dos tratamentos, porém não foi registrado o efeito da profundidade de amostragem. O comportamento dos dados pode ser visualizado na Figura 07. Foram registrados valores superiores aos ideais (2,2) na camada de 0-20cm, para a relação Ca/Mg, nos sistemas {CV-3,43} e {MN-3,75} e na camada de 20-40cm, nos sistemas {E-4,35} e {MN-3,5}. Valores próximos aos ideais foram observados nos sistemas {E-2,1} e {O-1,93}, na camada de 0-20cm, e nos sistemas {CV-1,7} e {O-1,98}, na camada de 20-40cm (Figura 07a).

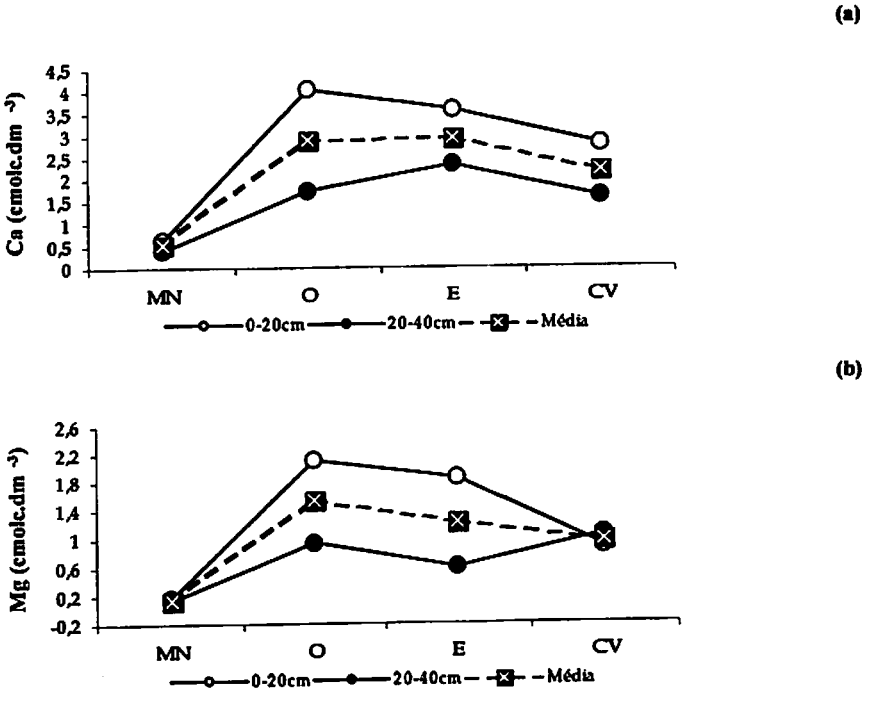


FIGURA 06 - Teores de cálcio [Ca] (a) e magnésio [Mg] (b) nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

A relação Ca/K apresentou valores superiores aos ideais (6 a 8) nos sistemas {CV-10,5} e {E-10,1} na camada superficial, e na camada subsuperficial {CV-10,95} e {E-8,48}. Resultados inferiores aos ideais foram detectados nos sistemas {O-4,33} e (MN-3,98}, na camada superficial e na subsuperficial {O-2,6} e {MN-4,28}. A Figura 07b representa o resultado obtido para os valores médios encontrados para a relação Ca/K.

A relação Mg/K também apresentou sistemas com valores superiores aos ideais (2 a 3), que podem ser visualizados na Figura 07c, como os sistemas {CV-3,53} e {E-5,6} na camada superficial e somente {CV-7,18} na camada subsuperficial. Os sistemas {O-2,25} na camada de 0-20cm e o {E-2,2} de 20-

40cm apresentaram valores ideais para Mg/K. Os valores inferiores aos ideais foram registrados nos tratamentos {MN-1,1} na camada superficial e nos sistemas {O-1,5} e {MN-1,23} na camada subsuperficial.

TABELA 05 - Valores das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K e enxofre ($S\text{-}SO_4$ $mg.dm^{-3}$) em função dos tratamentos e profundidade de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [Ca/Mg] | | | | | | [Ca/K] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 3,43 | a1 | 1,70 | b1 | 2,56 | ac | 10,50 | a1 | 10,95 | a1 | 10,73 | a |
| {E} | 2,10 | b2 | 4,35 | a1 | 3,23 | a | 10,10 | a1 | 8,48 | a1 | 9,29 | a |
| {O} | 1,93 | b1 | 1,98 | bc1 | 1,95 | bc | 4,33 | b1 | 2,60 | b2 | 3,46 | b |
| {MN} | 3,75 | a1 | 3,50 | ac1 | 3,63 | a | 3,98 | b1 | 4,28 | b1 | 4,13 | b |
| Média | 2,80 | 1 | 2,88 | 1 | 2,84 | | 7,23 | 1 | 6,58 | 1 | 6,90 | |

| | [Mg/K] | | | | | | [S- $SO_4$] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 3,53 | ac2 | 7,18 | a1 | 5,35 | a | 66,43 | a1 | 92,83 | a1 | 79,63 | a |
| {E} | 5,60 | a1 | 2,20 | b1 | 3,90 | a | 71,40 | a2 | 138,25 | a1 | 104,83 | a |
| {O} | 2,25 | bc1 | 1,50 | b2 | 1,88 | b | 17,15 | b1 | 28,70 | b1 | 22,93 | b |
| {MN} | 1,10 | bc1 | 1,23 | b1 | 1,16 | b | 2,95 | b1 | 3,83 | b1 | 3,39 | b |
| Média | 3,12 | 1 | 3,03 | 1 | 3,07 | | 39,48 | 1 | 65,90 | 1 | 52,69 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras - referentes aos sistemas avaliados; Números: referentes à profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

Tomé Júnior (1997) ressalta que as culturas, de uma maneira geral, não apresentam exigências muito estritas em termos de relações entre cátions, como Ca/Mg, Ca/K ou Mg/K, ou seja, experimentos têm demonstrado que elas produzirão bem em uma larga faixa de variações destas relações, desde que os

teores de Ca, Mg e K estejam adequados, o que foi constatado nos resultados deste trabalho.

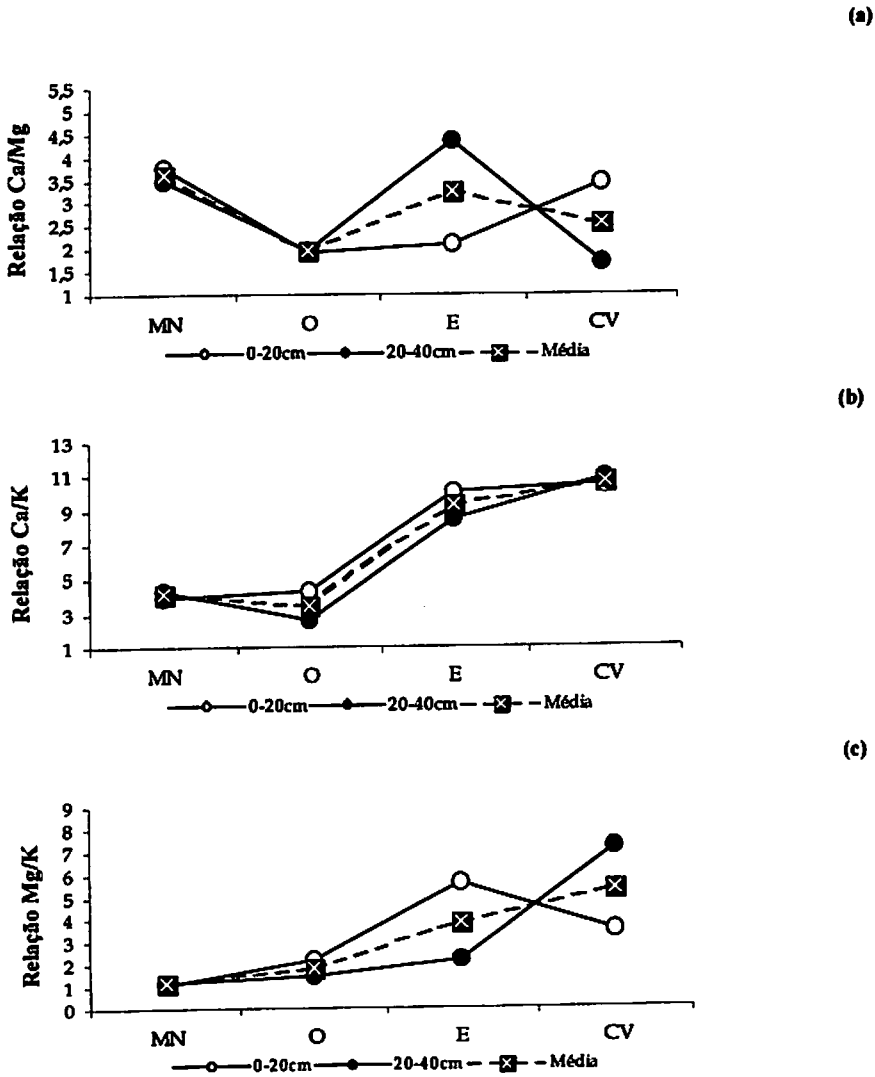


FIGURA 07 - Valores das relações Ca/Mg (a), Ca/K (b) e Mg/K (c) nas camadas de 0- 20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Os valores médios registrados para o sulfato nas duas camadas amostradas (0-20 e 20-40cm), nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro e na {MN}, podem ser visualizados na Tabela 05 e na Figura 08. Segundo Malavolta (1993), os teores adequados de sulfato ($S\text{-}SO_4$) no solo para o cafeeiro situam-se entre 15 a 20 $mg.dm^{-3}$. Nas camadas superficial e subsuperficial, os sistemas {CV} e {E} apresentaram elevados teores de sulfato, decorrentes, provavelmente, das adubações nitrogenados aplicadas na forma de sulfato de amônio, que contêm em torno de 23,0% de enxofre. O sistema {O} apresentou teores adequados de sulfato nas duas camadas estudadas e a {MN} registrou teores baixos em ambas as camadas.

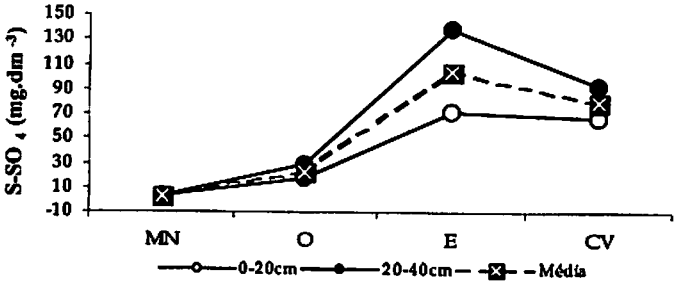


FIGURA 08 - Teores de enxofre ($S\text{-}SO_4$) de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

O sulfato ($S\text{-}SO_4$), diferentemente do fósforo, potássio, cálcio e magnésio, apresentou-se com teores mais elevados na camada de 20-40cm, sugerindo mobilidade no perfil do solo e influência dos tratamentos (Tabela 03). Foi verificada uma maior lixiviação do sulfato nos sistemas {CV} e {E}. Raij (1991) explica que em regiões tropicais úmidas, há acúmulo de sulfatos no

subsolo em razão da maior quantidade de cargas negativas nos horizontes superficiais, originadas tanto pela presença de matéria orgânica quanto pela aplicação de calcário. Além disso, os fosfatos aplicados nas adubações ligam-se preferencialmente às posições que seriam ocupadas pelos sulfatos.

### 3.1.3 B, Zn, Cu, Mn e Fe

Existem efeitos positivos dos tratamentos e profundidade de amostragem sobre os micronutrientes do solo, exceto para Cu e Mn, para os quais não foi detectado o efeito da interação entre tratamentos e profundidade de amostragem (Tabela 06). As médias encontradas para B, Zn, Cu, Mn e Fe estão contidas na Tabela 07 e representados na Figura 09.

TABELA 06 - Resumo do quadro de análise de variância para boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e ferro (Fe). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | Sistemas | | | Profundidade | | | Sistemas*Profundidade | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [B] | (3;24) | 8,124 | ** | (1;24) | 24,573 | ** | (3;24) | 9,292 | ** |
| [Zn] | (3;24) | 17,060 | ** | (1;24) | 36,693 | ** | (3;24) | 6,553 | ** |
| [Cu] | (3;24) | 39,080 | ** | (1;24) | 9,913 | ** | (3;24) | 1,304 | n.s. |
| [Mn] | (3;24) | 23,680 | ** | (1;24) | 20,942 | ** | (3;24) | 1,080 | n.s. |
| [Fe] | (3;24) | 8,164 | ** | (1;24) | 17,306 | ** | (3;24) | 3,641 | * |

Onde: n.s.- não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p<0,05$); ** significante ($p<0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, em conversão e convencional. Profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm).

O boro (água quente) apresentou alto teor (> 0,6 $mg.dm^{-3}$) no sistema {O}, e bons teores (0,41 a 0,6 $mg.dm^{-3}$) nos sistemas {CV}, {E} e na {MN}, de acordo com a CFSEMG (1999) na camada de 0-20cm. O sistema {CV},

registrou teor bom na camada de 20-40cm, e os sistemas {E}, {O} e a {MN} detectaram teores médios (0,21 a 0,40 $mg.dm^{-3}$), resultados que podem ser visualizados na Figura 09a. Observou-se que a lixiviação de B foi maior no sistema {CV}, mesmo com um teor médio de m.o. (3,9%) no solo.

TABELA 07- Teores de boro: B ($mg.dm^{-3}$), zinco: Zn ($mg.dm^{-3}$), cobre: Cu ($mg.dm^{-3}$), manganês: Mn ($mg.dm^{-3}$), e ferro: Fe ($mg.dm^{-3}$) em função dos tratamentos e profundidade de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [B] | | | | | | [Zn] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 0,43 | b1 | 0,53 | a1 | 0,48 | ac | 0,98 | b1 | 0,28 | a2 | 0,63 | ac |
| {E} | 0,55 | b1 | 0,40 | a2 | 0,48 | ac | 2,18 | a1 | 0,95 | a1 | 1,56 | a |
| {O} | 0,80 | a1 | 0,40 | a2 | 0,60 | a | 2,83 | a1 | 0,55 | a2 | 1,69 | a |
| {MN} | 0,48 | b1 | 0,25 | b2 | 0,36 | bc | 0,23 | b1 | 0,10 | b1 | 0,16 | bc |
| Média | 0,56 | 1 | 0,39 | 2 | 0,48 | | 1,55 | 1 | 0,47 | 2 | 1,01 | |

| | [Cu] | | | | | | [Mn] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 3,38 | a1 | 2,83 | a1 | 3,10 | a | 3,05 | a1 | 2,65 | a1 | 2,85 | a |
| {E} | 1,95 | b1 | 1,05 | b2 | 1,50 | b | 1,55 | b1 | 1,10 | b2 | 1,33 | b |
| {O} | 1,38 | b1 | 1,00 | b2 | 1,19 | b | 1,98 | b1 | 1,08 | b2 | 1,53 | b |
| {MN} | 1,10 | bc1 | 1,03 | b1 | 1,06 | b | 1,83 | b1 | 0,80 | b2 | 1,31 | b |
| Média | 1,95 | 1 | 1,48 | 1 | 1,71 | | 2,10 | 1 | 1,41 | 2 | 1,75 | |

| | [Fe] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20cm | | 20-40cm | | Média | |
| {CV} | 51,38 | b1 | 25,98 | b1 | 38,68 | b |
| {E} | 38,33 | b1 | 26,53 | b2 | 32,43 | b |
| {O} | 30,50 | b1 | 28,20 | b1 | 29,35 | b |
| {MN} | 87,48 | a1 | 38,35 | a2 | 62,91 | a |
| Média | 51,92 | 1 | 29,76 | 2 | 40,84 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras - referentes aos sistemas avaliados; Números: referentes a profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

Em relação aos valores obtidos para o Zn (DTPA), observaram-se os menores teores na {MN} nas duas camadas, classificados como baixos (< 7,0 $mg.dm^{-3}$). Os sistemas {E} e {O} registraram teores altos (> 1,5 $mg.dm^{-3}$) na camada superficial e o sistema {CV} um teor médio (0,7 a 1,1 $mg.dm^{-3}$), que podem ser visualizados na Tabela 07 e na Figura 09b. Em subsuperfície, o sistema {E} apresentou um teor médio e os sistemas {CV} e {O} um teor baixo. Possivelmente devido à prática da calagem, o Ca tenha diminuído a lixiviação do Zn., como verificado por Hochberg e Lahav (1978). Acredita-se que a maior concentração de Zn na superfície, deve-se à incorporação de fertilizantes e matéria orgânica (Caten, 1982). Portanto, pode-se inferir que os maiores teores encontrados nos sistemas {E} e {O} estão relacionados com a adição de matéria orgânica e os valores de pH destes sistemas.

Quanto à distribuição de Cu (DTPA) no perfil, foi uniforme em todos os tratamentos, apresentando teores altos (> 1,0 $mg.dm^{-3}$) nas duas camadas amostradas, exceto no sistema {O} em subsuperfície, obteve-se um teor bom (0,7 a 1,0 $mg.dm^{-3}$) (Tabela 07 e Figura 09c). Provavelmente, os altos teores de Cu verificados nos solos sob o cafeeiro tenham sido causados pela utilização de produtos à base de cobre para controle de doenças. Nos sistemas {O} e {E} é permitida a utilização da calda bordalesa e calda viçosa sem a uréia.

Avaliando-se os teores de Mn (DTPA), o sistema {CV} registrou um teor bom (2,6 a 5,0 $mg.dm^{-3}$) nas duas camadas amostradas, provavelmente pela utilização de altas doses de cloreto de potássio. Os sistemas {E}, {O} e {MN} apresentaram teores médios (1,1 a 2,5 $mg.dm^{-3}$) de Mn na camada superficial, segundo a CFSEMG (1999). Na camada subsuperficial, o sistema {E} detectou um teor médio e o sistema {O} e a {MN} apresentaram um teor baixo (< 1,0 $mg.dm^{-3}$). Estes resultados estão representados na Figura 09d.

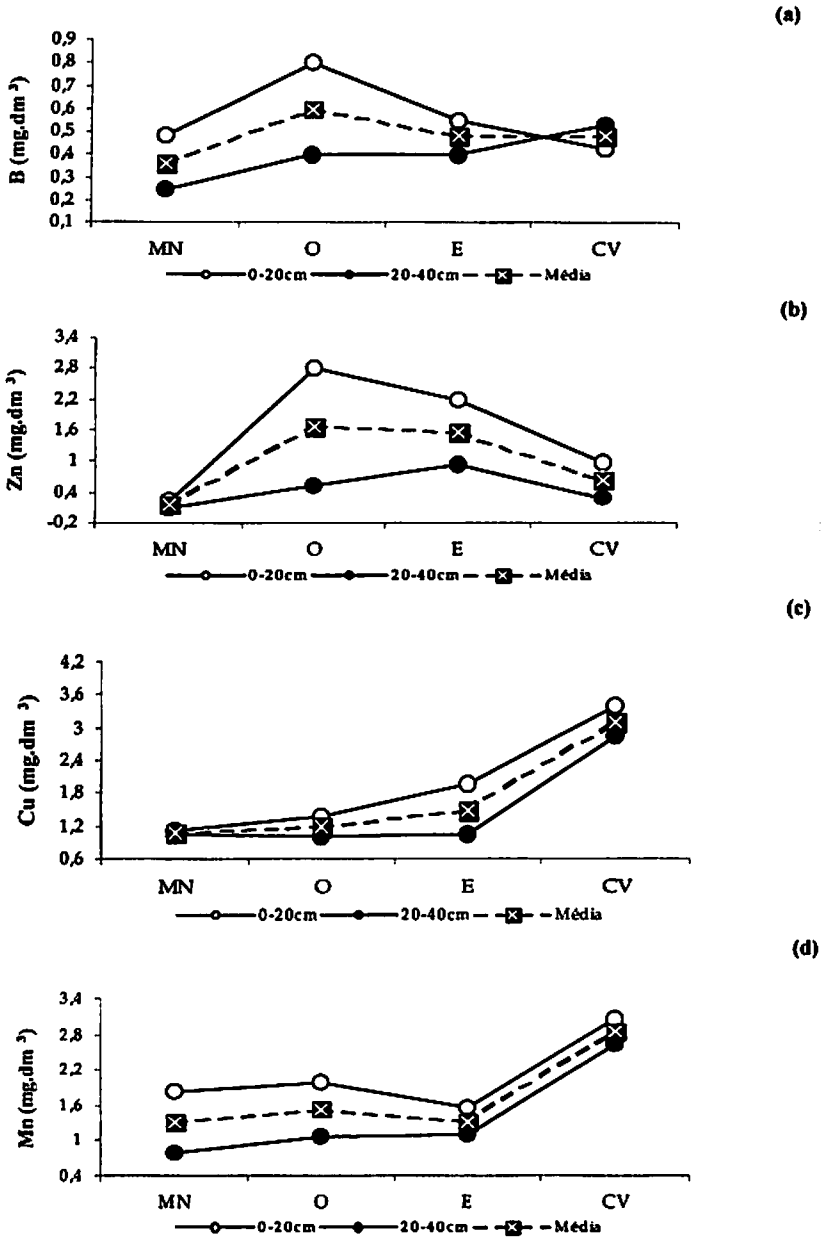


FIGURA 09 - Teores de boro [B] (a), zinco [Zn] (b), cobre [Cu] (c) e manganês [Mn] (d) nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Foi notório o incremento da disponibilidade dos micronutrientes catiônicos: Zn (Figura 09b), Cu (Figura 09c), Mn (Figura 09d) e Fe (Figura 10), na camada superficial devido à contribuição da prática da adubação orgânica nos sistemas {E} e {O}. Provavelmente, a adsorção dos micronutrientes catiônicos em cargas negativas de colóides orgânicos, formando complexos ou quelados solúveis, incrementou a sua solubilidade e seu transporte até as raízes.

Em relação às determinações do ferro solúvel (DTPA), para os diversos tratamentos, a {MN} registrou os maiores teores de Fe nas camadas superficial e subsuperficial. Este efeito está associado a valores mais elevados de pH nestas camadas, que afetam a solubilização do ferro, diminuindo-a. Na camada de 0-20cm, os sistemas {CV} e {E} apresentaram valores intermediários, sendo os menores teores de Fe detectados no sistema {O}. Na camada de 20-40cm, os maiores teores foram encontrados nos sistemas {O}, {E} e {CV}, respectivamente. Todos os teores de Fe registrados nos tratamentos nas duas camadas foram representados na Figura 10, sendo classificados como altos (> 12,0 mg.dm$^{-3}$), de acordo com Tomé Júnior (1997).

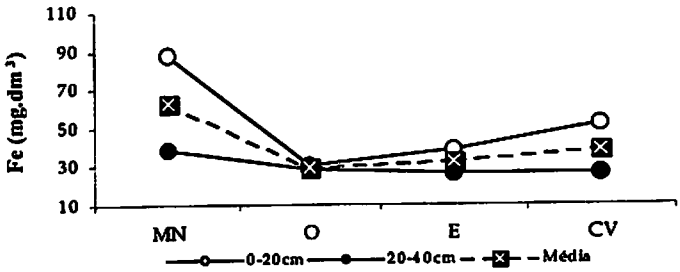


FIGURA 10 - Teores de Fe nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

A influência da matéria orgânica na solubilidade de Fe foi comprovada por Mascarenhas (1977), verificando que a solubilidade do Fe é favorecida pela presença dos microorganismos, por sua ação redutora ou através da formação de quelatos.

### 3.1.4 Teor de m.o. (matéria orgânica), t (CTC efetiva) e SB (soma de bases)

A Tabela 08 apresenta a influência dos sistemas de produção do cafeeiro e da {MN} sobre os teores de m.o. no solo nas camadas de 0-20 e 20-40cm de profundidade. Não foi observado o efeito da interação tratamentos versus profundidade de amostragem para esta variável.

TABELA 08 - Resumo do quadro de análise de variância para soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e teor de matéria orgânica (m.o.). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | Sistemas | | | Profundidade | | | Sistema*Profundidade | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [SB] | (3;24) | 67,680 | ** | (1;24) | 67,995 | ** | (3;24) | 10,446 | ** |
| [t] | (3;24) | 54,685 | ** | (1;24) | 70,634 | ** | (3;24) | 11,089 | ** |
| [m.o.] | (3;24) | 16,724 | ** | (1;24) | 48,441 | ** | (3;24) | 0,651 | n.s. |

Onde: n.s. - não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p < 0,05$); ** significante ($p < 0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional. Profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm).

A comparação dos teores médios de m.o. no solo é apresentada na Figura 11a. Foi notada uma diminuição do teor de m.o. com o aumento da profundidade (Tabelas 08 e 09), evidenciando inicialmente diferenças entre o solo sob cultivo do cafeeiro e sob mata nas duas profundidades estudadas. Segundo a CFSEMG (1999), o teor de m.o. é classificado como médio (2,01 a 4,0%) em todos os

tratamentos nas duas camadas. Nota-se que, o sistema {CV} apresentou uma tendência de maior teor de m.o. entre os tratamentos, este fato pode ser explicado pela prática de aplicação de casca de café com periodicidade bianual e analisando o histórico de utilização da área experimental convencional, onde há quarenta anos foi conduzida lavoura de café exclusivamente com adubação orgânica. Para Rasmussen e Collins (1991), o teor da matéria orgânica em solos cultivados muda, lentamente com o tempo, em função do uso e do manejo, nos quais as diferenças são difíceis de serem detectadas a curto prazo, entretanto, com o transcorrer de muitos anos, estas diferenças se tornam grandes o suficiente para uma variabilidade analítica. Halvorson, Smith e Papendick (1997) mostraram, em uma escala temporal, que o teor de m.o. se insere entre os indicadores de qualidade do solo, o qual é relativamente estático ou variável em espaço de tempo de 10 a 1000 anos.

Os teores médios de m.o. entre a superfície e a subsuperfície, encontrados em todos os tratamentos, podem estar associados à proteção oferecida pelos diferentes tipos de manejo do cafeeiro e pela {MN}, favorecendo a não ocorrência de perdas por erosão e manutenção da fertilidade do solo. Um ponto interessante que caracteriza o manejo adotado nos sistemas {O} e {E} é a busca do equilíbrio nutricional das plantas através da capacidade natural de suprimento, principalmente de N do solo, pela manutenção da cobertura vegetal permanente do solo através da roçada do mato, pela aplicação de casca de café e pela adubação verde. Em termos práticos e respeitando os fatores que afetam a mineralização, Vale *et al.* (1997) afirmam que 1a 4% do nitrogênio orgânico são mineralizados durante o período normal de cultivo de culturas anuais. Portanto, para cada 1% de m.o. no solo, a sua capacidade natural de suprimento de N varia de 10 a 40 kg $N.ha^{-1}$.cultivo.

TABELA 09 - Teores de soma de bases: SB ($mg.dm^{-3}$), CTC efetiva: t ($cmolc.dm^{-3}$) e matéria orgânica: m.o. (%) em função dos tratamentos e profundidade de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [SB] | | | | | | [t] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 3,95 | c1 | 2,83 | a2 | 3,39 | bc | 4,03 | c1 | 2,93 | a2 | 3,48 | bc |
| {E} | 5,78 | b1 | 3,23 | a2 | 4,50 | ac | 5,78 | b1 | 3,33 | a2 | 4,55 | ac |
| {O} | 7,10 | a1 | 3,35 | a2 | 5,23 | a | 7,10 | a1 | 3,35 | a2 | 5,23 | a |
| {MN} | 0,98 | d1 | 0,65 | b1 | 0,81 | b | 1,55 | d1 | 1,23 | b2 | 1,39 | b |
| Total | 4,45 | 1 | 2,51 | 2 | 3,48 | | 4,61 | 1 | 2,71 | 2 | 3,66 | |

| | [m.o.] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 3,90 | a1 | 3,28 | a1 | 3,59 | a |
| {E} | 3,23 | b1 | 2,45 | bc2 | 2,84 | b |
| {O} | 3,10 | b1 | 2,50 | b2 | 2,80 | b |
| {MN} | 3,08 | b1 | 2,10 | bc2 | 2,59 | b |
| Total | 3,33 | 1 | 2,58 | 2 | 2,95 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras - referentes aos sistemas avaliados; Números: referentes a profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

Sanches (1998), obteve resultados diferentes dos encontrados neste trabalho, estudando a retirada da mata nativa para implantação de pomar de laranja, segundo o qual o solo cultivado apresentou teores de m.o. mais baixos que o solo sob mata natural, nas duas camadas amostradas (0-20 e 20-40cm), tanto na região de adubação como nas entrelinhas da cultura. Esta redução foi relacionada à diminuição da restituição de material orgânico ao solo, enquanto na mata natural, é frequente o retorno deste material. Em florestas tropicais, alguns trabalhos têm demonstrado que estas restituem ao solo, anualmente, cerca de 9 a 15 $t.ha^{-1}$ de matéria seca (Cunnigham, 1963; Godefroy e Jacquin, 1975).

A diminuição do teor de m.o. no solo sob cultivo, segundo Stevenson (1982), não está unicamente associada à redução da quantidade de resíduos orgânicos, sendo também causada pela melhoria da aeração do solo e a maior alternância de ciclos de umidecimento e secagem, fenômenos que podem levar ao aumento da atividade microbiana e, assim, à redução do teor de m. o. do solo.

Os valores da CTC efetiva (t) evidenciaram a influência dos sistemas de produção do cafeeiro e da {MN} nas duas profundidades estudadas, podendo ser conferidos nas Tabelas 08 e 09. Avaliando as médias da "t" nos diversos sistemas de cultivo, percebe-se que todos diferiram das condições naturais e que a "t", na camada superficial, foi maior que a observada na camada subsuperficial independente dos tratamentos. Os sistemas {E} e {O} registraram os maiores valores na camada superficial, de acordo com a CFSEMG (1999), classificados como altos (4,61 a 8,0 cmolc.dm$^{-3}$), e o sistema {CV} apresentou uma "t" média (2,31 a 4,60 cmolc.dm$^{-3}$). Já em subsuperfície, foi detectada uma "t" média nos sistemas {CV}, {E} e {O}. A {MN} apresentou uma "t" baixa (0,81 a 2,30 cmolc.dm$^{-3}$) nas duas camadas citadas. Estes resultados podem ser visualizados na Figura 11b.

As aplicações de corretivos e fertilizantes nos sistemas de produção do cafeeiro foram, possivelmente, a causa direta do aumento da "t", favorecida pelo incremento do pH e consequente liberação de cargas, tanto na fração mineral como na orgânica. No sistema {CV}, o menor valor de pH registrado, refletindo uma acidez média, diminuiu o efeito de formação de cargas dependentes de pH. Os valores de pH verificados neste trabalho, na camada superficial nos sistemas {MN}, {CV}, {E} e {O}, variaram de 5,15 a 6,78 (Tabela 02).

O manejo da CTC efetiva adquire um papel fundamental em solos tropicais altamente intemperizados, como os latossolos, nos quais a manutenção da matéria orgânica no solo é quase sinônimo de manutenção da CTC. Rhoton *et al.* (1993) observaram diminuição da "t" quando se reduziu o teor de matéria

orgânica. Outros autores também verificaram o mesmo comportamento da CTC em função da m.o. (Sidiras e Pavan, 1985; Santos, 1993).

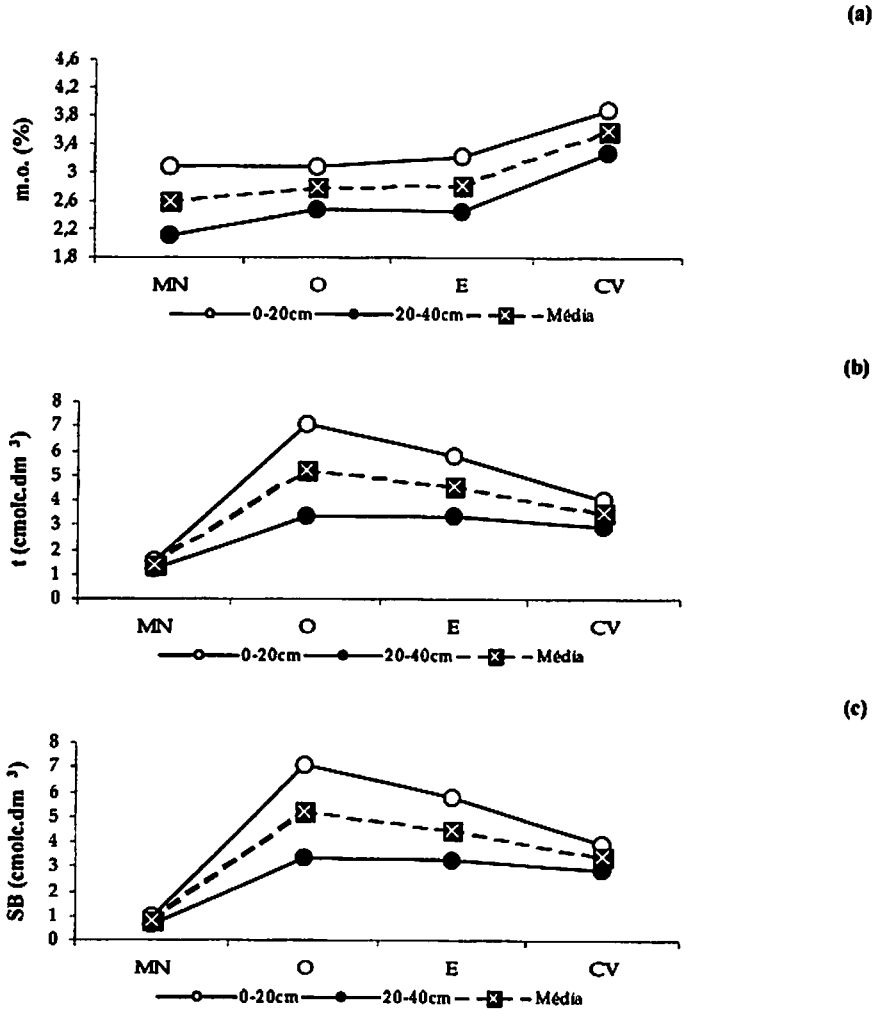


FIGURA 11- Teores de soma de bases [SB], CTC efetiva [t] e matéria orgânica [m.o.] nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

De acordo com a Tabela 08 do presente estudo, as médias obtidas para a soma de bases (SB) dos tratamentos nas camadas de 0-20 e 20-40cm refletiram o comportamento das bases ($Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$, $K^{+}$) no solo, em resposta aos manejos adotados, representado na Figura 11c. Foram detectadas diferenças na camada superficial entre o sistema {O} com o maior valor de SB, classificado pela CFSEMG (1999) como muito alto (> 6,0 $cmolc.dm^{-3}$); e os sistemas {CV} e {E}, que apresentaram um valor alto (3,61 a 6,0 $cmolc.dm^{-3}$). Os resultados encontrados para a SB estão apresentados na Tabela 09.

A maior SB detectada no sistema {O}, que apresenta consequentemente uma alta CTC efetiva, está relacionada ao aumento do pH e dos teores de $Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$ e $K^{+}$, além da redução do $Al^{+3}$ na camada superficial do solo, gerados provavelmente pela aplicação de matéria orgânica na forma de: composto, esterco de galinha, húmus e chorume de porco. Na camada subsuperficial, não foram detectadas diferenças entre os sistemas {CV}, {O} e {E}, que registraram valores médios (1,81 a 3,60 $cmolc.dm^{-3}$) para a SB, enquanto a {MN} apresentou valores baixos (0,61 a 1,80 $cmolc.dm^{-3}$) nas duas camadas estudadas.

### 3.1.5 Saturação de bases (V%), CTC a pH 7,0 (T), Ca/T, Mg/T e K/T

Os resultados da saturação do complexo de troca por bases (V%) demonstraram existir influência dos tratamentos, profundidade de amostragem, bem como da interação dos tratamentos versus profundidade de amostragem (Tabela 10). Os valores de V% estão contidos na Tabela 11 e representados na Figura 12b.

TABELA 10 - Resumo do quadro de análise de variância para T (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V%), saturação por cálcio (Ca/T), saturação por magnésio (Mg/T) e saturação por potássio (K/T). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | Sistemas | | | Profundidade | | | Sistemas*Profundidade | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [T] | (3;24) | 5,746 | ** | (1;24) | 30,803 | ** | (3;24) | 4,088 | * |
| [V%] | (3;24) | 106,392 | ** | (1;24) | 51,125 | ** | (3;24) | 5,307 | ** |
| [Ca/T] | (3;24) | 44,458 | ** | (1;24) | 27,610 | ** | (3;24) | 2,538 | n.s. |
| [Mg/T] | (3;24) | 29,334 | ** | (1;24) | 13,699 | ** | (3;24) | 7,493 | ** |
| [K/T] | (3;24) | 131,501 | ** | (1;24) | 2,962 | n.s. | (3;24) | 0,695 | n.s. |

Onde: n.s.- não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p < 0,05$); ** significante ($p < 0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional. Profundidade de amostragem (0-20 e 20-40cm).

Foi detectada uma tendência de redução na {MN} e aumento nos solos sob cultivo. O V% no solo da {MN} foi classificado como muito baixo (≤ 20,0%) nas duas camadas amostradas (0-20 e 20-40cm), segundo os limites de classes estipulados pela CFSEMG (1999). Na camada superficial, o sistema {O} registrou um índice muito alto (> 80,0%), acima do ideal para o cafeeiro (50-60%). O sistema {E} apresentou um valor alto (60,1 a 80,0%), também acima do ideal, e o sistema {CV} registrou um V% de 49,45, valor que se aproxima da faixa adequada. O valor do V% indica as condições gerais da fertilidade do solo estudado, submetido a diferentes tipos de manejo do cafeeiro e sob mata nativa. O menor valor de V% no sistema {CV} em relação aos sistemas {O} e {E}, pode estar associado à remoção de cátions, principalmente o Ca, Mg e K, pela absorção pelas plantas e pela maior probabilidade de ocorrência de lixiviação devido à aplicação de fertilizantes químicos altamente solúveis utilizados no manejo convencional.

TABELA 11 - Valores de CTC a pH 7,0 (T- cmolc/dm$^3$), V%, Ca/T (%); Mg/T (%) e K/T (%) em função dos tratamentos e profundidade de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [T] | | | | | | [V%] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 8,05 | a1 | 7,48 | a1 | 7,76 | a | 49,45 | c1 | 37,88 | bc2 | 43,66 | b |
| {E} | 8,10 | a1 | 6,68 | ac2 | 7,39 | ac | 71,40 | b1 | 47,20 | ac2 | 59,30 | a |
| {O} | 8,60 | a1 | 6,10 | b2 | 7,35 | ac | 82,50 | a1 | 54,43 | a2 | 68,46 | a |
| {MN} | 6,75 | b1 | 6,20 | b1 | 6,48 | bc | 14,58 | d1 | 10,18 | bd2 | 12,38 | b |
| Total | 7,88 | 1 | 6,61 | 2 | 7,24 | | 54,48 | 1 | 37,42 | 2 | 45,95 | |

| | [Ca/T] | | | | | | [Mg/T] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 34,75 | b1 | 21,88 | b2 | 28,31 | b | 11,38 | b1 | 14,03 | a1 | 12,70 | b |
| {E} | 44,10 | a1 | 34,30 | a1 | 39,20 | a | 22,78 | a1 | 8,60 | a2 | 15,69 | b |
| {O} | 47,13 | a1 | 27,70 | a2 | 37,41 | a | 24,35 | a1 | 15,75 | a2 | 20,05 | a |
| {MN} | 9,50 | bc1 | 6,53 | bc2 | 8,01 | b | 2,55 | bc1 | 2,00 | b1 | 2,28 | bc |
| Total | 33,87 | 1 | 22,60 | 2 | 28,23 | | 15,26 | 1 | 10,09 | 1 | 12,68 | |

| | [K/T] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 3,35 | b1 | 2,00 | b2 | 2,68 | bc |
| {E} | 4,50 | b1 | 4,28 | a1 | 4,39 | b |
| {O} | 11,00 | a1 | 10,95 | a1 | 10,98 | a |
| {MN} | 2,50 | bc1 | 1,68 | b1 | 2,09 | bc |
| Total | 5,34 | 1 | 4,73 | 1 | 5,03 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras - referente aos sistemas avaliados; Números: referentes a profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

Em todos os sistemas de produção do cafeeiro estudados, bem como na {MN}, nas camadas superficial e subsuperficial, foram registrados valores médios (4,31 a 8,60 cmolc.dm$^{-3}$) para a CTC a pH 7,0, segundo a CFSEMG (1999). É conveniente analisar o potencial para desenvolvimento de cargas

negativas, na camada superficial dos diferentes sistemas de produção do cafeeiro, cujos valores estão listados nas Tabelas 09 e 11 e representados nas Figuras 11b e 12a. Registrou-se, no sistema {CV}, um incremento de 50,0% da CTC a pH 7,0 em relação à CTC efetiva (t), seguido pelo sistemas {E-28,6%} e {O-17,4%}. Possivelmente, as aplicações de calcário, fertilizantes químicos e m.o. na forma de casca de café proporcionaram um potencial de cargas dependentes de pH superior para o sistema {CV}, porém a sua média da "t" foi inferior às médias dos sistemas {O} e {E}, notadamente até a profundidade de 20cm. Pode-se inferir, então, que o sistema {O} foi mais eficiente no desenvolvimento de cargas negativas desde a implantação da cultura do cafeeiro, há cinco anos, devido aos maiores valores de "t" encontrados neste sistema na camada arável.

Na {MN} os teores médios detectados para a "T" refletem um potencial para desenvolvimento de cargas negativa da ordem de 77,0%, em relação à sua "t". Como o solo da {MN} apresenta uma acidez média, os íons $H^+$ ocupam grande parte das cargas negativas do solo, impedindo os processos de troca, confirmando uma baixa "t".

Na Tabela 10, nota-se significância para os tratamentos, mas não foi detectado o efeito da profundidade de amostragem para a variável K/T e a interação tratamento versus profundidade de amostragem para as variáveis Ca/T e K/T. Os valores médios observados para estas variáveis constam da Tabela 11 e Figura 13. Os valores de saturação de potássio (K/T), magnésio (Mg/T) e cálcio (Ca/T) registrados em solos nutricionalmente equilibrados, de acordo com Malavolta (1993), são de 3-4,5% para K/T; 10-15% para Mg/T e 45-55% para Ca/T. Neste trabalho, foram detectados valores adequados para a K/T nos sistemas {CV} e {E}, que podem ser visualizados na Figura 13c. O sistema {O} apresentou valor mais elevado do que o ideal (11,0%). Considerando a Mg/T, os sistemas {E-22,78%} e {O-24,35%} registraram valores acima dos ideais e o

sistema {CV} apresentou valor ideal (Figura 13b). A Ca/T nos sistemas {O} e {E} apresentou valores ideais e o sistema {CV-34,75} apresentou valor abaixo do ideal (Figura 13a). Todos os valores obtidos na {MN} para K/T, Mg/T e Ca/T apresentaram-se abaixo dos ideais.

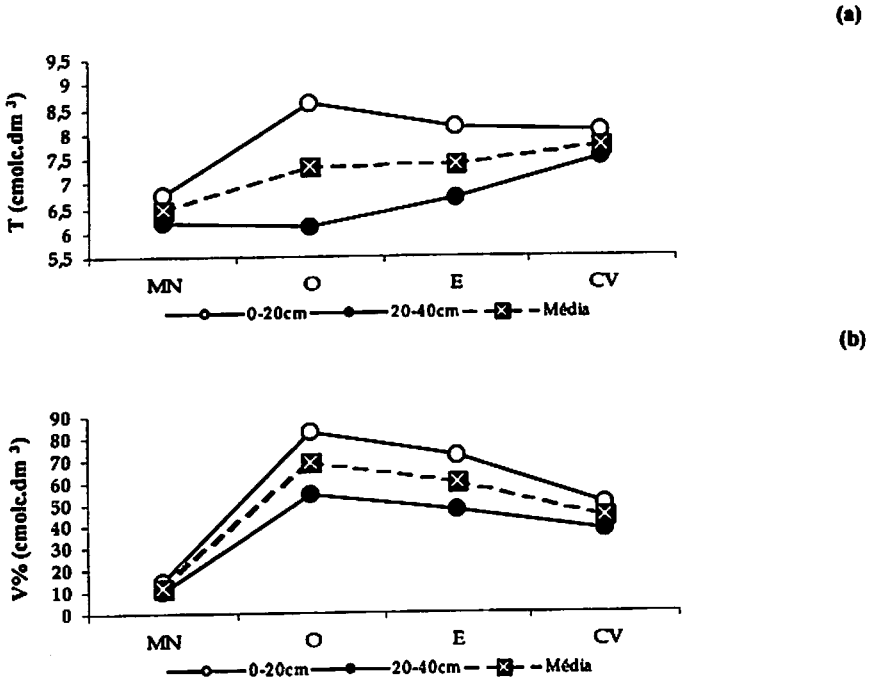


FIGURA 12 - Teores de CTC a pH 7,0 [T] e saturação por bases [V%] nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

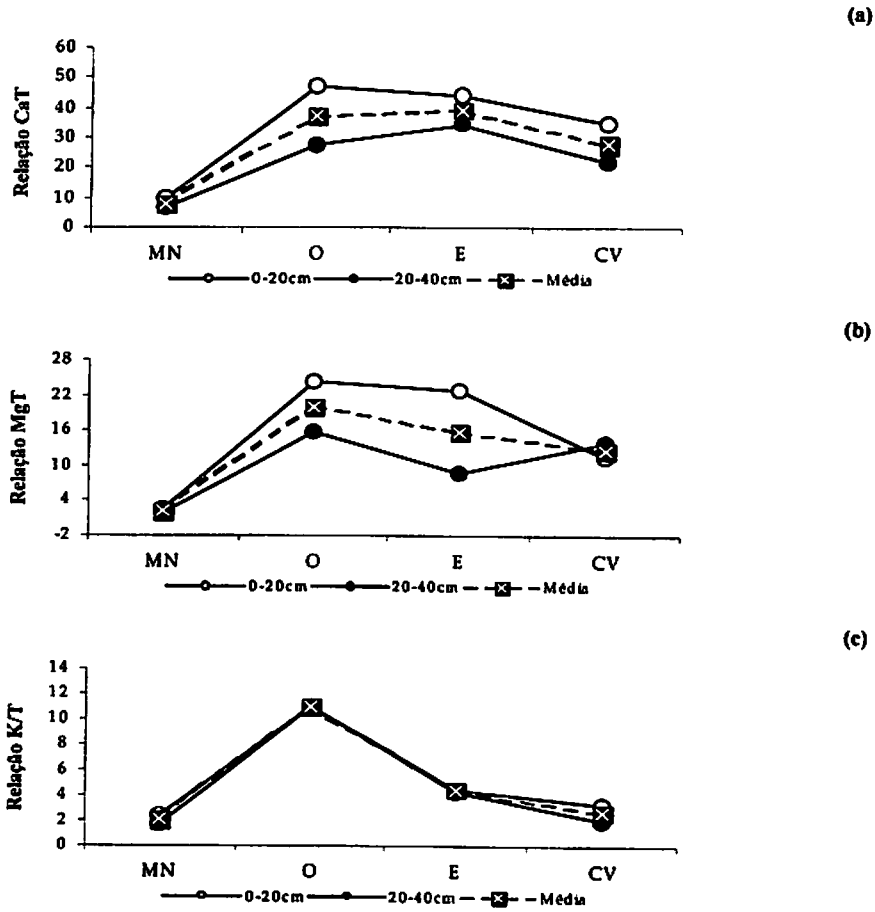


FIGURA 13 - Valores das relações Ca/T (a), Mg/T (b) e K/T (c) nas camadas de 0-20 e 20-40cm de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

### 3.1.6 Análise granulométrica

Os valores das variáveis areia, silte e argila estão contidos na Tabela 12 e o resumo da análise de variância está apresentado na Tabela 13. A análise granulométrica dos solos dos sistemas de produção de café orgânico, em

conversão e convencional e do fragmento de mata nativa, indica que os solos sob cultivo e mata foram classificados como argilosos nas duas camadas amostradas, segundo Tomé Júnior (1997).

TABELA 12 - Resumo do quadro de análise de variância para areia, silte e argila. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | Sistemas | | | Profundidade | | | Sistemas*Profundidade | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [Areia] | (3;24) | 42,839 | ** | (1;24) | 12,011 | ** | (3;24) | 4,360 | * |
| [Silte] | (3;24) | 78,829 | ** | (1;24) | 21,246 | ** | (3;24) | 4,294 | * |
| [Argila] | (3;24) | 5,241 | ** | (1;24) | 23,734 | ** | (3;24) | 1,239 | n.s. |

Onde: n.s. - não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p<0,05$); ** significante ($p<0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional. Prof. amostragem (0-20 e 20-40cm).

TABELA 13 - Valores das variáveis areia (%), silte (%) e argila (%) em função dos tratamentos e profundidade de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [Areia] | | | | | | [Silte] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 25,75 | d1 | 24,25 | b1 | 25,00 | b | 27,00 | a1 | 21,70 | a2 | 24,35 | a |
| {E} | 36,75 | c1 | 35,50 | a1 | 36,13 | bc | 19,75 | b1 | 16,25 | bc2 | 18,00 | b |
| {O} | 39,50 | b1 | 36,75 | a2 | 38,13 | bc | 17,75 | b1 | 15,25 | bc1 | 16,50 | b |
| {MN} | 52,25 | a1 | 39,50 | a2 | 45,88 | a | 11,50 | bc1 | 12,00 | b1 | 11,75 | bc |
| Total | 38,56 | 1 | 34,00 | 1 | 36,28 | | 19,00 | 1 | 16,30 | 1 | 17,65 | |

| | [Argila] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | 0-20 | | 20-40 | | T | |
| {CV} | 47,25 | a2 | 54,25 | a1 | 50,75 | a |
| {E} | 43,50 | b2 | 48,50 | a1 | 46,00 | ac |
| {O} | 42,75 | b2 | 48,00 | a1 | 45,38 | ac |
| {MN} | 36,25 | bc1 | 48,50 | a1 | 42,38 | bc |
| Total | 42,44 | 2 | 49,81 | 1 | 46,13 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras: referentes aos sistemas avaliados; Números: referentes à profundidade de amostragem. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} em conversão, {O} orgânico, {MN} mata nativa.

## 3.2 Características físicas do LE em diferentes sistemas

### 3.2.1 Matéria orgânica

O resumo da análise de variância envolvendo os teores de m.o., nas duas camadas (0-20 e 20-40cm) do LE estudado, sob diferentes sistemas de produção do cafeeiro e fragmento de mata nativa {MN}, encontra-se na Tabela 08. Os resultados já discutidos demonstram que o teor de m.o. foi afetado significativamente pelos tratamentos, mas apresenta valores médios em todos os tratamentos nas camadas avaliadas, provavelmente devido ao período relativamente curto de avaliação (5 anos). A tendência de maior valor nas duas camadas, no tratamento {CV}, pode ser visualizada na Figura 11a, dados também já apresentados e discutidos anteriormente, no ítem características químicas do LE em diferentes sistemas.

### 3.2.2 Densidade de partículas (Dp), Densidade do solo (Ds)

A análise de variância realizada com os resultados das determinações da Dp mostra que seus valores não foram influenciados pelos sistemas de produção do cafeeiro e pela {MN}, o que pode ser constatado na Tabela 14 e Figura 14b.

Este resultado pode ser atribuído aos valores similares de m.o. encontrados em todos os tratamentos, além de estarem em condições de solo mineralogicamente idênticos, pois a Dp não é influenciada por alterações mecânicas, mas sim pelo teor de matéria orgânica. O valor médio global da Dp, encontrado em todos os tratamentos foi de 2,64 $g.cm^{-3}$, concordando com o intervalo ideal citado por Ferreira (1993), que varia de 2,6 a 2,7 $g.cm^{-3}$. Isto reflete a grande influência da presença dominante do quartzo, que apresenta peso específico de 2,65 $g.cm^{-3}$. Conclui-se que o manejo do solo sob os diferentes

sistemas de produção do cafeeiro poderá modificar o valor de Dp ao longo do tempo se, com esse manejo, houver modificação significativa do conteúdo de matéria orgânica.

TABELA 14 - Resumo da análise de variância para as variáveis de física do solo. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| Variáveis | g.l. | Efeito | QM Resíduo | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| [MACRO] | (3;12) | 28,530 | 18,120 | 1,570 | n.s. |
| [MICRO] | (3;12) | 151,820 | 51,670 | 2,940 | * |
| [Ds] | (3;12) | 0,004 | 0,005 | 0,728 | n.s. |
| [Dp] | (3;12) | 12,610 | 12,970 | 0,970 | n.s. |
| [Ag > 2mm] | (3;12) | 2683,490 | 449,840 | 5,970 | * |
| [UA] | (3;12) | 16,870 | 24,970 | 0,680 | n.s. |
| [VTP] | (3;12) | 114,622 | 166,001 | 0,690 | n.s. |
| [ADA] | (3;11) | 438,140 | 87,330 | 5,020 | * |

Onde: n.s.- não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p < 0,05$); ** significante ($p < 0,01$). Variáveis: macroporosidade {MACRO], microporosidade [MICRO], densidade de partículas [Dp], densidade do solo [Ds], agregados: Ag >2mm, umidade atual [UA], volume total de poros [VTP], argila dispersa em água [ADA].

O cultivo do cafeeiro não influenciou a Ds (Tabela 14). Observa-se que os valores de Ds, tanto no solo cultivado com cafeeiros como na {MN}, foram similares, não apresentando nenhuma diferença estatística (Figura 14a). O valor médio de Ds encontrado em todos os tratamentos foi de 1,22 $g.cm^{-3}$, não sendo suficiente para comprometer o espaço radicular. De acordo com Archer e Smith (1972), o limite máximo tolerado da densidade aparente para solos argilosos é de 1,2 $g.cm^{-3}$, sendo que solos com densidade aparente acima de 1,3 $g.cm^{-3}$ apresentam sérias desvantagens quanto à permeabilidade e aeração.

TABELA 15- Valores de densidade do solo: Ds ($g.cm^{-3}$), densidade de partículas: Dp ($g.cm^{-3}$); VTP: volume total de poros (%), macroporosidade (%), microporosidade (%). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| Sistemas | [Ds] | | [Dp] | | [VTP] | | [MACRO] | | [MICRO] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| {CV} | 1,20 | a | 2,70 | a | 42,75 | a | 14,18 | a | 40,90 | a |
| {E} | 1,21 | a | 2,60 | a | 53,74 | a | 19,55 | a | 26,68 | bc |
| {O} | 1,27 | a | 2,65 | a | 52,44 | a | 14,38 | a | 38,08 | ac |
| {MN} | 1,20 | a | 2,60 | a | 53,93 | a | 17,98 | a | 35,98 | ac |
| Média | 1,22 | | 2,64 | | 50,71 | | 16,52 | | 35,41 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

Este resultado está associado, claramente, às operações de preparo do solo, plantio do café, controle de ervas invasoras, adubação e colheita que ocorreram desde 1995. A variabilidade espacial de Ds é causada pelo tráfego de máquinas durante as operações de manejo, o efeito do sistema radicular e os processos de umidecimento e secagem do solo. Alguns fatores podem ter favorecido os valores similares da Ds, encontrados nos solos sob cultivo do cafeeiro, como o período relativamente curto de avaliação (cinco anos) e a adoção do adensamento em todos os sistemas de produção amostrados, o que restringe a mecanização dos tratos culturais após a implantação da cultura. Portanto, pode-se inferir que a influência das operações de preparo de solo e o manejo nos sistemas {CV}, {E} e {O} foi positiva na manutenção da Ds em comparação ao ecossistema natural (MN}.

Sanches (1998) obteve resultados diferentes para a Ds, comparando um solo cultivado com laranja há dezoito anos e área de mata nativa. Houve aumento da Ds com o cultivo, provavelmente devido à pressão exercida pelos implementos agrícolas e pelo tráfego excessivo, como constatado também por

Carter (1987), Hammel (1989) e Hajabbasi, Jalalian e Karimzadeh (1997). O tráfego excessivo em culturas perenes está associado ao elevado número de operações com adubações, pulverizações e controle do mato. Tersi e Rosa (1995) citam que é comum uma frequência em torno de 15 passadas de trator/implemento em um ano agrícola, e que estas provavelmente ocorrem numa grande variação de umidade no solo.

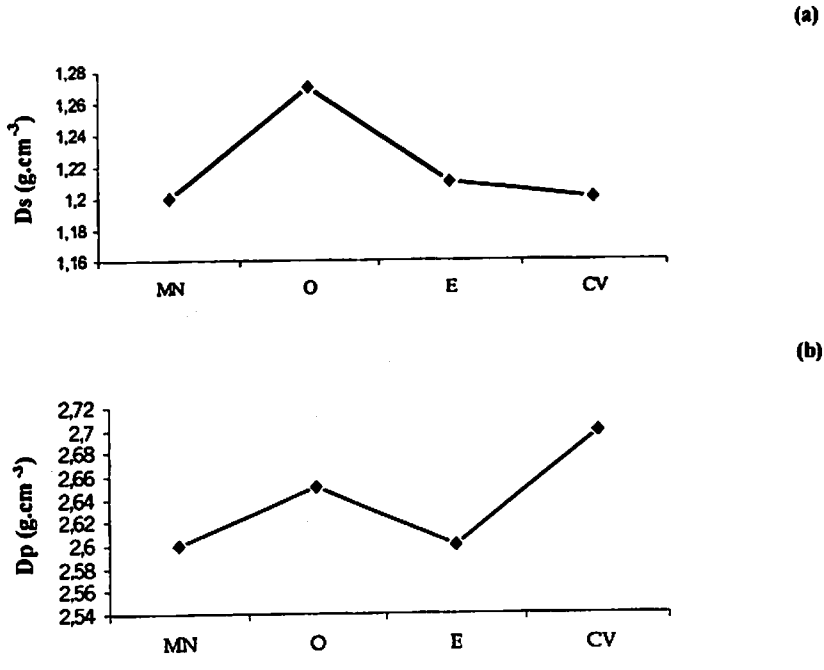


FIGURA 14 - Valores de densidade do solo [Ds] (a) e densidade de partículas [Dp] (b) de um VE, sob {MN} e cultivado com cafeeiros em sistema de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

As operações de controle de plantas espontâneas em lavouras cafeeiras podem provocar a formação de camadas compactadas e adensamento na

superfície do solo, o que contribui para a diminuição da macroporosidade e elevação dos valores da densidade do solo. Alcantâra (1997) confirmou esta afirmação em cafezal com utilização contínua de herbicidas de pré-emergência durante dezoito anos, registrando um aumento da Ds na camada de 15-30cm, principalmente pela falta de cobertura vegetal no solo. Em relação ao controle mecânico, a enxada rotativa gerou maior Ds, seguida pela grade e roçadeira. Os resultados obtidos no sistema {CV}, neste trabalho, que apresenta como prática de manejo a utilização de herbicidas, não concordam com os de Alcântara (1997), provavelmente devido ao período relativamente curto de avaliação (cinco anos após a implantação da lavoura) das propriedades físicas do solo.

### 3.2.3 Porosidade total (VTP), macro e microporosidade do solo

A análise de variância detectou que o VTP e a macroporosidade não foram influenciados pelos sistemas de produção do cafeeiro e {MN}, o que pode ser constatado na Tabela 14. O valor médio em todos os tratamentos, encontrado para o VTP foi de 50,71%, e para a macroporosidade foi de 16,52% (Tabela 15). O comportamento dessas variáveis está representado nas Figuras 15a, 15b e 15c.

A modificação na porosidade de um solo pode ser consequência de vários fatores ligados ao cultivo. O revolvimento aumenta a oxidação dos compostos orgânicos do solo, que perdem a sua ação cimentante de agregados, induzindo a redução na porosidade como resultado da subdivisão dos agregados maiores. Outro fator consiste no esmagamento e pulverização dos agregados pela ação física dos implementos, diminuindo, assim, a porosidade total do solo. Os resultados encontrados possivelmente devem estar refletindo a pouca movimentação do solo sob cultivo do cafeeiro adensado.

Estudos comparando o plantio direto com o convencional, demonstraram que manejos envolvendo mobilização do solo (Da Ros *et al.*, 1997) induzem um

aumento do VTP e uma diminuição da densidade do solo. Já em manejos sem mobilização do solo (Sidiras, Vieira e Roth, 1984; Urchei, 1996) ocorre compactação da camada superficial, aumentando a densidade do solo e reduzindo VTP. Por outro lado, Moraes (1984) obteve resultados contrários, estudando o plantio convencional com revolvimento do solo (aração e gradagem). O autor observou um VTP menor que no plantio direto e no solo original, atribuindo essa redução à diminuição dos macroporos que são os mais afetados por perturbações.

Ficou evidente, na maioria dos trabalhos consultados sobre plantio direto, que o tempo de exploração deste sistema e os esquemas de rotações de culturas são fundamentais na melhoria das condições físicas. Em culturas perenes, o plantio direto e o cultivo mínimo já vêm sendo utilizados, visando a conservação das propriedades físicas do solo, e a rotação de culturas pode ser substituída por técnicas como a adubação verde e orgânica, roçada do mato, consorciação e sistemas agroflorestais.

Spera (1995) registrou resultados diferentes dos encontrados neste trabalho. Comparando solos sob campo e sob mata, foi encontrado um maior volume total de poros em condições de mata devido ao aumento da porosidade e a maior atividade biológica. Cunha (1995) também detectou um maior VTP em solo de mata nas camadas de 0-10 e 10-20cm, em comparação a um sólo sob cultivo do cafeeiro após treze anos, em condições similares de topografia e clima, em função do maior volume de material orgânico disponível que é incorporado ao solo.

Em relação aos valores obtidos para a microporosidade, a análise de variância indicou influência dos tratamentos. Os valores encontrados podem ser visualizados na Tabela 14 e na Figura 15b. Observa-se um aumento nos valores de microporosidade dos solos sob cultivo nos sistemas {CV} e {O} em relação à {MN}, exceto para o sistema {E}, que apresentou o menor valor.

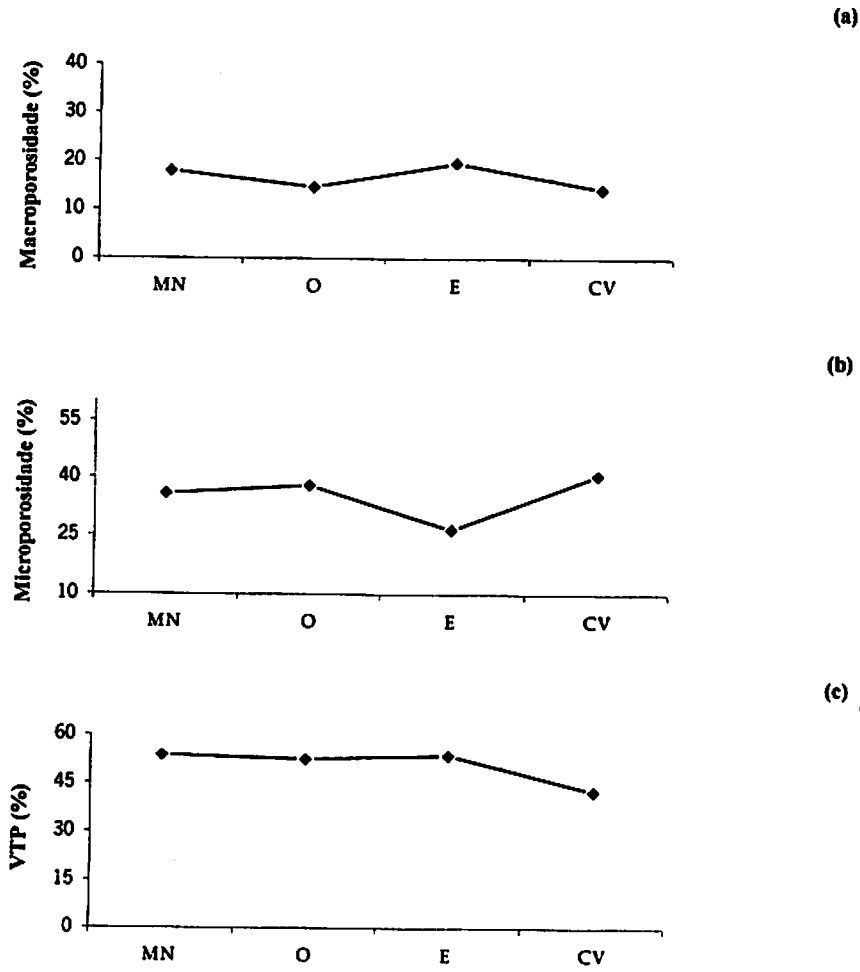


FIGURA 15 - Valores de macroporosidade [MACRO] (a), microporosidade [MICRO] (b) e volume total de poros [VTP] (c) de um LE, sob mata nativa{MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Rando (1981) obteve resultado semelhante, indicando menor porcentagem de microporos no solo que não sofreu cultivo. Isto é explicado pela

quebra de agregados dos solos sob cultivo, com a diminuição da macroporosidade e consequente aumento proporcional da microporosidade.

De um modo quase generalizado, tem-se constatado que as variáveis relacionadas com a estruturação do solo apresentam alta sensibilidade aos sistemas de manejo, refletindo essas alterações pelo aumento nos valores da microporosidade em consequência da diminuição da porosidade total e macroporosidade. Estatisticamente não foram detectados resultados que concordem com estas conclusões no presente trabalho, pois não houve alteração do VTP e da macroporosidade do LE estudado, submetido ao cultivo do cafeeiro e sob mata, possivelmente devido ao tempo de implantação da cultura.

### 3.2.4 Umidade atual (UA), Argila dispersa em água (ADA) e Estabilidade de agregados

Os dados relativos à UA evidenciam que os sistemas de produção do cafeeiro e a {MN} praticamente não afetaram esse parâmetro, conforme pode ser constatado na Tabela 14. Os valores médios encontrados para a UA estão listados na Tabela 16.

O valor médio encontrado nos tratamentos foi de 17,77% de UA, podendo ser visualizado na Figura 16, possivelmente este valor está associado aos teores médios de matéria orgânica e textura argilosa encontrados em todos os tratamentos na camada de 0-20cm, o que poderia ter contribuído para que não houvesse diferença na retenção de umidade.

Na Tabela 16 são apresentados os resultados dos teores de ADA, nos diferentes sistemas de produção e {MN}. Verifica-se que, os teores de ADA variaram tanto nos sistemas de produção do cafeeiro quanto na {MN} (Figura 17a). Os maiores valores foram detectados nos sistemas {E} e {O}, seguidos pela {MN} e {CV}. Os menores valores encontrados parecem estar associados à maior concentração de alumínio trocável nos sistemas {MN-0,58 cmolc.dm$^{-3}$} e

{CV-0,08 cmolc.dm$^{-3}$}, favorecendo a estabilidade da ligação partícula-partícula. O processo de dispersão e floculação de argilas é regulado pela dinâmica da dupla camada difusa, que sofre maior redução em sua espessura, tendendo a flocular os colóides na presença de íon trivalente. Por outro lado, um maior teor de matéria orgânica no solo no sistema {CV-3,9%} pode ter contribuído para a estabilidade da ligação partícula-partícula, na qual provavelmente a matéria orgânica estaria agindo como agregante; ou então, a calagem e adubação estariam fazendo a floculação das argilas através do cátion cálcio, o qual de acordo com Fassbender (1980), Medina (1972) e Primavesi (1980), é um agente floculante.

TABELA 16 - Valores de umidade atual (%), argila dispersa em água: ADA (%) e agregados>2mm: Ag.>2mm (%). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| Sistemas | [UA] | | [ADA] | | [Ag. > 2mm] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Café convencional {CV} | 14,80 | a | 10,25 | bc | 38,58 | b |
| Café em conversão {E} | 18,03 | a | 34,63 | a | 23,45 | b |
| Café orgânico {O} | 18,96 | a | 30,75 | a | 23,20 | b |
| Fragmento de mata nativa {MN} | 19,31 | a | 20,75 | ac | 78,18 | a |
| Média | 17,77 | | 23,39 | | 40,85 | |

Valores precedidos de mesma letra não diferem, ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. {CV}.

Cunha (1995) encontrou resultados, para a ADA, semelhantes aos obtidos neste trabalho, que variaram em função da declividade do terreno e acompanhavam a distribuição das concentrações de magnésio, cálcio e alumínio em solo sob cultivo do cafeeiro. Carvalho *et al.* (1998) encontraram valores inferiores de ADA e maiores teores de matéria orgânica no sistema de plantio direto.

De acordo com Baver, Gardner e Gardner (1972), o fenômeno da dispersão de partículas do solo está relacionado com a concentração e natureza dos íons disponíveis. Na {MN}, onde a retirada de bases é evidente, o hidrogênio e o alumínio que apresentam alto potencial floculante aparecem como componentes principais do complexo de troca, influenciando o comportamento da estabilidade da ligação partícula-partícula, resultando em menor percentual de ADA. Nos sistemas de produção do cafeeiro com as práticas de calagem e adubações, ocorre a neutralização dos íons $Al^{+3}$ e hidrogênio do complexo sortivo, substituindo-se por cálcio e magnésio, caracterizados por uma menor potencial floculante, concorrendo, assim, para um aumento da dispersão de argilas.

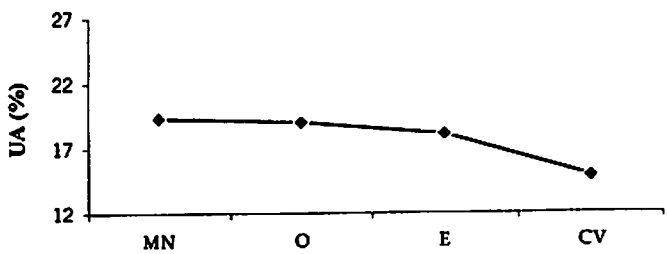


FIGURA 16 - Valores de umidade atual (UA) de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

A Tabela 16 resume os resultados para a estabilidade de agregados e a análise de variância (Tabela 14) mostra influência dos sistemas de produção e mata nativa nos agregados > 2mm (Figura 17b) . Observa-se que a estabilidade de agregados foi maior no solo sob {MN}, seguido dos sistemas sob cultivo do

cafeeiro, devido à permanência de maior porcentagem de agregados maiores que 2mm de diâmetro. Uma das explicações principais para uma maior estabilidade de agregados, é que a m.o. tem efeito cimentante pela ação dos produtos de sua decomposição, que envolvem as partículas, unindo-as (Buckman e Brady, 1976). O teor de m.o. no sistema {CV} foi maior do que nos sistemas {O} e {E} e no solo sob {MN}; no entanto, a estabilidade de agregados foi superior no solo sob {MN}, concordando com os resultados obtidos nas condições de Spera (1995). Primavesi (1980) afirma que a simples avaliação do teor de C de um solo não pode dar informação alguma sobre o efeito que terá sobre suas propriedades físicas, já que o efeito agregante é dado pelas substâncias resultantes da decomposição do húmus.

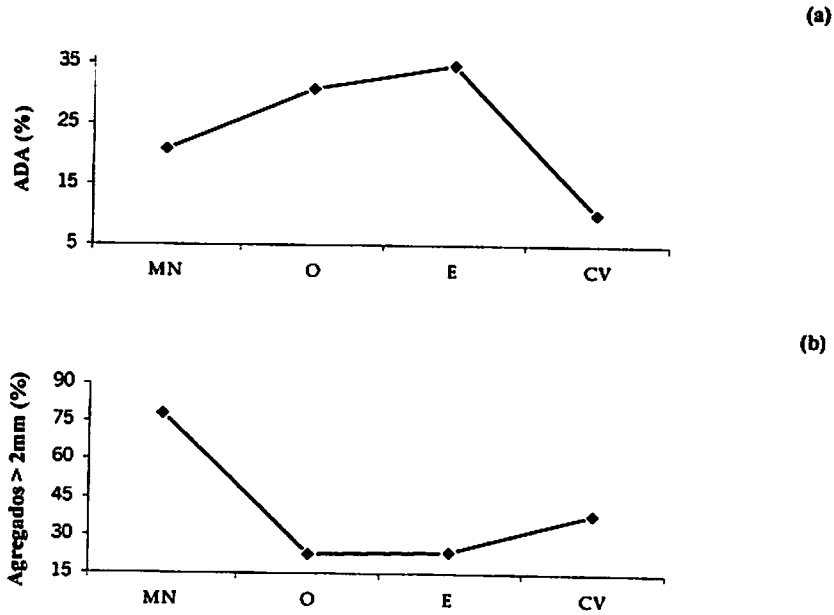


FIGURA 17 - Valores de argila dispersa em água [ADA] (a) e agregados > 2mm (b) de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Sanches (1998) aponta um indício para explicar a maior estabilidade de agregados no solo original, pois ela está relacionada com o teor de argila, matéria orgânica e óxidos de ferro, alumínio e manganês, e também com o grau de orientação das partículas de argila. Um sistema mais orientado de partículas de caulinita cimentada ou revestida com óxidos de ferro, proporciona agregados mais fortes do que outro com uma menor orientação. Esta orientação seria favorecida em regiões com boa precipitação e estações de seca e chuva bem definidas, condição verificada na região de Santo Antônio do Amparo/MG. Os menores valores detectados para a estabilidade de agregados nos sistemas de produção do cafeeiro podem ser atribuídos à destruição pela ação dos implementos utilizados na implantação da lavoura.

## 3.3 Características microbiológicas do LE em diferentes sistemas

Não foram verificadas diferenças significativas entre a mata nativa e os diferentes sistemas de produção do cafeeiro avaliados neste trabalho, nos valores obtidos para a [BC], sendo registrada a influência da época de amostragem nos tratamentos, representada na Tabela 17 e Figura 18.

Em relação a [CM] os sistemas de produção do cafeeiro e a mata nativa não influenciaram os seus valores, avaliada em duas épocas (período seco e chuvoso) (Tabela 17).

TABELA 17- Resumo do quadro de análise de variância para biomassa carbono [BC] e colonização micorrízica [CM] coletadas na profundidade de 0-20cm, em duas épocas (seca e chuva). UFLA, Lavras/MG, 2001.

| | Sistemas | | | Épocas | | | Sistema* Época | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | g.l. | F | | g.l. | F | |
| [BC] | (3; 24) | 0,728 | ns | (3; 24) | 78,08 | ** | (3; 24) | 2,16 | ns |
| [CM] | (3; 24) | 1,80 | ns | (3; 24) | 0,99 | ns | (3; 24) | 1,39 | ns |

Onde: n.s.- não significante ($p \geq 0,05$); * significante ($p < 0,05$); ** significante ($p < 0,01$). Sistemas: mata nativa, café orgânico, café em conversão e café convencional.

### 3.3.1 Biomassa Carbono [BC]

A média da [BC] em todos os tratamentos na época chuvosa foi de 540,62 $\mu gC.g^{-1}$solo, e na época seca foi de 245,28 $\mu gC.g^{-1}$solo (Tabela 18). Aquino, De-Polli e Ricci (1998), realizaram estudos preliminares sobre a biomassa microbiana do solo durante o período de transição de café sob manejo convencional para orgânico. A estimativa da biomassa microbiana a partir de

amostras de solo obtidas de 0-5cm de profundidade e coletadas em quatro épocas diferentes (maio/97, agosto/97, novembro/97; março/98) variou de 38-168μg $C.g^{-1}$ de solo no manejo orgânico e 51-122 $\mu gC.g^{-1}$ de solo no manejo convencional. Estes resultados apresentam-se bem abaixo do intervalo encontrado neste trabalho, provavelmente devido à diferença da profundidade de amostragem, clima, solo e relevo.

Analisando os resultados de uma maneira geral, pode-se inferir que o comportamento da biomassa microbiana foi semelhante para todos os tratamentos. Alguns indícios de variabilidade foram detectados na época chuvosa, quando a {MN} e os sistemas {O} e {E} apresentaram uma tendência de maiores valores da [BC]. Na época seca os sistemas {O} e {CV}, registraram resultados superiores aos encontrados na {MN} e no sistema {E} (Tabela 18). Um dos fatores que pode ter influenciado os resultados da [BC], principalmente na época chuvosa, foi o longo período de estiagem ocorrido no ano de 1999, na região de Santo Antônio do Amparo (Figura 19).

TABELA 18 - Valores de [BC] biomassa carbono ($\mu gC.g^{-1}$solo) e [CM] colonização micorrízica (%) em função dos tratamentos e épocas de amostragem. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [BC] | | | | | | [CM] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistemas | Chuva | | Seca | | Média | | Chuva | | Seca | | Média | |
| {MN} | 585,02 | a2 | 207,79 | a1 | 396,40 | a | 16,12 | a1 | 25,89 | a1 | 16,26 | a |
| {O} | 548,29 | a2 | 319,55 | a2 | 433,92 | a | 17,0 | a1 | 17,57 | a1 | 24,93 | a |
| {E} | 564,35 | a2 | 175,26 | a1 | 369,81 | a | 27,62 | a1 | 22,23 | a1 | 17,28 | a |
| {CV} | 464,84 | a1 | 278,51 | a2 | 371,68 | a | 12,87 | a1 | 19,64 | a1 | 21,01 | a |
| Média | 540,62 | | 245,28 | | 392,95 | | 21,33 | | 18,41 | | 19,87 | |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras - referente aos sistemas avaliados; Números: referentes às épocas de amostragem. Sistemas: {CV} - sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico, {MN} mata nativa.

O maior teor de matéria orgânica encontrado no sistema {CV-3,9%}, na camada superficial do solo, não contribuiu para a obtenção de valores superiores da [BC] neste sistema, apesar de existir uma correlação direta, positiva e significativa entre o teor de matéria orgânica no perfil do solo e a atividade microbiana, que decresce à medida que os valores de matéria orgânica diminuem com o aumento da profundidade.

Vários fatores podem ter contribuído diretamente para a obtenção de maiores valores para a biomassa microbiana do solo, durante a época chuvosa na {MN} e nos sistemas {O} e {E}, como a manutenção da umidade, a liberação de exsudados radiculares, a morte e lise das células das raízes. A adição de material orgânico também pode alterar, de maneira especial, o comportamento dos microorganismos, razão pela qual esperava-se resultados mais significativos principalmente para o sistema {O}, entretanto, Wardle e Hungria (1994) comenta que embora a biomassa microbiana demonstre forte relação com o nível de N do solo, o comportamento da microbiota em relação às adições de N tende a ser muito variável. Almeida (1991) registrou efeitos diferenciados sobre a biomassa microbiana em função do tipo de resíduo orgânico incorporado (esterco bovino, vermicomposto e esterco de galinha), que proporcionaram aumentos do C microbiano do solo, sendo os maiores valores encontrados para o esterco de galinha. Este autor encontrou uma correlação positiva entre o C microbiano e o N total das fontes orgânicas.

Em culturas perenes como o cafeeiro, as principais fontes naturais de matéria orgânica, como os resíduos vegetais de ervas invasoras, folhas e ramos da planta caídos naturalmente ou desprendidos durante a colheita, apresentam-se localizados na superfície do solo. Foi observado que, a quantidade e localização destes restos vegetais praticamente não diferiram entre as parcelas dos sistemas de produção {O}, {E} e {CV} estudados; portanto, a adubação nitrogenada

proveniente da adubação química e da matéria orgânica pode ter influenciado os valores obtidos da [BC] neste trabalho.

Estudos sobre o efeito da localização de resíduos orgânicos nos valores da [BC] revelam que a sua aplicação superficial no solo aumenta a [BC] dos 10cm iniciais do perfil, enquanto a sua incorporação na camada arada aumenta a [BC] nos 10 a 20cm posteriores (Carvalho, 1997). Este efeito é facilmente notado quando se comparam solos sob plantio direto e convencional, em que a [BC] da camada superficial do solo atinge seus maiores valores no plantio direto (0-5cm); para as profundidades subsequentes, os maiores valores são encontrados na camada arada (5-20cm) do plantio convencional (Carter, 1986; Franzluebbers, Hons e Zuberer, 1994; Karlen *et al.*, 1994; Alvares *et al.*, 1995; Carvalho, 1997).

De acordo com Carvalho (1997), os benefícios da aplicação de matéria orgânica localizam-se na superfície do solo e poderão ser melhor verificados em amostragens estratificadas do perfil (0-5, 5-10 e 10-20cm). Na amostragem realizada neste trabalho (0-20cm), provavelmente ocorreu o efeito diluição dos altos teores da superfície com os baixos teores adjacentes. Silva Filho (1984) verificou este efeito de diluição na [BC], quando amostrou a camada de 0-20cm sob diversos tipos de manejo do solo.

Em relação ao tempo de implantação das lavouras cafeeiras amostradas neste trabahlho (cinco anos), provavelmente não foi suficiente para detectar diferenças na [BC], geradas pelos manejos adotados nos diferentes sistemas de produção. Staley *et al.* (1988) relacionaram o tempo de implantação do sistema de plantio direto com as mudanças nas propriedades químicas e biológicas do solo, e, verificaram, que somente após sete anos de manejo é que foram detectadas diferenças marcantes. Para lavouras perenes sob manejo convencional e orgânico, este período mínimo talvez seja ainda maior, pois, o adubo orgânico é menos lábil que o inorgânico, que já está prontamente

disponível, como, por exemplo, a uréia, que é rapidamente incorporada à biomassa microbiana, quando comparada aos estercos e restos vegetais.

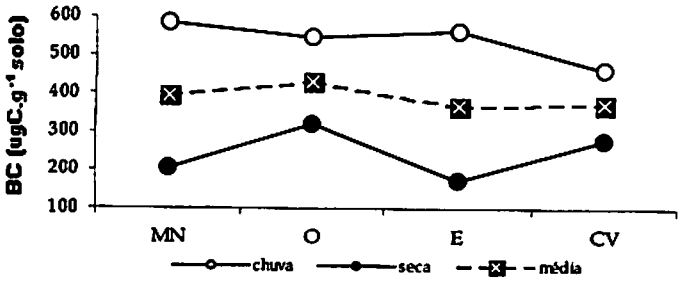


FIGURA 18- Valores da biomassa carbono [BC] em duas épocas de amostragem (seca e chuva) de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

### 3.3.2 Micorriza

#### 3.3.2.1 Porcentagem de colonização micorrízica

A colonização micorrízica [CM] foi observada em todas as amostras avaliadas e a taxa de colonização variou entre 12,87 % e 27,62%, com média de 19,87%, o que pode ser visualizado na Tabela 22 e Figura 20. O valor médio encontrado de [CM], no período chuvoso foi de 18,41%, e no período seco, de 19,87%. Estes resultados provavelmente foram afetados pelos efeitos do período de seca ocorrido na região de Santo Antônio do Amparo/MG (Figura 19) no ano de 1999. Os dados constam no Anexo 06.

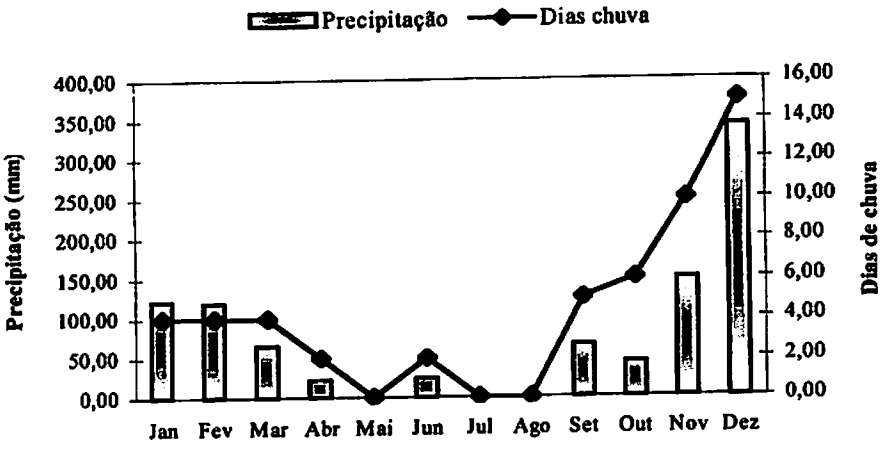


FIGURA 19 - Precipitação (mm) e número de dias de chuva de Janeiro a dezembro de 1999 na Fazenda Cachoeira (Santo Antônio do Amparo/Minas Gerais). UFLA, Lavras- MG, 2001.

A colonização micorrízica em lavouras cafeeiras adultas registra valores bastante variados devido às diferentes condições de obtenção dos dados, atingindo valores de 4% (Lopes *et al.*, 1983) até 80% (Oliveira *et al.*, 1990). A existência de um grande número de interações complexas, gera grande dificuldade de correlação entre fatores edáficos com colonização radicular em trabalhos realizados em condições de campo. Entretanto, algumas práticas agrícolas como a adubação fosfatada do cafeeiro, dependendo da quantidade de P utilizada, frequência de aplicação e nível original de P no solo, podem reduzir a colonização no campo ou não apresentar nenhum efeito. A prática da calagem é citada por Siqueira e Colozzi Filho (1986) como benéfica à colonização por eliminar fatores fungistáticos que atuam sobre a germinação de esporos no solo, além de atuar sobre a composição das populações de fungos micorrízicos arbusculares. De acordo com Saggin Júnior e Siqueira (1996), a idade da lavoura pode afetar positiva ou negativamente a colonização radicular, de acordo com dados de colonização observados em lavouras adultas na Colômbia e em São Paulo. Esses autores verificaram que na Colômbia, o cafeeiro adulto apresentou

colonização maior, podendo tal fato estar relacionado ao sombreamento das lavouras. Este manejo estaria favorecendo a colonização das plantas por fungos micorrízicos arbusculares, e promovendo maior sustentabilidade do agroecossistema cafeeiro, em relação ao cultivo convencional praticado em São Paulo.

Como o objetivo principal deste trabalho foi caracterizar os diferentes sistemas de produção do cafeeiro em relação ao fragmento de mata nativa, não foi possível fazer inferências relacionando o manejo do solo e as variações climáticas durante as duas épocas do ano em que foi realizada apenas uma coleta de amostras em cada época.

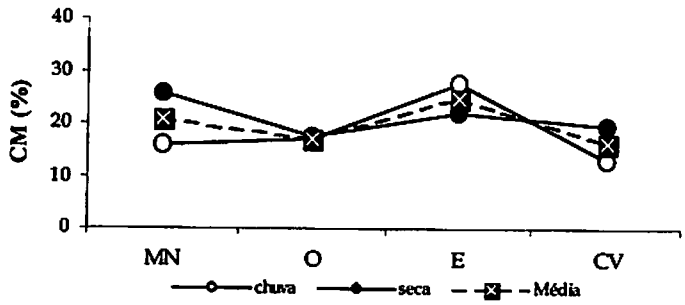


FIGURA 20 - Valores da colonização micorrízica [CM] em duas épocas de amostragem (seca e chuva) de um LE, sob mata nativa {MN} e cultivado com cafeeiros em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

### 3.3.2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro, foram detectadas as seguintes espécies na área de estudo: *Acaulospora longula*, *Acaulospora*

*scrobiculata*, *Acaulospora* sp., *Acaulospora sppendicula*, *Gigaspora sp.*, *Glomus etunicatum*, *Glomus occultum* e *Glomus* sp., que podem ser visualizadas na Tabela 19. As espécies *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., *Glomus occultum* e *Acaulospora scrobiculata* representaram mais de 91% da abundância total dos sistemas. Saggin Júnior e Siqueira (1996) obtiveram resultados semelhantes na rizosfera do cafeeiro, em que a frequência de ocorrência foi maior para espécies dos gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Gigaspora*. Fernandes (1987) e Balota e Lopes (1996) também relataram maior ocorrência de *Acaulospora* e *Glomus* em cafeeiros a campo. Segundo Fernandes (1987), o índice de ocorrência de *Gigaspora* e *Scutellospora* em lavouras cafeeiras do sudeste brasileiro foi de aproximadamente 15% e 12%, respectivamente, valor bem inferior ao índice de ocorrência de *Acaulospora* (100%).

De um modo geral, a maioria dos fungos identificados na área experimental, nas duas épocas de amostragem (seca e chuva), foram de ocorrência comum nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro e na mata nativa. No sistema {CV}, o predomínio foi de *Gigaspora* sp. e *Glomus* sp., com cerca de 86% da abundância; no sistema {E} houve maior intensidade do gênero *Glomus*, representado por *Glomus* sp., *Glomus occultum* e *Glomus etunicatum*, com cerca de 77% da composição. O sistema {O} registrou a predominância de *Acaulospora scrobiculata* e *G. occultum*, com mais de 78% da composição; na {MN}, a composição de mais de 90% da microbiota foi representada por *Glomus* sp., *G. occultum* e *Gigaspora* sp. Conforme relatado por alguns trabalhos (Schenck *et al.*, 1984; Fernandes, 1987; Siqueira, Colozzi Filho e Oliveira, 1989; Saggin Júnior e Siqueira, 1996), os índices de ocorrência de alguns fungos podem ser relacionados com os valores de pH, Al e P do solo, evidenciando algumas tendências, como, por exemplo, as espécies de *Acaulospora* tendem a ocorrer com maior frequência em solos com pH<6,5, parecendo sofrer pouca influência do Al e parcial do P.

TABELA 19- Espécies de fungos Glomales identificadas em cada sistema em função dos períodos de pluviosidade. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| Espécies | Períodos de pluviosidade | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chuvas | | | | | Seca | | | | | Ambos | | | | |
| | {CV} | {E} | {MN} | {O} | Média | {CV} | {E} | {MN} | {O} | Média | {CV} | {E} | {MN} | {O} | Média |
| *Acaulospora longula* | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 2 | --- | --- | 2 | --- | 2 | --- | --- | 2 |
| *Acaulospora. scrobiculata* | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 1 | 37 | 38 | --- | --- | 1 | 37 | 38 |
| *Acaulospora sp.* | --- | --- | --- | 5 | 5 | --- | --- | 4 | --- | 4 | --- | --- | 4 | 5 | 9 |
| *Acaulospora. sppendicula* | 5 | --- | --- | --- | 5 | --- | --- | --- | --- | --- | 5 | --- | --- | --- | 5 |
| *Gigaspora sp* | 18 | --- | 10 | --- | 28 | 18 | 3 | 1 | --- | 22 | 36 | 3 | 11 | --- | 50 |
| *Glomus etunicatum* | --- | 3 | --- | --- | 3 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 3 | --- | --- | 3 |
| *Glomus occultum* | 5 | 3 | 18 | 3 | 29 | --- | --- | --- | 15 | 15 | 5 | 3 | 18 | 18 | 44 |
| *Glomus etunicatum* | 4 | 7 | 14 | 10 | 35 | 22 | 4 | 6 | --- | 32 | 26 | 11 | 20 | 10 | 67 |
| [N] | 32 | 13 | 42 | 18 | 105 | 40 | 9 | 12 | 52 | 113 | 72 | 22 | 54 | 70 | 218 |
| [S] | 4 | 3 | 3 | 3 | 6 | 2 | 3 | 4 | 2 | 6 | 4 | 5 | 5 | 4 | 8 |

Onde: {CV}-sistema convencional; {E}-sistema em conversão; {MN}-mata nativa; {O}-sistema orgânico. [N]-número de indivíduos;[S] número de espécies.

A espécie *Acaulospora scrobiculata* parece ser favorecida por baixos teores de Al e altos teores de P no solo, o que poderia explicar sua elevada ocorrência no sistema {O}. Este resultado também foi obtido por Pereira *et al.* (1998) em cafeeiro conduzido organicamente; na segunda amostragem houve predomínio de *A. scrobiculata*. A alta ocorrência de certas espécies refletem sua maior capacidade de adaptação às condições físicas, químicas e biológicas do sistema em que elas ocorrem. Assim, a espécie *A. scrobiculata* apresenta tendência de elevada adaptabilidade ao manejo orgânico do cafeeiro.

A compatibilidade entre os simbiontes, além das propriedades do solo, deve ser levada em consideração como um fator decisivo para a micorrização e a permanência do fungo em agroecossistemas cafeeiros. Em ecossistemas naturais, Abbott e Robson (1991) relatam que a abundância de fungos micorrízicos está relacionada à diversidade de espécies de plantas, bem como ao nível de infecção das raízes destas plantas.

Com relação ao número de espécie identificadas, a diferença foi mínima, nos sistemas {E} e {MN} detectaram-se cinco espécies, enquanto nos sistemas {CV} e {O}, foram detectadas quatro espécies (Tabela 19). Em ecossistemas não alterados, a diversidade biológica das populações nativas de fungos micorrízicos arbusculares pode variar em torno de aproximadamente 25 espécies, de acordo com Sieverding (1991); já em agrossistemas intensivamente manejados, a diversidade diminui para 5-15 espécies, devido à manutenção de uma espécie vegetal por área com eventuais invasoras não controladas. O número de espécies encontrado na {MN} e nos sistemas de produção do cafeeiro apresenta-se abaixo do esperado; entretanto, o mesmo autor cita que a menor diversidade pode resultar em eficiência simbiótica maior, desde que as espécies sejam mutualistas eficientes e tenham elevada capacidade competitiva na rizosfera. Outro fator que pode ter alterado os resultados obtidos no presente

estudo foi o grande período de estiagem ocorrido na região de Santo Antônio do Amparo/MG, no ano de 1999 (Figura 19).

Foram detectadas algumas variações nas frequências de ocorrências de determinadas espécies em função da época nos sistemas de produção do cafeeiro e na {MN}. No período de chuvas, as espécies *Acaulospora sppendicula* e *Glomus etunicatum* foram exclusivas, e *A. scrobiculata* e *A. longula* só foram registradas no período seco (Tabela 23). Observou-se a ocorrência de *A. scrobiculata* na {MN}, somente no período seco. No sistema {CV}, as espécies *Glomus occultum* e *A. sppendicula* só foram registradas no período de chuvas, e no sistema {E}, *Gigaspora sp.* e *A. longula* só apareceram no período de seca, e *G. occultum* e *G. etunicatum* foram observadas no período das chuvas. O sistema {O} apresenta *G. occultum* nos dois períodos de amostragem e *A. scrobiculata* somente no período seco. Esses resultados refletem as grandes variações na ocorrência, efetividade e agressividade que caracterizam cada um dos fungos micorrízicos arbusculares que compõem as populações nativas e o grande número de relações envolvidas na dinâmica do sistema edáfico, tais como mudanças climáticas, no conteúdo de matéria orgânica, estrutura do solo, aeração, porosidade e percolação de água, que indiretamente atuam sobre as micorrizas, tornando difícil precisar o exato impacto destes fatores sobre o potencial de inóculo do solo, principalmente em situações de campo.

## 3.4 Alterações das propriedades dos solos

### 3.4.1 Avaliação das propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo

A análise dos parâmetros químicos do solo demonstrou, em geral, que após cinco anos de implantação do cafezal, os sistemas de produção orgânica, em conversão e convencional aumentaram a fertilidade do solo em comparação ao solo sob o fragmento de mata nativa. Os manejos adotados provocaram na camada superficial do local de amostragem (região da projeção da copa das plantas), incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, CTC do solo, SB, V% e diminuíram o Al trocável. Estes efeitos foram mais pronunciados no café orgânico, seguido pelo café em conversão. Os teores de Cu e Fe do solo, nas duas camadas, foram similares em todos os tratamentos. A matéria orgânica foi maior no {CV}, seguido dos sistemas {O}, {E} e {MN} na camada superficial.

É preciso ressaltar que a manutenção da cobertura vegetal permanente no solo através de técnicas, como a roçada do mato, adubação orgânica e verde e aplicação de casca de café nos cafezais orgânico e em conversão, foram os aspectos que mais contribuíram para melhorar as propriedades químicas do solo, devido à sua alta contribuição para a capacidade de troca de cátions do solo.

A integração dos diversos componentes de um agroecossistema, sob um ponto de vista multidisciplinar é fundamental nos estudos envolvendo agricultura orgânica. Poucos trabalhos têm sido conduzidos no Brasil, avaliando-se conjuntamente o comportamento das variáveis ambientais (físicas, químicas e microbiológicas), e sua correlação com ecossistemas alterados ou não por atividades antrópicas. O simples levantamento dessas variáveis em uma área de produção agrícola, de acordo com Van Den Berg (1995), citado por Alvarenga (1996), fornece importantes informações das suas características

atuais, quando são comparadas áreas com e sem influência das alterações antrópicas, mas não possibilita uma visualização abrangente para conclusões sobre quais os sistemas de manejo "alteram" mais o ambiente.

A ordenação dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do solo e dos sistemas estudados, produzidos pela análise de componentes principais (PCA), é representada na Figura 21. Através da PCA definem-se os gradientes ambientais fundamentais e avalia-se a importância relativa das variáveis ambientais dentro do grupo de dados (Kent e Coker, 1992). A importância relativa dos gradientes ambientais e a intercorrelação entre os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos são mostradas na Figura 21. O comprimento das setas é proporcional à sua importância. O ângulo entre uma determinada seta e cada eixo de ordenação representa um grau de correlação com o eixo (Souza, 1996; Alvarenga, 1996).

A PCA apresentou autovalores de 39,44% para o primeiro eixo e 19,48% para o segundo eixo, o que representa 58,92% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, sendo a maior porcentagem explicada pelo primeiro eixo. Os parâmetros químicos foram os que apresentaram correlação com o primeiro eixo: [SB] com correlação igual a (-0,36), [Ca] (-0,35), [Zn] (-0,34), [Mg] (-0,33), [Al] 0,32; [P] (-0,31), [K] (-0,31). No segundo eixo, não foi registrado nenhum parâmetro com uma boa correlação. Observa-se que no primeiro eixo os parâmetros químicos do solo registraram as maiores correlações.

De maneira geral, pode-se observar o agrupamento do ecossistema natural e dos diferentes sistemas do cafeeiro em resposta ao manejo adotado. Sob essa ótica, pode-se notar nitidamente o agrupamento do sistema {O} no quadrante superior esquerdo, seguido do sistema {E} no quadrante inferior esquerdo, refletindo sua natureza intermediária. As parcelas da {MN} se agruparam no quadrante superior direito. Para o sistema {CV}, não se observou

um agrupamento nítido de suas parcelas, estando dispersas nos quadrantes superior e inferior direito, indicando que as mesmas apresentaram menor correlação com os parâmetros químicos de maior relevância.

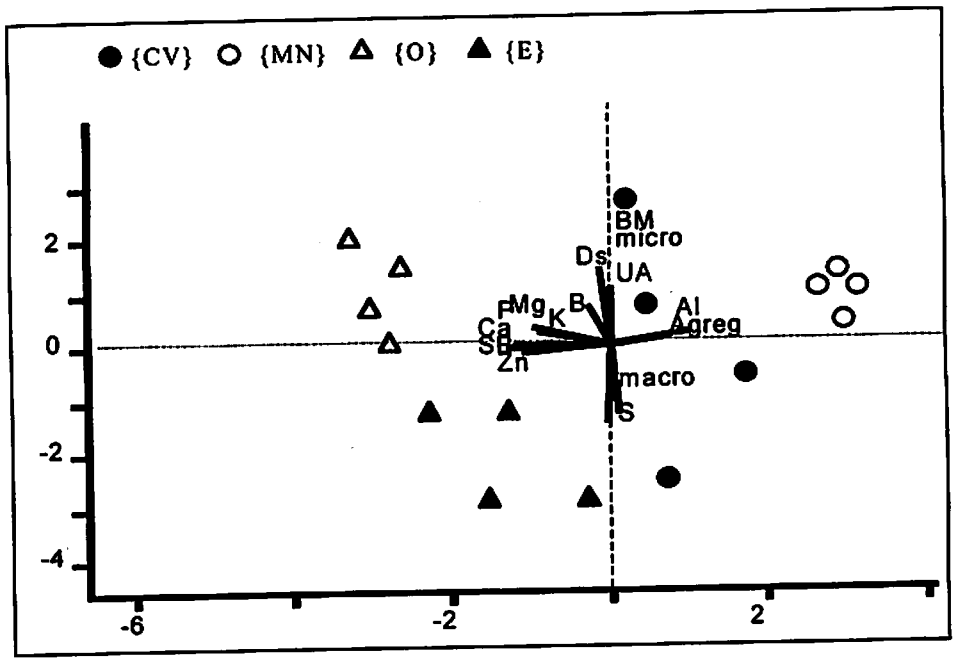


FIGURA 21- Diagrama de ordenação dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do solo em função dos sistemas: {CV} convencional, {MN} mata nativa, {O} orgânico e {E} em conversão; produzido por análise de componentes principais na camada de 0-20cm. UFLA, Lavras-MG, 2001.

A {MN} foi o sistema que se posicionou mais à direita do diagrama, indicando que o parâmetro [Al], correlacionado com o primeiro eixo, foi o fator que mais influenciou este sistema, caracterizando a condição natural do solo. Observou-se, ainda, que o sistema {O} foi o que se posicionou mais à esquerda do diagrama na parte superior, seguido pelo sistema {E} na parte inferior,

indicando que, os parâmetros mais correlacionados com o primeiro eixo foram também os fatores que mais influenciaram o comportamento desses sistemas. Enquanto o cálcio, potássio, fósforo, magnésio e soma de bases foram os parâmetros que apresentaram maior peso e correlação com o sistema {O}, o zinco apresentou maior correlação com o sistema {E}. Como o manejo adotado nestes sistemas baseia-se no equilíbrio nutricional da planta e do solo, através da aplicação periódica de resíduos orgânicos e vegetais, esperavam-se maiores correlações para esses parâmetros.

A Figura 22 apresenta a ordenação proposta pelo dendrograma de dissimilaridade em função das variáveis de fertilidade do solo. Nota-se uma nítida tendência de formação de quatro grupos com comportamentos similares, partindo-se do primeiro grupo (formado de baixo para cima) composto pela {MN} nas camadas de 0-20 e 20-40cm; o segundo grupo apresenta os sistemas {O} e {E} na camada de 20-40cm; o terceiro grupo é composto pelos sistemas {O} e {E} na camada de 0-20cm e o quarto grupo apresenta o sistema {CV} nas duas camadas (0-20 e 20-40cm).

O primeiro grupo formado pela {MN} nas duas camadas (0-20 e 20-40cm) representa a condição natural do solo sem interferência antrópica, caracterizada pela pobreza em bases (Tabela 09) e os altos valores para a acidez e seus componentes (pH, H+Al, Al e m%), refletindo a baixa fertilidade natural do solo, essa tendência também foi notada na PCA (Figura 21), para o [Al].

Os sistemas {O} e {E} na camada subsuperficial do solo, formam o segundo grupo, registrando uma grande similaridade no comportamento das variáveis químicas do solo. Os resultados de alguns parâmetros refletiram o processo de transição do sistema {E} para a agricultura orgânica, como: a) acidez média no sistema {E} e acidez fraca no sistema {O}, o teor de alumínio trocável ($Al^{+3}$) foi nulo a muito baixo e a acidez potencial (H+Al) foi média nos dois sistemas; b) altos teores de sulfato e teores médios de B nos dois sistemas;

d) teor médio de Zn no sistema {E} e teor baixo no sistema {O}; g) teor médio de Mn no sistema {E}e teor baixo no sistema {O}.

O terceiro grupamento é constituído pelos sistemas {O} e {E} na camada superficial, apresentando homogeneidade de resultados em resposta ao manejo orgânico do solo. Algumas variáveis apresentaram o mesmo comportamento nos dois sistemas: teores nulos a muito baixos de $Al^{+3}$, valor baixo para acidez potencial, altos teores de P, Zn, Ca, Cu e CTC efetiva, teor muito alto de Mg, teor médio de Mn e m.o. e uma CTC a pH 7,0 média. O sistema {O} apresentou efeitos mais pronunciados na melhoria da fertilidade do solo, devido a algumas características como: acidez fraca, teores muito altos de K, SB e V%, teor alto de B, enquanto o sistema {E} apresentou acidez média, teores altos de K, SB e V%.

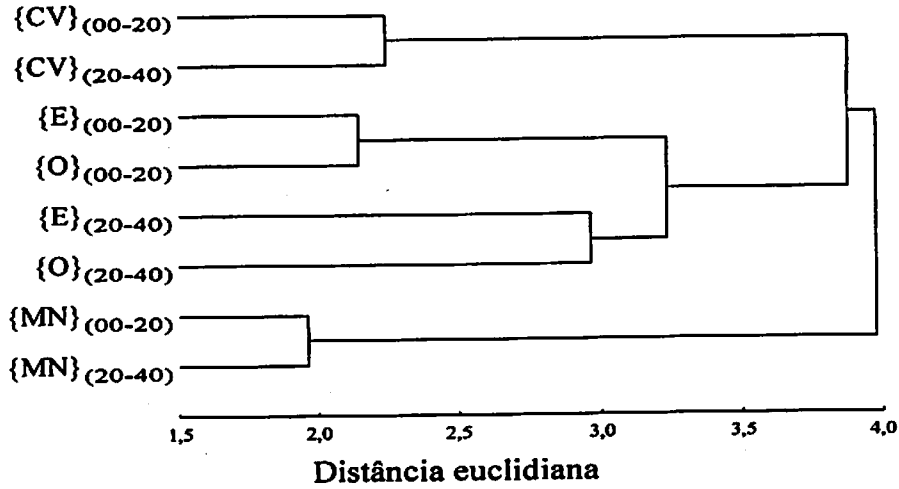


FIGURA 22 - Dendrograma de dissimilaridade entre o fragmento de mata nativa {MN} e os sistemas de produção do cafeeiro: convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico {O}; em função das variáveis de fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40cm. UFLA, Lavras-MG, 2001.

O sistema de produção de café convencional nas camadas 0-20 e 20-40cm apresentou-se como o quarto grupo, evidenciando as diferenças do manejo adotado neste sistema, caracterizado na camada superficial por uma acidez média, teores de $Al^{+3}$ muito baixos, acidez potencial média, teor médio de P, K e m.o., teor alto de Ca, Cu, Mn e soma de bases, teor médio de Mg, Zn e CTC efetiva, teor bom de B, V% de 49,45 e CTC a pH 7,0 média. A camada subsuperficial apresentou teor bom de B, teor baixo de Zn, teor alto de Cu e Mn, teores médios de m.o. e SB.

Em relação à condição natural de ocorrência do LE analisado, os sistemas de produção do cafeeiro contribuíram positivamente para a conservação dos atributos físicos após cinco anos de implantação da lavoura.

A ordenação representada na Figura 23 registra três grupos evidentes: a) a {MN}, apresentando a maior estabilidade de agregados; b) os sistemas {O} e {E} registraram o maior teor de argila dispersa em água, sendo que nestes sistemas não se observou uma separação nítida, o que reflete uma maior homogeneidade entre eles; c) o sistema {CV} apresentou maior teor de matéria orgânica e microporosidade.

Os parâmetros macroporosidade, Ds, Dp, umidade atual e VTP, apresentaram resultados similares nos diferentes sistemas de produção do cafeeiro e fragmento de mata nativa avaliados.

O comportamento dos parâmetros físicos do solo demonstra que provavelmente, o período de avaliação foi insuficiente para permitir a detecção de efeitos mais pronunciados nas propriedades físicas do LE, dos diferentes sistemas de produção do cafeeiro em comparação com o ecossistema natural, sugerindo a necessidade de estudos mais aprofundados e com um período maior de implantação das lavouras.

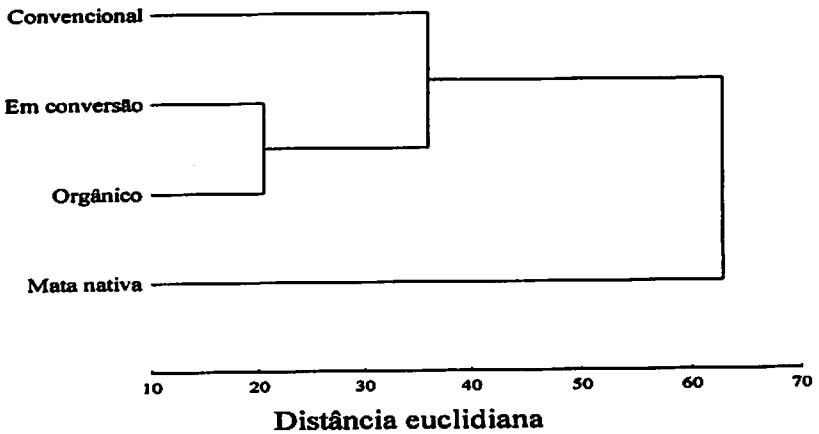


FIGURA 23- Dendrograma de dissimilaridade entre o fragmento de mata nativa e os sistemas de produção do cafeeiro: convencional, em conversão e orgânico; em função das variáveis de física do solo na profundidade de 0-20cm. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Pode-se concluir com base na análise de componentes principais que os parâmetros de fertilidade do solo foram os que mais se diferenciaram, sendo os responsáveis diretos pela caracterização dos sistemas de produção do cafeeiro, ressaltando alterações mais evidentes na camada superficial do solo. Em relação aos aspectos físicos, não foi detectada degradação da estrutura do solo nos cafezais, devido à pouca movimentação do solo em cafeeiro adensado (2,0 x 0,8-1,0m), o que implica em maior desenvolvimento do sistema radicular e manutenção do teor de matéria orgânica do solo. Houve uma grande influência dos efeitos do período de seca prolongado ocorrido em 1999 (Figura 19), nos resultados obtidos para os parâmetros microbiológicos, que não apresentaram alterações na colonização micorrízica, e a biomassa carbono apresentou na época chuvosa, uma tendência de maiores valores na {MN} e nos sistemas {O} e {E}, enquanto na época seca, os sistemas {O} e {CV} registraram resultados superiores.

# 4 CONCLUSÕES

- Com base na análise de componentes principais, constatou-se que as características químicas do solo na camada superficial apresentaram maior correlação com as alterações nos sistemas estudados.

- Os manejos adotados nos diferentes sistemas de produção de café estudados, provocam na camada superficial da região da projeção da copa dos cafeeiros, incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, CTC do solo, SB, V% e diminuem o Al trocável. Estes efeitos são mais pronunciados no café orgânico, seguido pelo café em conversão.

- Em relação à condição natural de ocorrência do LE, os sistemas de produção do cafeeiro contribuem positivamente para a conservação dos atributos físicos após cinco anos de implantação da lavoura.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.35, p.121-150, 1991.

ALCANTARA, E.N. de. **Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*C. arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo Distrófico.** Lavras:UFLA, 1997. 133p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).

ALMEIDA, D.L. de. **Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo.** Itaguaí:UFRJ, 1991. 192p. (Tese-Doutorado em Ciência do Solo).

ALVARENGA, M.I.N. **Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas.** Lavras:UFLA, 1996. 211p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia).

ALVARES, R.; DIAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and $CO_2$-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research.** v.33, p.17-28, 1995.

ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.9-13, jun.1986.

AQUINO, A.M.; DE-POLLI, H.; RICCI, M.S. Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana do solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, Lavras, 1998. **Resumos**...Lavras:UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.403. (FertBIO 98).

ARCHER, J.R.; SMITH P.D. The relation between bulk density available water capacity, and air capacity of soils. **Journal of Soil Science**, London, v.23, n.4, p.475-480, 1972.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condições de campo: II. Flutação sazonal de raízes, de colonização e de fungos micorrízicos arbusculares associados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v.20, p.225-232, 1996.

BARNHISEL, R.; BERTSCH, P. M. Aluminium In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological proterties. 2. ed. Madison:ASA, 1982. pt.2. p.275-296.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics.** 4.ed. New York:J.Wiley and Sons, 1972. 498p.

BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nutric and percloria acid. **Soil Science Society Proceedings,** Madison, v.29, n.1, p.71-71, Jan.1965.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In:KLUTE, A. (ed.) **Methods of soil analysis:** physical and mineralogical methods. Madison:ASA-SSSA, 1986a. p.363-375.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (ed.) **Methods of soil analysis:** physical and mineralogical methods. Madison:ASA-SSSA, 1986b. p.377-382.

BORGES, A.L.; KIEHL, J.C. Cultivo de frutíferas perenes e de mandioca sobre as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v.21, p.341-345, 1997.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos.** 4.ed. Rio de Janeiro:Freitas Bastos, 1976. 594p.

BULL, L.T.; ROSOLEM, B.A. Acidez e calagem. In:**Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação.** Botucatu:FEPAF, 1989. 360p.

CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil and Tillage Research,** v.7, p.29-40, 1986.

CARTER, M.R. Physical properties of some Prince Edward Island soils in relation to their tillage. **Canadian Journal of Soil Science,** v.67, p.473-483, 1987.

CARVALHO, M.A. **Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizonte B latossólico e B textural.** Lavras: ESAL, 1985. 79p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

CARVALHO, Y. **Densidade e atividade dos microorganismos do solo em plantio direto e convencional, na região de Carambeí (Paraná).** Curitiba:UFP, 1997. 108p. (Dissertação-Mestrado em Ciência do Solo).

CARVALHO JÚNIOR, I.A.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camada compactada e ou adensamento em Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v.22, n.3, p.505-514, jul.set 1998.

CATEN, A. **Influência de sistemas de cultivo nas características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico argiloso, originalmente sob cerrado.** Lavras:ESAL, 1982. 122p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. *et al.* Distribuição de zinco e boro no perfil do solo em função do uso agrícola. In:REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Resumos...** Londrina:SBCS/EMBRAPA/IAPAR, 1986. p.47-48.

COELHO, K. F.; THEODORO, V. C. de. A.; LOPES, L. M. V.; PEREIRA, R. G. F. A. Caracterização química e sensorial do café orgânico proveniente de Santo Antônio do Amparo/MG. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, Franca, 1999. **Anais...**Franca: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.162-163.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação.** Lavras, 1999. 359p.

CUNHA, G. de M. **Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, de encosta, sob duas coberturas:** café e mata natural. Viçosa:UFV, 1995. 65p. (Dissertação- Mestrado em Fitotecnia).

CUNNIGHAM, R.K. The effect of clearing a tropical forest soil. **Journal of Soil Science,** v.14, p.334-345, 1963.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.21, n.2, p.241-247, abr./jun.1997.

DAY, P.R. Particle frationation and particle-size analysis. In:BLACK, C.A., (ed.) **Methods of soil analisys.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.545-566.

DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro:SNLCS, 1979. n.p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. Rio de Janeiro. **Critérios para distinção de solos e de fases de unidade de mapeamento:** normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67p. (Documento, 11).

FASSBENDER, H.W. **Química de suelos.** Turrialba:Matilde de La Cruz, 1980. 398p.

FERNANDES, A.B. **Micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiro da região sul do Estado de Minas Gerais.** Lavras:ESAL, 1987. 98p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

FERNANDES, L.A.; SIQUEIRA, J.O.; GUEDES, G.A. de A.; CURI, N. Propriedades químicas e bioquímicas de solos sob vegetação de mata e campo cerrado adjacentes. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v.21, n.1, p.58-70, 1997.

FERREIRA, M. M. **Física do solo.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 63p.

FRANCO, C.M.; MEDINA, H.P. Arrastamento de potássio e fósforo pela água de infiltração do solo. **Bragantia,** Campinas, v.19, p.73-76, abr.1960. (Nota 16).

FRANZLUEBBERS, A.J.; HONS, F.M.; ZUBERER, D.A. Seazonal changes in soil microbial biomass and mineralizable C and N in wheat management. **Soil Biological and Biochemistry,** v.26, p.1469-1475, 1994.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogene especies extratect from soil by wetsieving and decanting. **Transaction British Mycologycal Society**, London, v.46, p.235-246, 1963.

GIOVANETT, M.; MOSSI, B. An evaluation of tecnineques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, v.84, p.489-500, 1980.

GODEFROY, J.; JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et le apports organiques en conditions tropicales; comparasion avec les sols forestiers. **Fruits**, v.30, n.10, p.595-612, 1975.

GOLFARI, L. **Projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal:**. zoneamento ecológico do estado de Minas de Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte:Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65p.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES. A.N.G. **Manejo da lavoura cafeeira.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1997. 45p. (Especialização-Tutoria à Distância em Cafeicultura Empresarial).

HAJABBASI, M.A. JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. **Plant and Soil**, v.190, p.301-308, 1997.

HALVORSON, J.J.; SMITH, J.L.; PAPENDICK, R.I. Issues of scale for evaluating soil quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.52, n.1, p.26-30, jan./feb.1997.

HAMMEL, J.E. Long term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in Northen Idaho. **Soil Science Society of American Journal**, v.53, p.1515-1519, 1989.

HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; SOARES, E.; FURLANI, A.M.C.; MORAES, F.R.P. Efeito residual da adubação mineral e orgânica na composição química do solo e na composição de folhas de cafeeiro cultivado em Mococa. **Bragantia**, v.35, p.169-175, 1976.

HOCHBERG, M.; LAHAV, N. Movement of iron and zinc apllied as EDTA complexes in soil columns. **Plant Soil**, The Hague, v.50, n.1, p.221-225, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**, Rio de Janeiro, v.27, p.172-175. 1959.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.56, p.139-185, 1996.

JOERGENSEN, R. The fumigation extraction method. In: ALEF, K.; CACNIO, V.N. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry.** London: Academy, 1995. p.382-387.

KARLEN, D.L.; WOLLENHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; SWAN, EASCH N.S.; JORDAHL, J.L. Crop residue on soil quality follwing 10 years of no-till corn. **Soil and Tillage Research**, v.31, p149-167, 1994.

KEMPER, B.; DERSPSCH, R. Soil compaction and root growth in Paraná. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; MEHTA, Y.R. (eds.) **The soil/root system in relation to brazilian agriculture.** Londrina:IAPAR, 1981. p.81-101.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A. (ed.). **Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties inclusing statistics of measurement and sampling.** Madison:American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.499-510.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis, a pratical approach.** London:Belhaven, 1992. 363p.

KORMANIK, P.P.; Mc GRAW, A.C. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizalin plant roots. In: SCHENCKI, N. C. (ed.). **Methods and principals of Mycorrhizal Research.** St. Paul:American Phytopathological Society, 1982. p.37-46.

LANYON, L.E.; HEALD, W.R. Magnesium, calcium and barium. In: PAGE, A. L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis**:chemical and microbiological proterties. 2.ed. Madison:ASA, 1982. Pt.2, p.247-260.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 2.ed. Campinas:SBCS/SNLCS, 1984. 46p.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N. C. Ocurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffee arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. **Turrialba**, v.33, n.4, p.417-422, 1983.

LOUÉ, A. **Diagnostic foliaire comparé du caféier dans les régions de Daloa et de Bingerville.** Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, 1955. p.38-53. (Bulletin especial).

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, colheitas máximas econômicas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MALAVOLTA, E. Nutrição do cafeeiro. In: KRUG, C.A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, F.R.P. *et al.* (coords.). **Cultura e adubação do cafeeiro.** 2.ed. São Paulo:Instituto Brasileiro da Potassa,1965. p.159-201.

MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R.; GOMES, L. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo", "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". **Turrialba,** v.13, n.3, p.188-189, 1963.

MASCARENHAS, H.A.A. **Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta.** Fundação Cargill, 1977. 95p.

McLEAN, E. O. Soil pH and lime requirement. In: PAGE, A.L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological proterties. 2.ed. Madison:ASA, 1982. Pt..2, p.199-223.

MEDCALF, J.C. **Estudos preliminares sobre aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos do Brasil.** São Paulo:International Basic Economic Cooperation/International Research Institute, 1956. 59p. (IRI. Boletim, 12).

MEDINA, H. P. Constituição física. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972.p.11-20.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O.; PAVAN, M.A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.16, p.209-215, 1992.

MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.17, p.411-416, 1993.

MORAES, F.R.P.; GALLO, J.R.; IGUE, T.; FIGUEIREDO, J.J. de. Efeito de três fertilizantes acidificantes sobre a concentração de alumínio e de manganês em folhas e raízes de cafeeiros. **Bragantia,** Campinas, v.38,n.2,p.7-17, 1979.

MORAES, W.V. de. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos.** ESAL:Lavras, 1984. 107p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

OLIVEIRA, E.; SIQUEIRA, J.O.; LIMA, R.D.; COLOZZI FILHO, A.; SOUZA, P. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em cafeeiros da região do Alto Paranaíba e Triângulo no Estado de Minas Gerais. **Hoehnea,** v.17, n.2, p.117-125, 1990.

OLIVEIRA, L.B. de. Determinação da macro e microporosidade pela "em mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Rio de Janeiro, v.3, n.1, p.197-200, 1968.

PAES, J.M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H.; LOURES, E.G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres,** v.43, n.249, p.674-683, 1996.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry.** California: Academic, 1989. 275p.

PAVAN, M.A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre o alumínio não-trocável, trocável e solúvel com o pH, DTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira da Ciência do Solo,** Campinas, v.7, n,1, p.39-47, 1983.

PAVAN, M.A. Estratificação da acidez do solo devido a adubação nitrogenada em pomares estabelecidos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Cruz das Almas, v.14, n,2, p.135-138, 1992.

PAVAN, M.A. **Avaliação de esterco de bovino biodigerido e curtido na fertilidade do solo e na nutrição e produção do cafeeiro.** Londrina:Instituto Agronômico do Paraná, 1993. 16p. (Boletim Técnico, 45).

PAVAN, M.A.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; SCHOLZ, M.F. Manejo da cobertura do solo para formação e produção de uma lavoura cafeeira. I. Influência na fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.21, p.187-192, 1986.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MESQUITA FILHO, L. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.33-42, jan. 1986.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; SIQUEIRA, R. ANDROCIOLI FILHO, A. **O sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo.** Piracicaba:Potafós, 1997. p.1-7. (Informações Agronômicas, 80).

PEREIRA, J.C.; SILVA, E.M.R.; REIS, V.M.; RICCI, M.S.F. Populações microbianas do solo em cafeeiro sob manejo convencional e orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, Lavras, 1998. **Resumos**...Lavras:UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.399. (FertBIO 98).

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, O.S. Improvedprodeduresfor cleaning rootsand staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction British Mycological Society**, London, v.55, p.158-161, 1970.

PRIMAVESI, A.M. **O manejo ecológico do solo.** São Paulo:Nobel, 1980. 541p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba:Agronômica Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas:Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. van.; ZULLO, M.A.T. **Métodos de análise de solo.** Campinas: Instituto Agronômico, 1977. 16p. (IAC. Circular, 63).

RANDO, E.M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo Distrófico, ocasionados pelo cultivo convencional.** Lavras:ESAL, 1981. 160p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

RASMUSSEN, P.E.; COLLINS, H.P. Long-term impacts of tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. **Advances in Agronomy**, New York, v.45, p.93-134, 1991.

REISENAUER, H.M.; WALSH, L.M.; HOEFT, R.G. Testing soils for sulfur, boron, molibidenum and chlorine. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (ed.). **Soil Testing and plant analysis**. Madison:SSSA, 1973. p.418-425.

RHOTON, F.E.; BRUCE, R.R.; BUEHRING, N.W.; ELKINS, G.B.; LANGDALE, C.W.; TYLER, D.D. Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no tillage systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.28, n.1, p.51-61, 1993.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (ed.). **Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas**. Lavras:UFLA, 1996. p.202-254.

SANCHES, A.C. **Alterações nas propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo resultantes da substituição da mata natural pela cultura da laranja.** Piracicaba:ESALQ,1998. 49p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

SANTOS, J.C.F. **Comportamento de propriedades físicas e químicas de dois Latossolos Roxos sob diferentes sistemas de rotação de culturas em plantio direto.** Lavras: ESAL, 1993. 101p. (Tese-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

SCHENCK, N.C.; PEREZ, Y. **Manual for identification of VA Mycorrhizal fungi.** Gainerville: INVAM/University of Florida, 1987. 245p.

SCHENCK, N.C.; SPAIN, J.L.; SIVERDING, E.; HOWELER, R.H. Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. **Mycologia**, v.75, p.685-699, 1984.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p.249-254, 1985.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo Distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.265-268, set./dez.1984.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhyza management in tropical agrosystems.** Eschborn, Germany:GTZ, 1991. 371p.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.207-211, 1986.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de MVA em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**:fundamentos e perspectivas. Lavras:MEC/ESAL/ABEAS, 1988. 235p.

SILVA, E. de B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas.** Lavras:UFLA, 1999. 105p. (Tese-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SILVA FILHO, G.N. **Flutuação populacional de microrganismos em solos submetidos à diferentes sistemas de manejo.** Porto Alegre:UFRGS, 1984. 153 p. (Dissertação-Mestrado em Ciência do Solo)

SOUZA, E.R. de. **Alterações fisico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola.** Lavras:UFLA, 1996. 91p. (Dissertação-Mestrado em Manejo Ambiental).

SPERA, S. T. **Inter-relações entre propriedades fisico-hídricas do solo e a ocorrência de vegetação de mata e campo adjacentes no Alto Rio Grande (MG).** Lavras:UFLA, 1995. 78p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

STALEY, T.E.; EDWARDS, W.M.; SCOTT, C.L.; OWENS, L.B. Soil microbial biomass and organic component alterations in a no-tillage chronosequense. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.988-1005, 1988.

STEVENSON, J.F. **Humus chemistry, genesis, composition, reaction.** New York: J. Wiley & Sons, 1982. 443p.

TER BRAAK, C.J.F. Ordination. In: JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. (eds.). **Data analisys in community and landscape ecology.** Oxford:University , 1987. p.91-173.

TERSI, F.E.A.; ROSA, S.M. **A subsolagem no manejo do solo para os pomares de citros,** Laranja, v.16, n.2, p.289-298, 1995.

TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

UHLAND, R.E. Rapid method for determining soil misture. **Soil Science Society of American Proceedings,** Madison, v.15, p.391-393, 1951.

URCHEI, M.A. **Efeito do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro *(Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** Botucatu:UNESP, 1996. 131p. (Tese-Doutorado em Irrigação e Drenagem).

VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A. de A.; FURTINI NETO, A.E. **Fertilidade do solo:** dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras:ESAL/FAEPE, 1997. 171p. (Curso-Especialização por Tutoria à Distância em Solos e Meio Ambiente).

VAN DER BERG, E. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e análise das correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo.** Lavras:UFLA, 1995. 73p. (Dissertação-Mestrado em Manejo Ambiental).

VANCE, E.D. BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry,** Oxford, v.19, n.6, p.703-707, June 1987.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro:EPFS, 1969. 34p. (Boletim Técnico, 7).

VOGEL, A.I. **A text-book of practical organic chemistry including qualitative organic analysis.** 2.ed. London:Longmans Green, 1951. 174p.

VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. (ed.). **Methods of soil analysis.** Madison: Wisc. American Society of Agronomy, 1965. Pt 1, p.299-314.

WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M.A. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrrestres. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA , M.A. (eds.). **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília: EMBRAPA- SPI, 1994. p.195-216.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion lasses. **Journal of American Society of Agronomy**, Washington, v.28, n.5, p.391-399, May1936.

# CAPÍTULO 3

## ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DE GRÃOS DE CAFÉS (*Coffea arabica* L.) COLHIDOS NO PANO E NO CHÃO, PROVENIENTES DE SISTEMAS DE MANEJO ORGÂNICO, EM CONVERSÃO E CONVENCIONAL

## RESUMO

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional.** Lavras: UFLA, 2001. 214p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).[1]

O sistema de produção e tipo de colheita do cafeeiro (*C. arabica* L.) foram avaliados na cidade de Santo Antônio do Amparo/MG, com o intuito de determinar sua influência sobre a qualidade do grão. Foram considerados os sistemas orgânico, em conversão e convencional e as colheitas no pano e no chão. Em duas fazendas contíguas, apresentando a mesma cultivar (Acaiá/MG 474-19), idade (5 anos) e tipo de solo (Latossolo Vermelho-Escuro), foram retiradas amostras em julho/1999, avaliadas segundo a metodologia corrente. A influência do sistema de produção e tipo de colheita foi significativa em todas as variáveis analisadas. Os cafés colhidos no chão apresentam qualidade inferior, estes associados a maiores teores de fenólicos totais (%) e acidez titulável (ml de NaOH 0,1N/100g$^{-1}$ de amostra). O sistema em conversão foi, mesmo tratando-se de colheita no pano, de qualidade inferior. Os sistemas convencional e orgânico apresentaram melhor desempenho quando colhidos no pano; entretanto, assinalam-se diferenças quanto à maior concentração de açúcares redutores (%) e não-redutores (%) no sistema convencional e maior atividade da polifenoloxidase (U/minuto/g$^{-1}$ de amostra), teor de cafeína (%) e açúcares totais (%) no sistema orgânico.

---

[1] Comitê Orientador: Rubens José Guimarães - UFLA (Orientador), Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG.

## ABSTRACT

THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Characterization of systems of production of organic coffee, in conversion and conventional.** Lavras: UFLA, 2001. 214p. (Dissertation – Master in Agronomy/Crop Science).[2]

The production system and harvest type of coffee (*C. arabica.* L) were evaluated in the town of Santo Antonio do Amparo/MG, with the objective of determining its influence upon the grains quality. The organic, in conversion and conventional systems and the harvest on the cloth and by sweeping were taken into account. On two neighboring farms by utilizing the same cultivar (Acaiá/MG 474-19), spacing (2,0 x 1,0 m), age 5 (years) and soil type (Red Latosol), were withdrawn samples in July 1999, and evaluated according to the present methodology. The influence of the production system and harvest type was significant in all the measured variables. It is stressed that sweeping coffee presents poorer quality, these associated with higher contents of total phenolics (%) and titrable acidity (ml of NaOH 0,1N/100g$^{-1}$ of sample). The system in conversion was, even being harvest on the cloth, of poorer quality. The conventional and organic systems showed better performance when harvested on the cloth, however, it points out differences as to the higher concentration of reducing (%) and non-reducing (%) sugars in the conventional system and greater polyphenoloxidase activity (U/minute/g$^{-1}$ of sample), caffeine content (%) and total (%) sugars in the organic system .


[2] Guidance Committe: Rubens José Guimarães – UFLA (Major Professor), Maria Inês Nogueira Alvarenga - EPAMIG.

# 1 INTRODUÇÃO

As exigências do mercado internacional por cafés de melhor qualidade estão sendo responsáveis pela difusão e adoção de novas tecnologias de produção e beneficiamento do café (*C. arabica* L). Entre os cafés especiais, o café orgânico é o segmento que mais cresce, mercado que movimenta anualmente US$ 18 bilhões, e a expectativa é de que haja aumento na produção e na demanda nos próximos anos. Segundo o *Environment Committee of the Specialty Coffee Association of America*, o café orgânico é responsável por 5% do segmento de café especial, o qual por sua vez, representa de 20-30% do mercado norte-americano de café. O segmento de café orgânico vem apresentando um crescimento anual de 18%, comparados com os 8% ou 9% para o restante do mercado de café especial (Dow Jones, 1999).

O Brasil tem condições de oferecer quantidades expressivas de cafés de qualidade e com garantias de origem no mercado internacional, atendendo às exigências do consumidor final. O mercado interno também apresenta grande potencial para o consumo de cafés diferenciados, pois atualmente os valores são muito pequenos diante de um mercado consumidor de 12 milhões de sacas. São necessários mais investimentos no marketing do "Café do Brasil", cuja qualidade é indiscutível, visando conquistar novos consumidores do mercado emergente de cafés especiais.

A qualidade de bebida está diretamente relacionada aos diversos constituintes químicos do grão, destacando-se os compostos voláteis, fenólicos totais, ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas, responsáveis pelas características qualitativas da bebida. Acredita-se que estes compostos podem ser influenciados pela adubação do cafeeiro. Entretanto, poucos são os trabalhos enfatizando esta influência na qualidade do grão. Há vários indícios apontados

por provadores de café em todo o mundo, da melhoria da qualidade do grão proveniente de sistemas de produção orgânica, como odores e sabores específicos da bebida, observando-se todos os cuidados nas fases de pré e pós-colheita.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar as alterações na qualidade de grãos de cafés colhidos no pano e no chão (de varrição), provenientes de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional, localizados no município de Santo Antônio do Amparo/MG.

# 2 MATERIAL E MÉTODOS

A análise da qualidade dos grãos refere-se a uma época de amostragem (julho/99), sendo avaliados dois tipos de colheita: no pano e no chão e três sistemas de produção do cafeeiro, orgânico, em conversão e convencional, instalados em um Latossolo Vermelho-Escuro (LE), apresentando a mesma idade (5 anos) e variedade (Acaiá MG-474-19).

A colheita do café foi feita nas quatro parcelas dos diferentes sistemas de produção, que apresentavam um número médio de 2.500 covas. Cada parcela experimental continha 40 plantas, com 16 plantas utéis e 24 plantas na bordadura. As duas linhas laterais também foram consideradas como bordadura. Foram coletadas 4 amostras de café do pano (10,0 litros) e do chão (5,0 litros), durante a colheita em separado de cada uma das quatro parcelas experimentais, de cada talhão, dos três sistemas de produção estudados, perfazendo um total de 24 amostras. O café do chão foi rastelado e posteriormente foi feita a abanação com peneira, visando retirar folhas e outras impurezas. O total de café caído no chão de cada parcela, foi medido em um recipiente de volume conhecido. Logo após, os cafés de varrição de cada parcela, foram colocados sobre os panos de colheita em separado, nos quais foram retiradas as amostras/parcela para secagem e beneficiamento. O café do pé foi derriçado manualmente sobre o pano (de plástico com dimensões de 3,5 x 6,0m), colocado sobre o chão e no renque (nos dois lados da linha de café) e posteriormente foram retiradas as amostras de volume conhecido de cada parcela. As amostras foram colocadas em sacos plásticos perfurados até chegarem ao secador suspenso da Estação Experimental da EPAMIG, onde foram reviradas três vezes/dia, para proceder a secagem. Quando as amostras atingiram 12% de umidade, foi realizado o

beneficiamento dos frutos e as análises de bebida. As amostras foram analisadas no Laboratório de Qualidade de Café Dr. Alcides Carvalho, da EPAMIG/Lavras. Os parâmetros qualitativos foram determinados em amostras de grãos beneficiados moídos em moinho tipo Croton Mod. TE-580, utilizando peneira de 30 mesh, referente a cada tratamento. As avaliações foram: atividade enzimática da polifenoloxidase ($U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra), acidez titulável total (ml de NaOH $0,1N.100g^{-1}$de amostra), compostos fenólicos totais (%), açúcares redutores (%), açúcares não redutores (%), açúcares totais (%) e cafeína (%), conforme medotologia descrita a seguir.

O método de extração da enzima polifenoloxidase consistiu da extração descrita por Draetta e Lima (1976), tendo sido pesados 5g da amostra de café previamente moída e adicionados a 40ml da solução de fosfato de potássio $0,1mol.L^{-1}$ a pH 6,0; agitando-se a amostra por 5 minutos. Todo material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtração, utilizando-se papel de filtro Whatman n°1. A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting e Joslyng (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina) como branco expressa em $U.min^{-1}g^{-1}$de amostra (Unidade de atividade enzimática por unidade de tempo em minutos por gramas de grãos beneficiados e moídos).

A acidez titulável total foi determinada por titulação com NaOH $0,1mol.L^{-1}$, de acordo com técnicas descritas pela Association of Official Analytical Chemists (1970), e expressa em ml de NaOH $0,1N.100g^{-1}$ de amostra.

Os compostos fenólicos totais foram extraídos pelo método de Goldstein e Swain (1963), utilizando como extrator o metanol 50%, e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela Association of Official Analytical Chemist (1970).

Os açúcares totais, redutores e não redutores foram extraídos pelo método Lane-Enyon, citado pela Association of Official Analytical Chemists

(1970), e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). A cafeína foi avaliada segundo método colorimétrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

## 2.1 Análise Estatística

As variáveis qualitativas dos grãos de café beneficiados foram submetidas à metodologia univariada padrão, consistindo de uma análise de variância segundo um esquema fatorial, sendo considerados os seguintes fatores: três sistemas de produção do cafeeiro: sistema convencional {CV}, orgânico {O} e em conversão {E}; dois tipos de colheita: no pano e no chão (café de varrição); e quatro repetições, perfazendo um total de 24 amostras. As médias foram avaliadas através do teste de Duncan, à significância de 5%.

Com o objetivo de relacionar as alterações da qualidade dos grãos proveniente dos diferentes sistemas de produção do cafeeiro com o tipo de colheita, procedeu-se uma análise de componentes principais (PCA), utilizando o programa CANOCO (Ter Braak, 1987).

A abordagem multivariada consiste de um procedimento de ordenação, através da análise de componentes principais e de agrupamento. Em ambos os casos as variáveis foram padronizadas a fim de reduzir efeitos de escala. As amostras (sistemas de produção do cafeeiro em dois tipos de colheita) e as variáveis (parâmetros de qualidade dos grãos) foram transformados em coordenadas (scores), que correspondem à sua projeção nos eixos de ordenação ou autovetores (eigenvectores), representando o peso de cada parcela ou variável sobre o eixo, as quais podem ser vistas como equivalentes ao grau de correlação destas com o eixo em questão (Souza, 1996). O auto-valor (eigenvalue), que é a soma ao quadrado dos "scores" de cada eixo, representa o maior grau de correlação possível de todas as parcelas ou variáveis com o eixo e dá uma

indicação direta da contribuição relativa de cada eixo para a explicação da variância total dos dados (Ter Braak, 1987). O critério para os autovalores foi de que $\lambda \geq 0,60$. Os escores obtidos na análise de componentes principais tiveram os seus valores médios tomados, sendo então conduzida a análise de agrupamento para os efeitos conjugados.

Os parâmetros qualitativos da bebida selecionados para tratamento de agrupamento por análise multivariada foram: [POL] atividade enzimática da polifenoloxidase ($U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra), [ACT] acidez titulável total (ml de NaOH $0,1N.100g^{-1}$ de amostra), [FNT] compostos fenólicos totais (%), [GLC] açúcares redutores (%) e [SAC] açúcares não redutores (%), [TOT] açúcares totais (%) e [CAF] cafeína (%). As amostras (sistemas) e as variáveis (parâmetros de qualidade de bebida) foram transformados de acordo com Souza, (1996) e Ter Braak, (1987).

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito dos sistemas de produção convencional {CV}, orgânico {O} e em conversão {E} e do tipo de colheita, café colhido no pano e café colhido no chão ou de varrição, bem como a interação destes, foram registrados em todas as variáveis analisadas, exceto para a acidez titulável, para a qual não foi detectado o efeito do tipo de colheita (Tabela 20). Os valores médios da atividade enzimática da polifenoloxidase em $U.min.^{-1}g^{-1}$ de amostra, acidez titulável (ml de NaOH $0,1N/100g^{-1}$ de amostra), açúcares redutores (glicose%) e açúcares não-redutores (sacarose %), açúcares totais (%), cafeína (%) e fenólicos totais encontram-se na Tabela 25.

## 3.1 Atividade enzimática da polifenoloxidase

Dentre os compostos orgânicos estudados, especial atenção foi dada à enzima polifenoloxidase, a qual está correlacionada positivamente com a qualidade de bebida. A atividade da polifenoloxidase foi significativa em todos os sistemas de produção e tipos de colheita, sendo evidente a melhor qualidade do cafés colhidos no pano (Tabelas 20 e 21). Os sistemas {CV} e {O} apresentaram maior atividade da polifenoloxidase nos cafés colhidos no pano, e nos cafés colhidos no chão, o sistema {E} apresentou uma tendência de maior valor, de acordo com a Tabela 21 e Figura 24.

TABELA 20- Quadro de análise de variância para os efeitos de sistemas e tipos de colheita sobre a [POL] atividade enzimática da polifenoloxidase, [ACT] acidez titulável total, [FNT] compostos fenólicos totais, [GLC] açúcares redutores e [SAC] açúcares não redutores, [TOT] açúcares totais e [CAF] cafeína. UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | | [POL] | | [CAF] | |
|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | F | |
| [Sistemas] | (2;66) | 38,141 | *** | 7,104 | *** |
| [Colheita] | (1;66) | 699,716 | *** | 47,084 | *** |
| [Sistemas]*[Colheita] | (2;66) | 92,744 | *** | 15,833 | *** |

| | | [FNT] | | [ACT] | |
|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | F | |
| [Sistemas] | (2;66) | 50,889 | *** | 13,841 | *** |
| [Colheita] | (1;66) | 1995,600 | *** | 0,967 | n.s. |
| [Sistemas]*[Colheita] | (2;66) | 23,600 | *** | 4,412 | * |

| | | [GLC] | | [SAC] | |
|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | | F | |
| [Sistemas] | (2;66) | 205,753 | *** | 67,388 | *** |
| [Colheita] | (1;66) | 242,065 | *** | 75,609 | *** |
| [Sistemas]*[Colheita] | (2;66) | 278,710 | *** | 122,682 | *** |

| | | [TOT] | |
|---|---|---|---|
| Variáveis | g.l. | F | |
| [Sistemas] | (2;66) | 46,754 | *** |
| [Colheita] | (1;66) | 111,155 | *** |
| [Sistemas]*[Colheita] | (2;66) | 145,236 | *** |

Onde: *** significante ($p<0,001$); * significante ($p<0,05$); n.s. - não significante ($p\geq0,05$). Sistemas: café orgânico, café em conversão e café convencional. Tipo de colheita: no pano e no chão.

TABELA 21- Teores das variáveis de qualidade de bebida em função dos tratamentos e tipos de colheita (colheita no pano e no chão). UFLA, Lavras-MG, 2001.

| | [POL] ($U.min^{-1}.g^{-1}$ amostra) | | | [CAF] (%) | | | [FNT] (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pano | Chão | Média | Pano | Chão | Média | Pano | Chão | Média |
| {CV} | 65,89 a1 | 60,33 b2 | 63,11 ac | 0,96 b1 | 0,95 a1 | 0,96 ac | 6,44 a2 | 7,27 c1 | 6,86 a |
| {E} | 62,27 b1 | 61,05 a2 | 61,66 bc | 0,95 b1 | 0,91 b2 | 0,93 bc | 6,49 a2 | 7,69 a1 | 7,09 a |
| {O} | 66,42 a1 | 60,09 b2 | 63,25 a | 1,02 a1 | 0,91 b2 | 0,97 a | 6,25 b2 | 7,39 b1 | 6,82 a |
| Média | 64,86 | 60,49 | 62,67 | 0,98 | 0,93 | 0,95 | 6,40 | 7,45 | 6,92 |

| | [GLC] (%) | | | [SAC] (%) | | | [TOT] (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pano | Chão | Média | Pano | Chão | Média | Pano | Chão | Média |
| {CV} | 0,66 a1 | 0,43 b2 | 0,55 a | 5,95 a1 | 4,24 b2 | 5,09 a | 5,01 b1 | 4,96 a1 | 4,99 a |
| {E} | 0,38 c2 | 0,48 a1 | 0,43 b | 4,00 c2 | 4,85 a1 | 4,42 b | 4,59 c1 | 4,83 a1 | 4,71 b |
| {O} | 0,48 b1 | 0,35 c2 | 0,42 b | 4,60 b1 | 3,70 c1 | 4,15 b | 5,33 a1 | 4,18 b2 | 4,76 b |
| Média | 0,51 | 0,42 | 0,46 | 4,85 | 4,26 | 4,56 | 4,98 | 4,32 | 4,65 |

| | [ACT] (ml NaOH 0,1N.$100g^{-1}$ amostra) | | |
|---|---|---|---|
| | Pano | Chão | Média |
| {CV} | 0,044 a1 | 0,043 a1 | 0,044 a |
| {E} | 0,043 a1 | 0,043 a1 | 0,043 a |
| {O} | 0,039 b1 | 0,042 a1 | 0,040 b |
| Média | 0,042 | 0,043 | 0,042 |

Valores precedidos de mesma letra, na vertical e mesmo número na horizontal, não diferem significativamente ao nível de 5%, segundo o teste de Duncan. Onde: Letras: referentes aos sistemas avaliados. Números: referentes ao tipo de colheita. Tratamentos: {CV} sistema convencional, {E} sistema em conversão, {O} sistema orgânico. Variáveis: [POL] atividade enzimática da polifenoloxidase, [ACT] acidez titulável total, [FNT] compostos fenólicos totais, [GLC] açúcares redutores, [SAC] açúcares não redutores, [TOT] açúcares total e [CAF] cafeína.

Segundo Carvalho *et al.* (1994), utilizando uma tabela de classificação que utiliza os valores da atividade da polifenoloxidase, os cafés colhidos no pano no sistema convencional (65,89 $U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra) e orgânico (66,42 $U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra) podem ser classificados como cafés finos de "bebida mole", e no sistema em conversão (62,27 $U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra), como de

qualidade aceitável "bebida dura". Os cafés do chão provenientes dos sistemas convencional (60,33 $U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra), em conversão (61,05 $U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra) e orgânico (60,09 $U.min^{-1}.g^{-1}$ de amostra) foram classificados como "bebida "dura" de qualidade aceitável, resultado confirmado por Krug (1945) e pelo trabalho de Begazo e Paula (1985), que obtiveram cafés de qualidade inferior de bebida quando derriçados no chão, devido à contaminação dos frutos por microorganismos causadores de fermentações indesejáveis, com a produção de álcool, que é desdobrado em ácido acético, láctico, propiônico e butírico, os quais causam acentuados prejuízos na qualidade.

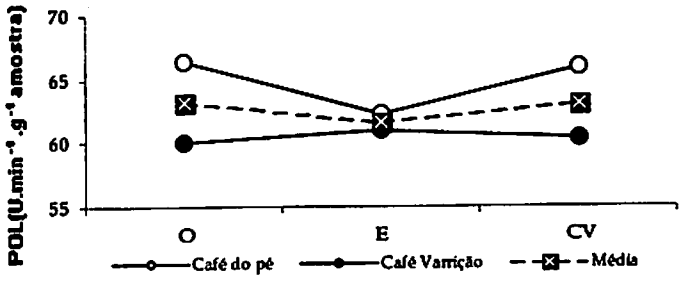


FIGURA 24 - Teores da [POL] atividade enzimática da polifenoloxidase em cafés colhidos no pano (café do pé) e no chão (café varrição), cultivados em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

## 3.2 Acidez titulável total

Os resultados da análise de variância para a acidez titulável indicam influência dos sistemas de produção do cafeeiro, mas esta foi a única variável analisada neste trabalho, que não apresentou significância para os tipos de colheita (Tabela 20). Os valores médios da acidez titulável em todos os sistemas

e tipos de colheita estudados encontram-se na Tabela 21. Foi verificado que o valor médio da acidez titulável nos sistemas {CV}, {O} e {E} para o café colhido no chão foi de 0,043ml de NaOH 0,1N.100g$^{-1}$ de amostra, e nos sistemas {CV} e {E} para o café colhido no pano, foi de 0,044 de NaOH 0,1N.100g$^{-1}$ de amostra, sendo menor no sistema orgânico (0,039ml de NaOH 0,1N.100g$^{-1}$ de amostra). Provavelmente não ocorreram fermentações indesejáveis que alteram significativamente a acidez.

A Organização Internacional do Café (OIC) destaca a acidez desejável da bebida, descrita como "*acidity*", conferida preferencialmente pelos ácidos málico e cítrico (Internacional Coffee Organization, 1991). O maior valor da acidez titulável, encontrado nos sistemas {CV} e {E}, pode estar diretamente relacionado com os diferentes estádios de maturação dos mesmos, apesar da colheita ter sido realizada na mesma época para todos os sistemas localizados na mesma região produtora.

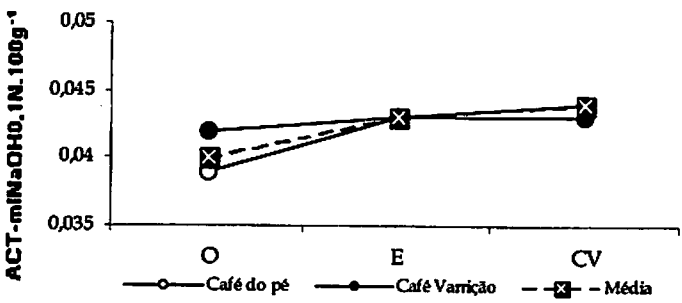


FIGURA 25 - Teores de [ACT] acidez titulável em cafés colhidos no pano (café do pé) e no chão (café varrição), cultivados em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Carvalho, Chalfoun e Chagas (1989) e Leite (1991) observaram acréscimos na acidez com a redução da qualidade do café, indicando haver nos piores cafés maiores fermentações. Isto não foi notado nos resultados encontrados tanto para os cafés colhidos no pano quanto para os colhidos no chão, que foram equivalentes em todos os sistemas de produção, exceto os cafés colhidos no pano do sistema {O}, que apresentaram uma tendência de menor valor de acidez titulável.

### 3.3 Açúcares redutores (glicose), não-redutores (sacarose) e totais

Os resultados obtidos e os índices de significância para açúcares redutores e não-redutores e açúcares totais, nos sistemas de produção e tipo de colheita estudados, encontram-se apresentados nas Tabelas 20 e 21. As concentrações de açúcares redutores e não-redutores foram superiores nos cafés colhidos no pano no sistema {CV}, seguido pelos sistemas {O} e {E}. Para os cafés colhidos no chão, os maiores valores obtidos foram no sistema {E} seguido pelos sistemas {CV} e {O}, esses resultados estão representados nas Figuras 26a e 26b.

Os valores de açúcares não-redutores foram superiores aos obtidos para a açúcares redutores em todos os sistemas de produção e tipos de colheita, de acordo com os resultados obtidos por Amorim e Teixeira (1975). Esses autores citam que dentre os açúcares do café predominam os não-redutores, particularmente a sacarose, sendo que, os redutores apresentam-se em pequenas quantidades.

A média geral da concentração de açúcares redutores obtida em todos os sistemas de produção do cafeeiro, nos dois tipos de colheita estudados (0,46%), encontra-se dentro da faixa citada por Lockhart (1957), que varia de 0 a 5,0% em café; entretanto, apresenta-se abaixo dos valores médios citados por Chagas

(1994) para a região Sul de Minas Gerais (0,8 a 1,94%). O maior valor obtido para a concentração de açúcares redutores (0,66%) refere-se ao sistema {CV} no café colhido no pano.

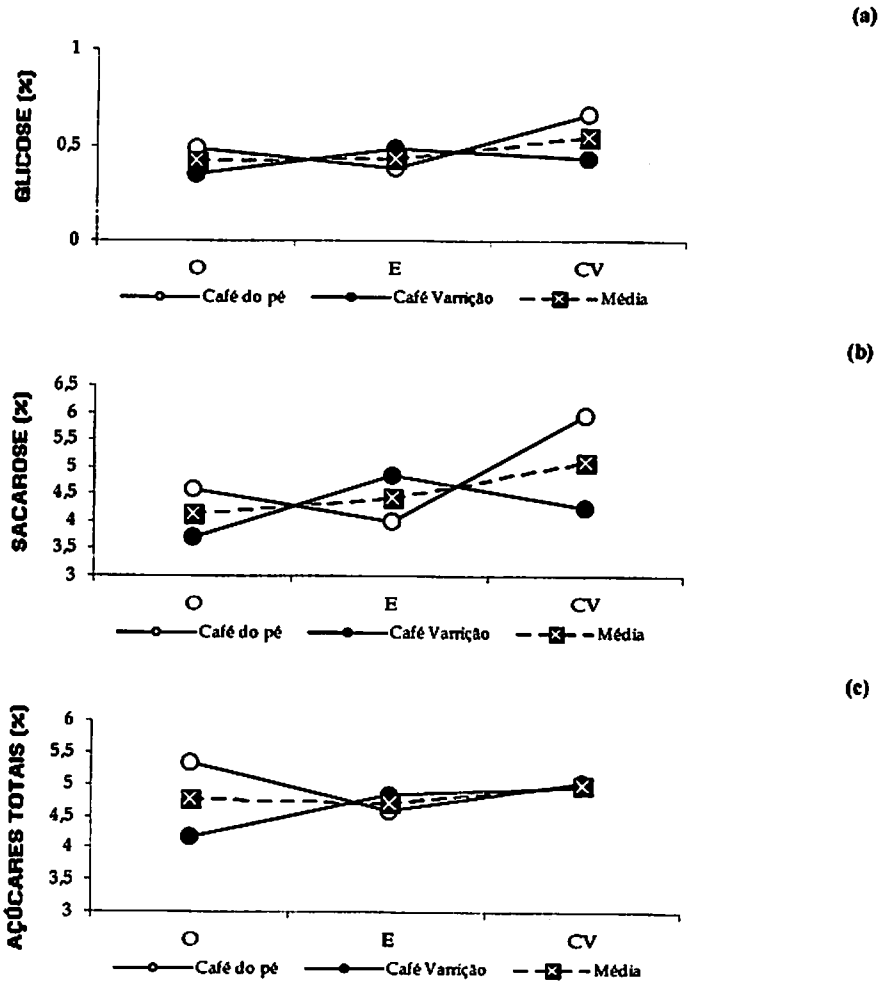


FIGURA 26 - Teores de glicose (a), sacarose (b) e açúcares totais (c) em cafés colhidos no pano (café do pé) e no chão (café varrição), cultivados em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG, 2001.

As amostras de cafés dos sistemas {O} e {E}, apresentaram teores de açúcares não-redutores abaixo das médias obtidas por Sivetz (1963), ou seja, 7%; e por Wolfrom, Plunkett e Lauer (1960) em torno de 5,3%. O sistema {CV} apresentou o maior teor de açúcares não-redutores (5,95%) no café colhido no pano, resultado que pode estar indicando uma colheita com menor porcentagem de frutos verdes, o que proporciona teores mais altos de sacarose (Leite, 1991).

Foi verificada diferença significativa nos valores de açúcares totais em relação aos sistemas de produção e tipos de colheita (Figura 26c), sendo superiores nos cafés colhidos no pano no sistema {O}, seguido pelos sistemas {CV} e {E}. Os resultados dos cafés colhidos no chão indicam maiores valores nos sistemas {CV} e {E} seguidos pelos sistema {O}.

No presente trabalho, os teores de açúcares totais determinados em grãos colhidos em Santo Antônio do Amparo/MG, nos diferentes sistemas de produção, apresentaram-se abaixo do valor médio (8%) observado por Navellier (1970), e dos resultados obtidos por Chagas (1994) para a região Sul de Minas Gerais (7,03%). O maior teor encontrado (5,33%) foi no sistema {O} no café colhido no pano, estando próximo da faixa de 5,0 a 10,0% proposta por Prete (1992), que se baseou em vários autores.

É interessante ressaltar a provável influência dos efeitos climáticos do período de seca prolongado, ocorrido na região de Santo Antônio do Amparo/MG, no ano de 1999 (Figura 19), sobre os resultados obtidos neste trabalho para açucares redutores, não-redutores e totais.

### 3.4 Cafeína (%)

A análise de variância registrou efeito significativo para a cafeína em todos os sistemas de produção e tipo de colheita analisados (Tabela 20). Os valores médios encontrados para esta variável encontram-se na Tabela 21 e

foram representados na Figura 27. Foi notado que a média do teor de cafeína em todos os sistemas de produção dos cafés colhidos no pano (0,98%), foi superior à média dos cafés colhidos no chão (0,93%). Entre os sistemas de produção, o maior valor de cafeína (1,02%) foi encontrado no sistema {O}, seguido pelos sistemas {CV} e {E}, que apresentaram um teor médio de 0,96%. Os teores de cafeína encontrados em todas as amostras estão dentro da faixa indicada de 0,6 a 1,5% por diversos autores citados por Prete (1992).

Silva (1995) e Silva (1999) estudando o efeito de fontes e doses de K nos aspectos qualitativos do grão beneficiado do café, verificou que o aumento das doses de KCl ocasionou uma redução no teor de cafeína. O resultado obtido para o teor de caféina no sistema {CV} analisado neste trabalho, pode estar indicando esta influência do KCl na qualidade do grão e em contrapartida, pode-se inferir que o maior teor de cafeína encontrado no grão proveniente do sistema {O}, pode estar relacionado ao uso de fontes de potássio isentas de cloreto e aprovadas pelas normas de produção orgânica como a palha ou casca de café e as cinzas vegetais, utilizadas "*in natura*" ou compostadas com estercos de galinha ou de vaca.

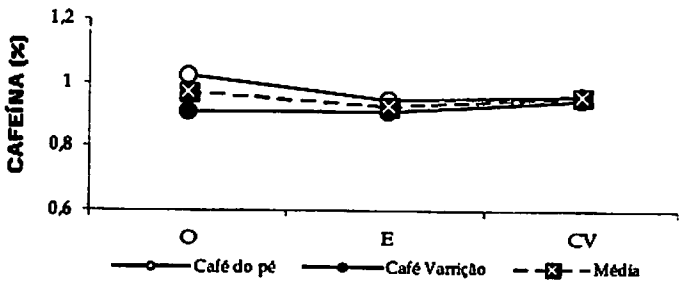


FIGURA 27 - Teores de cafeína em cafés colhidos no pano (café do pé) e no chão (café de varrição), cultivados em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG 2001.

Coelho *et al.* (1999) obtiveram um teor de 0,82% de cafeína na caracterização do café orgânico cereja descascado proveniente da mesma região e propriedade analisados neste trabalho. Chagas (1994) não encontrou diferenças significativas do teor de cafeína entre amostras de cafés da região Sul de Minas Gerais, encontrando o maior valor no município de Machado (1,17%), e o menor em Campos Gerais (0,85%).

### 3.5 Fenólicos Totais

O ataque de microorganismos segundo Amorim, Teixeira e Guercio (1974) e o estádio de maturação dos frutos, mencionado por Pimenta (1995), têm sido citados como fatores favoráveis à ocorrência de maior concentração de fenólicos totais nos cafés de pior qualidade. Leite (1991) afirma que a presença de frutos verdes contribui para que cafés derriçados no pano apresentem teores mais elevados destes compostos.

A análise de variância registrou efeito significativo para os teores de fenólicos totais em todos os sistemas de produção e tipos de colheita analisados (Tabela 20). Os valores médios encontrados para esta variável encontram-se na Tabela 21 e foram representados na Figura 28. Os valores de fenólicos totais foram superiores nos cafés colhidos no chão em todos os sistemas de produção, interferindo na qualidade do grão proveniente do café de varrição. Foi observado que no café colhido no pano, os valores de fenólicos totais foram maiores nos sistemas {CV} e {E}, indicando uma menor concentração no sistema {O}; e no café colhido no chão, este valor foi superior no sistema {E} seguido pelos sistemas {O} e {CV}.

Na tabela 25, verifica-se que o teor mínimo de fenólicos totais (6,25%) encontrado no sistema {O}, no café colhido no pano, encontra-se abaixo do valor obtido por Carvalho, Chalfoun e Chagas (1989), que representa uma média

de compostos fenólicos de 9,7% em frutos colhidos em todos os estádios de maturação, e de 8,37% em frutos colhidos cerejas, conforme foi registrado nos dois locais estudados para cafés derriçados no pano. Observando os valores obtidos para a variável atividade da polifenoloxidase na Tabela 25, verifica-se uma tendência de diminuição da concentração dos fenólicos totais com o aumento da atividade da polifenoloxidase, em todos os sistemas de produção do cafeeiro, indicando que os fenólicos totais, principalmente os ácidos clorogênicos e caféicos, exercem uma ação antioxidante dos aldeídos, e que não houve grande incidência de injúrias (microbiana, mecânica ou fisiológica) nos cafés de melhor qualidade provenientes dos sistemas {O} e {CV}, uma vez que fenólicos totais aumentam sua concentração em condições adversas aos grãos.

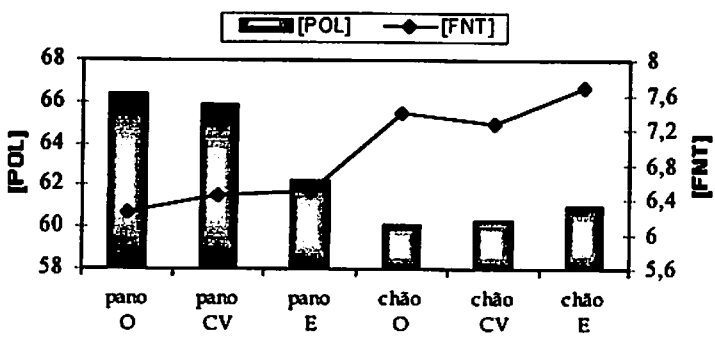


FIGURA 28 - Comparação entre os teores de fenólicos totais [FNT] (%) e atividade da polifenoloxidase [POL] (U.min $^{-1}$.g $^{-1}$ de amostra) em cafés colhidos no pano e no chão, cultivados em sistemas de produção convencional {CV}, em conversão {E} e orgânico{O}. UFLA, Lavras-MG 2001.

Por outro lado, a média dos valores de fenólicos totais observados nos cafés colhidos no chão (7,45%), em todos os sistemas de produção, encontra-se acima da média obtida por Chagas (1994) na região Sul de Minas Gerais (7,0%),

indicando uma possível ocorrência de fermentações indesejáveis, nas quais as enzimas polifenoloxidases agem sobre os polifenóis, diminuindo a sua ação antioxidante sobre os aldeídos, o que acelera a oxidação destes, ao mesmo tempo que são produzidas quinonas, as quais agem como substrato inibidor da atividade da polifenoloxidase (Amorim e Silva, 1968).

### 3.6 Avaliação das alterações na qualidade de bebida

A ordenação dos parâmetros de qualidade de bebida em função dos sistemas de produção estudados e dois tipos de colheita, produzidos pela análise de componentes principais (PCA), é representada na Figura 29. As duas análises de PCA referentes aos cafés colhidos no pano e no chão (café de varrição) reduziram as variáveis a dois componentes básicos, explicando cerca de 73% da variação total nos dois primeiros eixos, sendo a maior porcentagem explicada pelo primeiro eixo. Dessa forma, pode-se desprezar os demais eixos de ordenação, já que o gráfico bidimensional proporciona uma ordenação clara dos parâmetros avaliados.

A PCA referente aos cafés de varrição indica correlação com o primeiro eixo da variável fenólicos totais [FNT], com correlação igual a (-0,73), e o segundo eixo relacionou apenas a variável acidez titulável total [ACT] (0,64). Os parâmetros que apresentaram correlação com o primeiro eixo na PCA referente aos cafés colhidos no pano foram: atividade da polifenoloxidase [POL] com (0,71), (açúcares redutores) glicose [GLC] (0,68), (açúcares não-redutores) sacarose [SAC] (0,75), açúcares totais [TOT] (0,62) e cafeína [CAF] (0,77).

Avaliando-se o comportamento geral das variáveis de qualidade de grãos na análise multivariada (PCA), há uma separação nítida entre a qualidade superior dos cafés colhidos no pano e a dos cafés de varrição. Pode-se observar na PCA referente aos cafés de varrição, o agrupamento das parcelas do sistema

{E}, em maior proporção, e do sistema {CV}, em menor proporção no quadrante superior esquerdo do diagrama. Ressalta-se ainda que os sistemas {E} e {CV} foram os que se posicionaram mais à esquerda do diagrama na parte superior, indicando que os parâmetros fenólicos totais (correlacionado com o primeiro eixo), e a acidez titulável (correlacionada com o segundo eixo), foram também os fatores que mais influenciaram o comportamento desses sistemas. Os fenólicos totais e a acidez titulável apresentaram maior correlação com o sistema {E} em relação ao sistema {CV}. As parcelas do sistema {O} formaram um agrupamento no quadrante inferior esquerdo, sem apresentar correlação com nenhum parâmetro. A maior concentração de amostras dos sistemas {E} e {CV}, no centro do diagrama, refletem uma maior homogeneidade entre eles, indicando cafés de varrição de qualidade inferior em relação ao sistema {O}.

A PCA realizada para os cafés colhidos no pano apresenta a formação de grupamentos bem distintos relacionados aos parâmetros responsáveis pela melhor do qualidade do grão. As parcelas do sistema {CV} apresentaram um agrupamento no quadrante superior direito do diagrama, e as parcelas do sistema {O}, um agrupamento no quadrante inferior direito. Os parâmetros que se correlacionaram com o primeiro eixo afetaram positivamente os resultados desses sistemas, verificando-se que a qualidade do grão proveniente do sistema {CV} apresenta correlação com os açúcares não-redutores e açúcares redutores, e a do sistema {O}, com a atividade da polifenoloxidase, açúcares totais e cafeína.

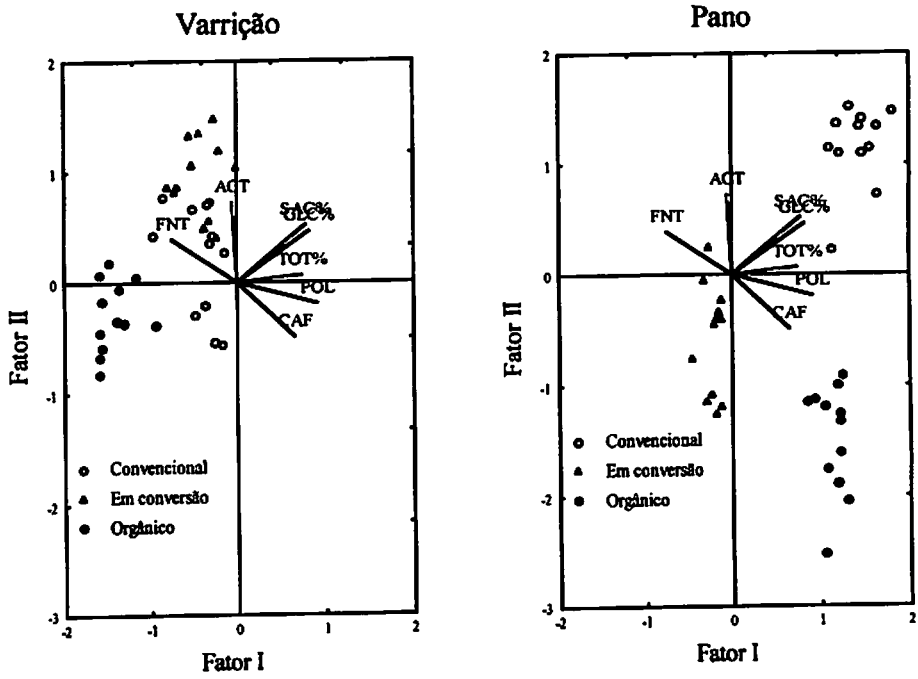


FIGURA 29 - Diagrama de ordenação dos parâmetros de qualidade de bebida em função do tipo de colheita: no pano e no chão (café de varrição). Sistemas: convencional; em conversão e orgânico; produzidos por análise de componentes principais. UFLA, Lavras-MG, 2001.

A Figura 30 apresenta a ordenação proposta pelo dendrograma de dissimilaridade em função das variáveis de qualidade do grão. Verifica-se a formação de dois grupos com comportamentos bem distintos (analisando os grupos de baixo para cima): a) os cafés colhidos no chão (café de varrição) apresentaram qualidade inferior (bebida "dura") em todos os sistemas de produção, especialmente no sistema {E}, mesmo quando colhido no pano; b) os cafés colhidos no pano apresentaram um melhor desempenho nos sistemas {CV} e {O}, refletindo uma qualidade superior (bebida "mole").

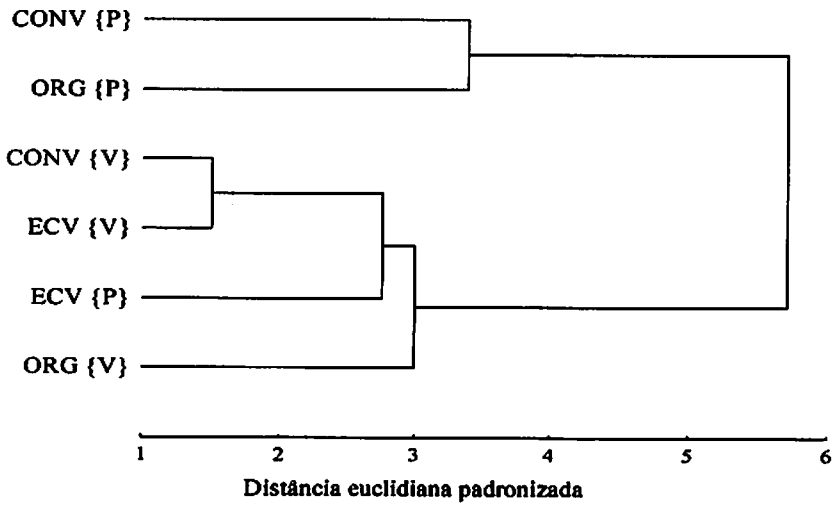


FIGURA 30 - Dendrograma de dissimilaridade entre os sistemas de produção do cafeeiro: {CONV} convencional, {ORG} orgânico e {ECV} em conversão e tipos de colheita: {P} colheita no pano e {V} colheita no chão (café de varrição) associados, em função das variáveis avaliadas. UFLA, Lavras-MG, 2001.

# 4 CONCLUSÕES

- A qualidade do grão é afetada pelo tipo de colheita, sendo os cafés colhidos no chão de qualidade inferior (bebida "dura") à dos cafés colhidos no pano (bebida "mole"), indiferentemente do sistema de produção adotado.

- A análise de componentes principais permite uma visualização conjunta dos parâmetros que mais influenciaram a qualidade do grão provenientes dos diferentes sistemas de produção do cafeeiro estudados.

- O café orgânico apresenta qualidade do grão similar à do café convencional, em relação ao café colhido no pano. Com base na análise de componentes principais, verificou-se uma tendência no café convencional, de maiores concentrações de açúcares redutores e não–redutores, e no café orgânico, de maiores valores da atividade da polifenoloxidase, açúcares totais e cafeína.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AMORIM, H. V.; SILVA, D. M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature**, New York, v.219, n.27, p.381-382, July 1968.

AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e a qualidade de bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3, Curitiba, 1975, **Resumos**...Rio de Janeiro:IBC, 1975. p.21.

AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A.A.; GUERCIO, M.A. Chemistry of Brasilian green coffee and the beverage. II. Phenolic compounds. Turrialba, **Turrialba**, v.24, n.2, p.217-221. 1974.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 11.ed. Washington, 1970. 1015p.

BEGAZO, J.C.E.O.; PAULA, J.F. de. Considerações sobre o preparo do café visando a melhoria da qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.76-78, 1985.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. de R. CHALFOUN, S. M. BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, mar.1994.

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

CHAGAS. S. J. R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1994. 95p. (Dissertação-Mestrado em Ciência de Alimentos).

COELHO, K. F.; THEODORO, V. C. de. A.; LOPES, L. M. V.; PEREIRA, R. G. F. A. Caracterização química e sensorial do café orgânico proveniente de Santo Antônio do Amparo/MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, Franca, 1999. **Anais**...Franca: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.162-163.

DOW JONES, A.P. Faltam padrões para o "café orgânico". **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 8 set. 1999. Finanças & Mercados, p.22.

DRAETTA, I. S.; LIMA, D. C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidases do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, p.3-28, 1976.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, 1963.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p. 190-192.

INTERNACIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Quantitative descriptive flavour profiling of coffees from COOPARAÍSO-MG.** Brasil/London, 1991, n.p. (Report of Evaluaion Sensorial).

KRUG, H.P. Concepção moderna sobre a origem dos cafés duros. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.20, p.416-426, 1945.

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

LOCKHART, E.E. **Chemistry of coffee.** The Coffee Brewing Institur, 1957. 20p. (Publication, 25).

NAVELLIER, P. Coffee. In: **Encyclopédia of industrial chemical analysis.** New York:J. Wiley & Sons, 1970. v.10, p.373-447.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determinacion of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1, p.370-380, 1944.

PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (*C. arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação-Ciência dos Alimentos).

PONTING, J. D.; JOSLYNG, M. A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Achives of Biochemistry**, New York, v.19, p.47-63, 1948.

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*C. arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** Piracicaba: ESALQ, 1992. 125p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia)

SILVA, E. de B. **Potássio para o cafeeiro: efeito de fontes, doses e determinação de cloreto.** Lavras: UFLA, 1995. 87p. (Dissertação-Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

SILVA, E. de B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas.** Lavras: UFLA, 1999. 105p. (Tese-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SIVETZ, M. **Coffee processing tecnhnology.** Westport:AVI, 1963. v.2, 379p.

SOUZA, E.R. de. **Alterações fisico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola.** Lavras: UFLA, 1996. 91p. (Dissertação-Mestrado em Manejo Ambiental).

TER BRAAK, C.J.F. Ordination. In: JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. (eds.). **Data analisys in community and landscape ecology.** Oxford:University , 1987. p.91-173.

WOLFRON, M.L.; PLUNKETT, R.A.; LAUER, M.L. Carbohydrates or the coffee bean. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.8, n.1, p.58-65, 1960.

# CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram a viabilidade agronômica da cafeicultura orgânica em Minas Gerais, baseada em novas técnicas de produção, ainda empíricas, que têm como princípio básico alcançar a sustentabilidade do agroecossistema cafeeiro. É preciso ressaltar que este estudo constou de um levantamento de dados por um ano, e o principal objetivo era caracterizar e conhecer o sistema de produção orgânico do cafeeiro, assim muitos resultados obtidos nas áreas estudadas são preliminares. É premente a necessidade de realização de estudos, em várias propriedades certificadas, sobre a viabilidade econômica de lavouras orgânicas, visando avaliar a eficiência energética desses sistemas de produção.

Em sistemas de manejo orgânico do cafeeiro, uma preocupação técnicoambiental, é a implantação da lavoura desrespeitando-se o princípio de biodiversidade. Principalmente em áreas de culturas perenes, é exigido a introdução de outras espécies, de preferência árvores nativas, para evitar a monocultura. Sugere-se às certificadoras do Brasil, que suas normas de produção vegetal evoluam, para a adoção de um espaçamento mínimo no plantio do café orgânico, que apresente viabilidade econômica e ambiental, assim como a arborização das lavouras.

Em trabalhos futuros sobre a qualidade de grãos de cafés orgânicos, sugere-se a realização das classificações por tipo, peneira, estirpe ou variedade de origem, tipo de secagem, colheita, aspecto, cor, seca, preparo, torração e uma classificação da bebida mais criteriosa, através de análise sensorial. Cafés especiais, como o café legitimamente orgânico, podem se enquadrar perfeitamente nos padrões brasileiros de classificação. Entretanto, torna-se imprescindível a análise sensorial da bebida para percepção de sabores e odores

específicos da bebida. Análises químicas do grão mais detalhadas (lixiviação de potássio, condutividade elétrica, sólidos solúveis totais, ácido clorogênico, ácido málico, ácido cítrico, índice de coloração, compostos voláteis, proteínas) e microbiológicas também devem ser realizadas.

A determinação do grau de maturação dos grãos e quantificação dos dias de exposição dos grãos colhidos no chão (café de varrição) também são sugeridos com base nos resultados deste trabalho. Foi notado, durante os trabalhos de campo, que os grãos de café orgânico apresentam-se mais aderidos à planta em relação ao grãos do café convencional, o que pode ser um indício de menor quantidade de café caído no chão.

No café, a bebida é o fator de qualidade que mais pode ser afetado, especialmente pelos fungos. Um levantamento da população fúngica presente nos frutos de café orgânico provenientes de várias regiões produtoras, durante as fases pré e pós colheita, poderia fornecer indicativos sobre a interação entre o manejo adotado, os fungos e seus efeitos sobre a qualidade do grão. Como alguns países preocupados com a segurança alimentar, decidiram sugerir barreiras à importação de café, fixando limites rígidos de micotoxinas (Ochratoxina A - OTA), seria interessante uma investigação nos grãos verdes e torrados de café orgânico. Esta análise deve estender-se das lavouras das propriedades orgânicas até as fases de armazenagem e transporte.

# ANEXOS

# ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01- Modelo de contrato de certificação para empresa da Associação de Agricultura Orgânica de São Paulo/SP.

# CONTRATO

## CERTIFICAÇÃO EMPRESA COMERCIANTE

**1. Contratantes**

**Associação de Agricultura Orgânica , ora denominada AAO** , com sede à Avenida Francisco Matarazzo 455, Parque Fernando Costa, CGC 61.375.856/0001-09, Inscr. Estadual isenta, neste ato representada por seu Presidente, Wanderley das Neves Cardoso, e a empresa _____, CGC nº _____, Inscrição Estadual nº _____, sediada à _____.

**2. Responsabilidades da empresa comerciante**

Cumprir todas as Normas de Produção, Regulamentos e Estatutos da AAO, que fazem parte integrante deste Contrato;

Estar ciente de que se descumprir este Contrato, estará sujeito às penalidades determinadas pela Comissão de Ética da AAO.

Pagar todas as taxas determinadas pela AAO.

**3. Direitos da empresa comerciante**

Desde que respeitados as Normas de Produção, os Regulamentos e Estatutos da AAO, são direitos das unidades produtoras certificadas:

a) Comercializar o produto como orgânico;

b) Participar dos canais de comercializações da AAO;

c) Usar o Selo Orgânico da AAO nos seus produtos;

d) Exportar produtos com o certificado SAT.

**4. Responsabilidades da AAO:**

Cumprir todas as Normas de Produção, Regulamentos e Estatutos da AAO, que fazem parte integrante deste Contrato;

Fornecer o Selo à empresa na quantidade necessária e tempo hábil;

Registrar o Selo e validar as normas junto aos órgãos oficiais;

Manter em funcionamento as Comissões de Certificação e de Ética da AAO.

**5. Prazo de validade**

Este contrato é valido por um ano, a partir da data de assinatura do mesmo.

_____ Assinatura do Responsável pela Empresa Comerciante

_____ Assinatura do Inspetor

_____ Associação de Agricultura Orgânica

_____ Local e data:

**ANEXO 02** - Modelo de contrato para certificação de unidade produtora da Associação de Agricultura Orgânica de São Paulo/SP.

# CONTRATO CERTIFICAÇÃO UNIDADE PRODUTORA

AAO

**1. Contratantes**

**Associação de Agricultura Orgânica, ora denominada AAO, com sede à Avenida Francisco Matarazzo 455, Parque Fernando Costa, CGC 61.375.856/0001-09, Inscr. Estadual isenta, neste ato representada por seu Presidente, Wanderley das Neves Cardoso, e _____ (produtor rural ou comerciante), RG nº _____, CPF nº _____, do imóvel rural denominado _____, registrado no INCRA sob n.º _____, localizado no município de _____, do qual é (proprietário, arrendatário, parceiro), que solicitou a CERTIFICAÇÃO COMO PRODUTOR ORGÂNICO.**

**2. Responsabilidades da unidade produtora**

Cumprir todas as Normas de Produção, Regulamentos e Estatutos da AAO, que fazem parte integrante deste Contrato;

Estar ciente de que se descumprir este Contrato, estará sujeito às penalidades determinadas pela Comissão de Ética da AAO.

Pagar todas as taxas determinadas pela AAO.

**3. Direitos da unidade produtora**

Desde que respeitados as Normas de Produção, os Regulamentos e Estatutos da AAO, são direitos das unidades produtoras certificadas:

a) Comercializar o produto como orgânico;

b) Participar dos canais de comercializações da AAO;

c) Usar o Selo Orgânico da AAO nos seus produtos.

**4. Responsabilidades da AAO**

Cumprir todas as Normas de Produção, Regulamentos e Estatutos da AAO, que fazem parte integrante deste Contrato;

Fornecer assistência técnica ao produtor credenciado;

Manter em funcionamento as Comissões de Certificação e de Ética da AAO.

**5. Prazo de validade deste contrato**

Este contrato é valido por um ano, a partir da data de assinatura.

A renovação deste contrato dependerá de nova inspeção.

| | |
|---|---|
| Assinatura do Solicitante | Assinatura do Inspetor |
| AAO | Local e data: |

**ANEXO 03** - Instrução Normativa do Ministério da Agricultura e Abastecimento de acordo com a Portaria nº 505, de 16 de outubro de 1999.

Normas disciplinadoras para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal.

1. Do conceito

1.1. Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária e industrial, todo aquele em que se adotam tecnologias que otimizem o uso de recursos naturais e sócio-econômicos, respeitando a integridade cultural e tendo por objetivo a auto-sustentação no tempo e no espaço, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energias não renováveis e a eliminação do emprego de agrotóxicos e outros insumos artificiais tóxicos, organismos geneticamente modificados–OGM/transgênicos, ou radiações ionizantes em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e de consumo, e entre os mesmos, privilegiando a preservação da saúde ambiental e humana, assegurando a transparência em todos os estágios da produção e da transformação, visando:

a) a oferta de produtos saudáveis e de elevado valor nutricional, isentos de qualquer tipo de contaminantes que ponham em risco a saúde do consumidor, do agricultor e do meio ambiente;

b) a preservação e a ampliação da biodiversidade dos ecossistemas, natural ou transformado, em que se insere o sistema produtivo;

c) a conservação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, da água e do ar; e

d) o fomento da integração efetiva entre agricultor e consumidor final de produtos orgânicos, e o incentivo à regionalização da produção de produtos orgânicos para os mercados locais.

1.2. Considera-se produto da agricultura orgânica, seja "in natura" ou processado, todo aquele obtido em sistema orgânico de produção agropecuária e industrial. O conceito de sistema orgânico de produção agropecuária e industrial abrange os denominados ecológico, biodinâmico, natural, sustentável, regenerativo, biológico, agroecológico e permacultura. Para efeito desta Instrução considera-se produtor orgânico, tanto o produtor de matérias-primas como o processador das mesmas.

2. Das Normas de produção orgânica

Considera-se unidade de produção, a propriedade rural que esteja sob sistema orgânico de produção. Quando a propriedade inteira não for convertida para a produção orgânica, a certificadora deverá assegurar-se de que a produção convencional está devidamente separada e passível de inspeção.

2.1. Da conversão:
Para que um produto receba a denominação de orgânico, deverá ser proveniente de um sistema onde tenham sido aplicadas as bases estabelecidas na presente Instrução, por um período variável de acordo com a utilização anterior da unidade de produção e a situação ecológica atual, mediante as análises e a avaliação das respectivas instituições certificadoras (Anexo I).
2.2. Das máquinas e dos equipamentos:
As máquinas e os equipamentos usados na unidade de produção não podem conter resíduos contaminantes, dando-se prioridade ao uso exclusivo à produção orgânica.
2.3. Sobre os produtos de origem vegetal e os recursos naturais (plantas, solos e água):
Tanto a fertilidade como a atividade biológica do solo e a qualidade das águas, deverão ser mantidas e incrementadas mediante, entre outras, as seguintes condutas: proteção ambiental; manutenção e preservação de nascentes e mananciais hídricos; respeito e proteção à biodiversidade; sucessão animal-vegetal; rotação e/ou associação de culturas; cultivo mínimo; sustentabilidade e incremento da matéria orgânica no solo; manejo da matéria orgânica; utilização de quebra-ventos; sistemas agroflorestais; e manejo ecológico das pastagens.
2.3.1. O manejo de pragas, doenças e de plantas invasoras deverá se realizar mediante a adoção de uma ou várias condutas, de acordo com os Anexos II e III, desta Instrução, que possibilitem: incremento da biodiversidade no sistema produtivo; seleção de espécies, variedades e cultivares resistentes; emprego de cobertura vegetal, viva ou morta, no solo; meios mecânicos de controle; rotação de culturas; alelopatia; controle biológico (excetuando-se OGM/transgênicos); integração animal-vegetal; e outras medidas mencionadas nos Anexos II e III, da presente Instrução.
2.3.1.1. É vedado o uso de agrotóxico sintético, seja para combate ou prevenção, inclusive, na armazenagem.
2.3.1.2. A utilização de medida não orgânica para garantir a produção ou a armazenagem, desqualifica o produto para efeito de certificação, de acordo com o subitem 2.1, da presente Instrução.
2.3.2 As sementes e as mudas deverão ser oriundas de sistemas orgânicos.
2.3.2.1. Não existindo no mercado sementes oriundas de sistemas orgânicos adequadas a determinada situação ecológica específica, o produtor poderá lançar mão de produtos existentes no mercado, desde que avaliadas pela instituição certificadora, excluindo-se todos os organismos geneticamente modificados (OGM/transgênicos).
2.3.2.2. Para culturas perenes, não havendo disponibilidade de mudas orgânicas, estas poderão ser oriundas de sistemas convencionais, desde que avaliadas pela instituição certificadora, excluindo-se todos os organismos geneticamente modificados/transgênicos e de cultura de tecido vegetal, quando as técnicas

empregadas conduzam a modificações genéticas ou induzam à variantes soma-clonais.
2.3.3. Os produtos oriundos de atividades extrativistas só serão certificados como orgânicos, caso o processo de extração não comprometa o ecossistema e a sustentabilidade do recurso explorado.
2.4. Produtos de origem animal
Os produtos orgânicos de origem animal devem provir de unidades de produção, prioritariamente auto-suficientes quanto à geração de alimentos para os animais em processo integrado com a produção vegetal, conforme o Anexo IV, da presente Instrução. Para a efetivação da sustentabilidade, esses sistemas devem obedecer os seguintes requisitos: respeitar o bem-estar animal; manter um nível higiênico em todo o processo criatório, compatível com as normas de saúde pública vigentes; adotar técnicas sanitárias preventivas sem o emprego de produtos proibidos; contemplar uma alimentação nutritiva, sadia e farta, incluindo-se a água, sem a presença de aditivos químicos e/ou estimulantes, conforme o Anexo IV, da presente Instrução; dispor de instalações higiênicas, funcionais e confortáveis; praticar um manejo capaz de maximizar uma produção de alta qualidade biológica e econômica; utilizar raças, cruzamentos e o melhoramento genético (não OGM/transgênicos), compatíveis tanto com as condições ambientais e como estímulo à biodiversidade.
2.4.1. Entende-se por bem estar animal, permanecer o mesmo livre de dor, de sofrimento, angústia e viver em um ambiente em que possa expressar proximidade com o comportamento de seu habitat original: movimentação, territoriedade, vadiagem, descanso e ritual reprodutivo.
2.4.2. Os insumos permitidos e proibidos na alimentação animal estão especificados no Anexo IV, da presente Instrução.
2.4.3. O transporte, pré-abate e o abate dos animais devem seguir princípios humanitários e de bem estar animal, assegurando a qualidade sanitária da carcaça.
2.4.4. Excepcionalmente, para garantir a saúde ou quando houver risco de vida de animais, na inexistência de substituto permitido, poder-se-ão usar medicamentos convencionais.
2.4.4.1. É obrigatório comunicar à certificadora o uso desses medicamentos, bem como registrar a sua administração que deve respeitar o que estabelece o subitem 2.4.4., desta Instrução. O período de carência estipulado pela bula do produto a ser cumprido, deverá ser multiplicado pelo fator três, podendo ainda ser ampliado de acordo com a instituição certificadora.
2.4.4.2. São permitidas todas as vacinas previstas por Lei.
2.4.5. Preferencialmente, a aquisição dos animais deve ser feita em criações orgânicas.

2.4.5.1. No caso de aquisição de animais de propriedades convencionais, estes devem prioritariamente ser incorporados à unidade produtora orgânica, com a idade mínima em que possam ser recriados sem a presença materna.
2.4.5.2. Os animais adquiridos em criações convencionais devem passar por quarentena tradicional, ou outra a ser definida pela certificadora.

3. Do processamento
Processamento é o conjunto de técnicas de transformação, conservação e envase de produtos de origem animal e/ou vegetal.
3.1. Somente será permitido o uso de aditivos, coadjuvantes de fabricação e outros produtos de efeito brando (não OGM/transgênicos), conforme mencionado Anexo V da presente Instrução, e quando autorizados e mencionados nos rótulos das embalagens.
3.2. As máquinas e os equipamentos utilizados no processamento dos produtos orgânicos deverão estar comprovadamente limpos de resíduos contaminantes, conforme estabelece os termos desta Instrução e seus anexos.
3.3. Em todos os casos, a higiene no processamento dos produtos orgânicos será fator decisivo para o reconhecimento de sua qualidade. Para efeito de certificação, as unidades de processamento devem cumprir, também, as exigências contidas nesta Instrução e nas legislações vigentes específicas.
3.3.1. A higienização das instalações e dos equipamentos deverá ser feita com produtos biodegradáveis, e caso esses produtos não estejam disponíveis no mercado, deverá ser consultada a certificadora.
3.4. Para o envase de produtos orgânicos, deverão ser priorizadas embalagens produzidas com materiais comprovadamente biodegradáveis e/ou recicláveis.
3.5. Poderá ser certificado como produto processado orgânico, aquele cujo componente principal seja de origem orgânica.
3.5.1. Os aditivos e os coadjuvantes de fabricação de origem não orgânica, serão permitidos em percentuais a serem definidos pelas certificadoras e pelo Órgão Colegiado Nacional, conforme estabelece o Anexo V, da presente Instrução.
3.5.2. É obrigatório explicitar no rótulo do produto, os tipos e as quantidades de aditivos, os coadjuvantes de fabricação e outros produtos de origem não orgânica nele contidos, sempre de acordo com o subitem 3.1, da presente Instrução.
3.5.3. Os ingredientes de origem não orgânica serão permitidos em percentuais definidos no Anexo VII, da presente Instrução.

4. Da armazenagem e do transporte
Os produtos orgânicos devem ser identificados e mantidos em local separado dos demais de origem desconhecida, de modo a evitar possíveis contaminações, seguindo o que prescreve o Anexo VI, da presente Instrução.

4.1. A higiene e as condições do ambiente de armazenagem e do transporte será fator necessário para a certificação de sua qualidade orgânica.
4.2. Todos os produtos orgânicos devem estar devidamente acondicionados.

5. Da identificação
Além de atender as normas vigentes quanto às informações que devem constar nas embalagens, os produtos certificados deverão conter um "selo de qualidade" registrado no Órgão Colegiado Nacional, específico para cada certificadora, atendendo às condições previstas no Anexo VII da presente Instrução, além das contidas abaixo:
a) será mencionado no rótulo a denominação "produto orgânico"; e
b) o nome e o número de registro da certificadora junto ao Órgão Colegiado Nacional.
No caso de produto a granel, o mesmo será acompanhado do certificado de qualidade orgânica.

6. Do controle da qualidade orgânica
A certificação e o controle da qualidade orgânica serão realizados por instituições certificadoras credenciadas nacionalmente pelo Órgão Colegiado Nacional, devendo cada instituição certificadora manter o registro atualizado dos produtores e dos produtos que ficam sob suas responsabilidades.

7. Da responsabilidade
Os produtores certificados assumem a responsabilidade pela qualidade orgânica de seus produtos e devem permitir o acesso da certificadora a todas as instalações, atividades e informações relativas ao seu processo produtivo.
7.1. À instituição certificadora cabe a responsabilidade pelo controle da qualidade orgânica dos produtos certificados, permitindo o acesso do Órgão Colegiado Estadual ou do Distrito Federal a todos os atos, procedimentos e informações pertinentes ao processo de certificação.

8. Dos órgãos colegiados
8.1. O Órgão Colegiado Nacional será composto paritariamente por 5 (cinco) membros do Poder Público, titular e suplente e 5 (cinco) membros de Organizações Não-Governamentais, titular e suplente, que tenham reconhecida atuação junto à sociedade no âmbito da agricultura orgânica, de forma a respeitar a paridade de um representante por região geográfica, chegando a um total de até 10(dez) membros.
8.1.1. A escolha dos membros das organizações governamentais, será de responsabilidade exclusiva do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.
8.1.2. A escolha dos membros das organizações não-governamentais obedecerá sistemática própria dessas organizações.

8.2. Os Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal serão compostos paritariamente por 5 (cinco) membros do Poder Público, titular e suplente e 5 (cinco) membros de Organizações Não-Governamentais, titular e suplente, que tenham reconhecida atuação junto à sociedade no âmbito da agricultura orgânica, chegando a um total de até 10(dez) membros.
8.2.1. A escolha dos membros das organizações governamentais, nas Unidades Federativas, será de responsabilidade exclusiva das Delegacias Federais de Agricultura.
8.2.1.1. A escolha dos membros das organizações não-governamentais obedecerá sistemática própria dessas organizações.
8.3. Cabe ao Órgão Colegiado Nacional fiscalizar as atividades dos Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal, de acordo com as normas vigentes.
8.4. Cabe aos Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal, fiscalizar as atividades das certificadoras locais. As que não cumprirem a legislação em vigor serão passíveis de sanções, de acordo com as normas vigentes.
8.5. Ao Órgão Colegiado Nacional compete o deferimento e o indeferimento dos pedidos de registro das entidades certificadoras encaminhados pelos órgãos colegiados, citados no subitem acima
8.6. Aos Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal compete a fiscalização e o controle, bem como o encaminhamento dos pedidos de registro das entidades certificadoras para o Órgão Colegiado Nacional.
8.6.1. Na inexistência de Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal, o Órgão Colegiado Nacional cumprirá estas atribuições.

9. Das entidades certificadoras
9.1. Os produtos de origem vegetal ou animal, processados ou "in natura", para serem reconhecidos como orgânicos devem ser certificados por pessoa jurídica, sem fins lucrativos, com sede no território nacional, credenciada no Órgão Colegiado Nacional, e que tenha seus documentos sociais registrados em órgão competente da esfera pública.
9.2. As instituições certificadoras adotarão o processo de certificação mais adequado às características da região em que atuam, desde que observadas as exigências legais que trata da produção orgânica no país e das emanadas pelo Órgão Colegiado Nacional.
9.2.1. A importação de produtos orgânicos certificados em seu país de origem, está condicionada às exigências sanitárias, fitossanitárias e de inspeção animal e vegetal, de conformidade com as leis vigentes no Brasil, complementada com prévia análise e autorização de uma certificadora credenciada no Órgão Colegiado Nacional.
9.3. As instituições certificadoras para serem credenciadas devem satisfazer os seguintes requisitos:

a) requerer o credenciamento através dos Órgãos Colegiados Estaduais e do Distrito Federal;
b) anexar cópias dos documentos requeridos, devidamente registrados em cartório;
c) descrever detalhadamente seu processo de certificação com o respectivo regulamento de funcionamento, demonstrando suas etapas, inclusive, os mecanismos de auto-regulação ética;
d) apresentar as suas Normas Técnicas para aprovação do Órgão Colegiado Nacional;
e) descrever as sanções que poderão ser impostas, em caso de descumprimento de suas Normas; e
f)comprovar a capacidade própria ou de alguma contratada para realizar as análises, se necessárias, no processo de certificação.
9.4. As instituições certificadoras devem dispor na sua estrutura interna, dos seguintes membros:
a) Comissão Técnica: corpo de técnicos responsáveis pela avaliação da eficácia e qualidade da produção;
b) Conselho de Certificação: responsável pela análise e aprovação dos pareceres emitidos pela Comissão Técnica; e
c) Conselho de Recursos: que decide sobre apelações de produtores e outros interessados.
9.4.1. Aos integrantes de quaisquer das estruturas mencionadas nas alíneas a, b e c do subitem 9.4, é vedada a participação em mais de uma das alíneas, tanto como pessoa física ou jurídica.
9.4.2. São obrigações das certificadoras:
a) manter atualizadas todas as informações relativas à certificação;
b) realizar quantas visitas forem necessárias, com o mínimo de uma por ano, para manter atualizadas as informações sobre seus produtores certificados;
c) promover a capacitação e assumir a responsabilidade pelo desempenho dos integrantes da comissão técnica;
d) no caso de destinação para o comércio exterior não comercializar produtos e insumos, nem prestar serviços de consultorias, assistência técnica e elaboração de projetos;
e) no caso de destinação para comércio interno não comercializar produtos e insumos;
f) manter a confiabilidade das informações quando solicitadas pelo produtor orgânico; e
g) cumprir as demais determinações estabelecidas pelos Colegiados Nacional, Estaduais e do Distrito Federal.

10. Das disposições gerais

Os demais atos necessários para a completa operacionalização da presente Instrução Normativa serão estabelecidos pela Secretaria de Defesa Agropecuária, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

ANEXO I

DO PERÍODO DE CONVERSÃO

1. Produção vegetal de culturas anuais: para a unidade de produção em conversão deverá ser obedecido um período mínimo de 12 meses de manejo orgânico, para que o ciclo da produção subsequente seja considerada como orgânica.
2. Produção vegetal de culturas perenes: para a unidade de produção em conversão deverá ser obedecido um período mínimo de 18 meses de manejo orgânico, para que a colheita subsequente seja certificada.
3. Produção vegetal de pastagem perene: para a unidade de produção em conversão deverá ser obedecido um período mínimo de 12 meses de manejo orgânico ou de pousio.

Observação: Os períodos de conversão acima mencionados poderão ser ampliados pela certificadora em função do uso anterior e da situação ecológica da unidade de produção, desde que seja julgada a conveniência.

ANEXO II

ADUBOS E CONDICIONADORES DE SOLOS PERMITIDOS

1. Da própria unidade de produção (desde que livres de contaminantes): composto orgânico; vermicomposto; restos orgânicos; esterco: sólido ou líquido; restos de cultura; adubação verde; biofertilizantes; fezes humanas, somente quando compostadas na unidade de produção e não empregadas no cultivo de olerícolas; microorganismos benéficos ou enzimas, desde que não sejam OGM/transgênicos; e outros resíduos orgânicos.

1. Obtidos fora da unidade de produção

a) Somente se autorizados pela certificadora: :vermicomposto; esterco composto ou esterco líquido;biomassa vegetal; resíduos industriais, chifres, sangue, pó de osso, pêlo e penas, tortas, vinhaça e semelhantes, como complementos da adubação; algas e derivados, e outros produtos de origem marinha; peixes e derivados; pó de serra, cascas e derivados, sem contaminação por conservantes; microorganismos, aminoácidos e enzimas, desde que não sejam OGM/transgênicos; cinzas e carvões vegetais; pó de rocha; biofertilizantes; argilas ou ainda vermiculita; compostagem urbana, quando oriunda de coleta seletiva e comprovadamente livre de substâncias tóxicas.

b) Somente se constatado a necessidade através de análise, e livres de substâncias tóxicas: termofosfatos; adubos potássicos – sulfato de potássio,

sulfato duplo de potássio e magnésio, este de origem mineral natural; micronutrientes; sulfato de magnésio; ácido bórico, quando não usado diretamente nas plantas e solo; carbonato, como fonte de micronutrientes; e guano.

ANEXO III

PRODUÇÃO VEGETAL

1. Meios contra doenças fúngicas: enxofre simples e suas preparações, a critério da certificadora; pó de pedra; um terço de sulfato de alumínio e dois terços de argila (caulim ou bentonita) em solução 1%; sais de cobre, na fruticultura; própolis; cal hidratado, somente como fungicida; iodo; extratos de plantas ; extratos de compostos e plantas; vermicomposto; calda bordaleza e calda sulfocálcica, a critério da certificadora; e Homeopatia.

2. Meios contra pragas: preparados viróticos, fúngicos e bacteriológicos, que sejam OGM/transgênicos (só com permissão específica da certificadora); extratos de insetos; extratos de plantas; emulsões oleosas (sem inseticidas químico-sintéticos); sabão de origem natural; pó de café; gelatina; pó de rocha; alcool etílico; terras diatomáceas, cêras naturais, própolis e óleos essenciais, a critério da certificadora; como solventes: álcool, acetona, óleos vegetais e minerais; como emulsionante: lecitina de soja, não transgênica; Homeopatia.

3. Meios de captura, meios de proteção e outras medidas biológicas: controle biológico; feromônios, desde que utilizados em armadilhas; armadilhas de insetos com inseticidas permitidos no item 2, Do Anexo III; armadilhas anti-coagulantes para roedores; meios repelentes mecânicos (armadilhas e outros similares); repelentes naturais ( materiais repelentes e expulsantes); métodos vegetativos, quebra-vento, plantas companheiras e repelentes; preparados que estimulem a resistência das plantas e que inibam certas pragas e doenças, tais como: plantas medicinais, própolis, calcário e extratos de algas, bentonita, pó de pedra e similares; cloreto de cálcio; leite e derivados; e extratos de produtos de origem animal.

4. Manejo de plantas invasoras: sementes e mudas, isentas de plantas invasoras; técnicas mecânicas; alelopatia; cobertura morta e viva; cobertura inerte, que não cause contaminação e poluição, a critério da instituição certificadora; solarização; controle biológico como manejo de plantas invasoras.

ANEXO IV

PRODUÇÃO ANIMAL

1.Conduta desejadas: maximização da captação e uso de energia solar; auto-suficiência alimentar orgânico; diminuir a dependência de recursos externos no processo produtivo; associação de espécies vegetais e animais; criação a campo; abrigos naturais com árvores; quebra-ventos; conservação das forragens com silagem ou fenação (desde que de origem orgânica); mineralização com sal marinho; suplementos vitamínicos: óleo de fígado de peixe e levedura; aditivos permitidos: algas calcinadas, plantas medicinais, plantas aromáticas, soro de leite, e carvão vegetal; suplementação com recursos alimentares, provenientes de unidade de produção orgânica; aditivos para arraçoamento: leveduras e misturas de ervas e algas; aditivos para silagem: açúcar mascavo, cereais e seus farelos, soro de laticínio e sais minerais; Homeopatia, fitoterapia e acupuntura.

2. Técnicas permitidas sob o controle da certificadora: uso de equipamentos de preparo de solo que não impliquem na alteração de sua estrutura, na formação de pastagens e cultivo de forragens, grãos, raízes e tubérculos; aquisição de alimentos não certificados orgânicos, equivalente a até 20% e 15% do total da matéria seca de alimentos para animais monogástricos e para animais ruminantes, respectivamente; aditivos, óleos essenciais, suplementos vitamínicos e sais minerais; suplementos de aminoácidos; amochamento e castração; e inseminação artificial.

3. Técnicas proibidas: uso de agrotóxicos nas pastagens e culturas de alimentos para os animais; restrições especificadas nos Anexos II e III, quanto à produção vegetal; uso do fogo no manejo de pastagens; confinamentos que contrariam o item 2.4 e suas subdivisões desta Instrução, e demais técnicas que restrinjam o bem estar animal; uso de aditivos estimulantes sintéticos na alimentação, na engorda e na reprodução; descorna e outras mutilações; presença e manejo de animais geneticamente modificados; promotores de crescimento sintéticos; uréia; restos de abatedouros na alimentação ; qualquer tipo de esterco para ruminantes ou para monogástricos da mesma espécie; aminoácidos sintéticos ; e transferência de embriões.

4. Insumos que podem ser adquiridos fora da unidade de produção, segundo a espécie animal e sob orientação da assistência técnica e controle da certificadora: silagem, feno, palha, raízes, tubérculos, bulbos e restos de culturas orgânicas; cereais e outros grãos e seus derivados; resíduos industriais sem contaminantes; melaço; leite e seus derivados; gorduras animais e vegetais; e farinha de osso calcinada ou auto-clavada, e farinha de peixe.

5. Higiene e desinfecção cumprir o programa de vacinações obrigatórias; adotar programas sanitários com bases profilática e preventiva; realizar limpeza e desinfecções com agentes comprovadamente biodegradáveis, sabão, sais minerais solúveis, permanganato de potássio ou hipoclorito de sódio, em solução 1:1000, cal, soda cáustica, ácidos minerais simples (nítrico e fosfórico), oxidantes minerais em enxágues múltiplos, creolina, vassoura de fogo e água.

## ANEXO V

## ADITIVOS PARA PROCESSAMENTO E OUTROS PRODUTOS QUE PODEM SER USADOS NA PRODUÇÃO ORGÂNICA

| Nome: | Condições especiais: |
|---|---|
| Água potável | |
| Cloridato de cálcio | Agente de coagulação |
| Carbonato de cálcio | Antiumectante |
| Hidróxido de cálcio | Agente de coagulação |
| Sulfato de cálcio | Agente de coagulação |
| Carbonato de potássio | Secagem de uvas |
| Dióxido de carbono | |
| Nitrogênio | |
| Etanol | Solvente |
| Ácido de tanino | Auxílio de filtragem |
| Albumina branca de ovo | |
| Caseína | |
| Óleos vegetais | |
| Gel de dióxido de silicone ou solução Coloidal | |
| Carbono ativo | |
| Talco | |
| Betonina; | |
| Caolinita; | |
| Perlita; | |
| Cêra de abelha; | |
| Cêra de carnaúba; | |
| Microorganismos e enzimas (não OGM/transgênicos) | |

ANEXO VI - Da armazenagem e do transporte:

- Os produtos orgânicos devem ser mantidos separados de produtos não orgânicos.
- Todos os produtos deverão ser adequadamente identificados durante todo o processo de armazenagem e transporte;
- Órgão Colegiado Nacional deverá estabelecer padrões para a prevenção e controle de poluentes e contaminantes;
- Produtos orgânicos e não orgânicos não poderão ser armazenados ou transportados juntos, exceto, quando claramente identificados, embalados e fisicamente separados;
- A certificadora deverá regular as formas e os padrões permitidos para a descontaminação, limpeza e desinfecção de todas as máquinas e equipamentos, onde os produtos orgânicos são mantidos, manuseados ou processados;
- As condições ideais do local de armazenagem e do transporte de produtos, são fatores necessários para a certificação de sua qualidade orgânica.

ANEXO VII - Da rotulagem: A pessoa física ou jurídica legalmente responsável pela produção ou processamento do produto deverá ser claramente identificada no rótulo, objetivando:

- Produtos de um só ingrediente poderão ser rotulados como "produto orgânico", desde que certificado;
- Produtos compostos de mais de um ingrediente, incluindo aditivos, onde nem todos os ingredientes sejam de origem certificada orgânica, deverão ser rotulados da seguinte forma:
- Onde um mínimo de 95% dos ingredientes for de origem orgânica certificada, esses poderão ser rotulados como "produto orgânico";
- Onde um mínimo de 70% dos ingredientes for de origem orgânica certificada, esses poderão ser rotulados como "produto com ingredientes orgânicos," desde que estejam especificadas as proporções dos ingredientes orgânicos e não orgânicos; e
- Onde os ingredientes comporem menos que 70% de origem orgânica certificada, esses produtos não poderão ser rotulados orgânicos.
- Água e sal adicionados, não poderão ser incluídos no cálculo do percentual de ingredientes orgânicos;
- Todas as matérias-primas deverão estar listadas no rótulo do produto em ordem de peso percentual, de forma a ficar claro quais os materiais de origem certificada orgânica e quais os que não o são; e
- Todos os aditivos deverão estar listados com o seu nome completo. Quando o percentual de ervas e condimentos for inferior a 2%, esses poderão ser listados como "temperos".

**ANEXO 04:** Classificação do solo, descrição do perfil e resultados analíticos do perfil estudado na lavoura de café orgânico.

**Classificação:** LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO textura argilosa, relevo suave ondulado, fase floresta tropical subcaducifólia.

**Situação, declive e cobertura vegetal:** Trincheira aberta em área de café, com 5% de declive, no terço médio da encosta.

**Altitude:** ± 1.000m.

**Material de origem:** Gnaisse melanocrático

**Pedregosidade:** Não pedregosa.

**Rochosidade:** Não rochosa.

**Relevo local:** Suave ondulado.

**Relevo regional:** Ondulado.

**Drenagem:** Acentuadamente drenado.

**Vegetação primária:** Floresta tropical subcaducifolia.

**Uso atual:** Cafeicultura

**Descrito e coletado:** *Dra. Marilusa Pinto C. Lacerda* e *Dra. Maria Inês N. Alvarenga*

$A_1$ - **0 a 15 cm;** bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); textura argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana, raízes poucas e finas.

$A_2$ - **15 a 31 cm;** bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); textura argilosa; fraca muito pequena granular e pequena blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e planas; raízes poucas e finas.

**AB - 31 a 62 cm;** bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); textura argilosa; fraca pequena granular e média blocos subangulares; muitos poros

muito pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana, raízes poucas e finas.

**BA - 62 a 81 cm;** bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); textura muito argilosa; aspecto maciço poroso que se desfaz em muito pequena granular, pequena e média blocos sub-angulares; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; macio, muito friável muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana, raízes poucas e finas. Obs.: Aspecto de Bt.

**$B_{W\,1}$ - 81$^{+}$ cm;** vermelho-escuro-acinzentado; (10 R 3/4); textura argilosa; aspecto maciço poroso que se desfaz em muito pequena granular, pequena e média blocos sub-angulares; poucos poros pequenos e muitos poros muito pequenos; macio, muito friável muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana, raízes raras e finas.

**ANEXO 06** - Precipitação e número de dias de chuva na Fazenda Cachoeira (Santo Antônio do Amparo/Minas Gerais), no período de janeiro de 1998 até dezembro de 1999.

| ANO | MESES | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
| | Dias de Chuva | | | | | | | | | | | | |
| 1998 | 14.0 | 10.0 | 8.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 0 | 0 | 3.0 | 3.0 | 10.0 | 14.0 | 69.0 |
| 1999 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 2.0 | 0 | 2.0 | 0 | 0 | 5.0 | 6.0 | 10.0 | 15.0 | 52.0 |
| | Precipitação (mm) | | | | | | | | | | | | |
| 1998 | 216.5 | 204.0 | 182.5 | 55.0 | 70.0 | 32.5 | 0 | 0 | 62.5 | 92.0 | 228.0 | 240.5 | 1.383,5 |
| 1999 | 122.0 | 119.5 | 65.5 | 22.0 | 0 | 23.5 | 0 | 0 | 65.0 | 43.0 | 148.5 | 342.0 | 951.0 |
| | Médias de precipitação e dias de chuva | | | | | | | | | | | | |
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
| Dias de chuva | 9.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.0 | 2.0 | 0 | 0 | 4.0 | 4.5 | 1.0 | 14.5 | 51.5 |
| Precipitação | 169.3 | 161.8 | 124.0 | 38.5 | 35.0 | 28.0 | 0 | 0 | 63.8 | 67.5 | 188.3 | 291.3 | 1.167,5 |

## ANEXO 07 - LEVANTAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DA LAVOURA SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO

Avaliadora: Vanessa Cristina de Almeida Theodoro
Data da amostragem: 08/08/99

**1.IDENTIFICAÇÃO**
Nome do proprietário: Fernando Paiva
Propriedade: Fazenda Cachoeira
Administrador (nome): Elzinho

**2.CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE/TALHÃO (*)**
Altitude do talhão: 1.050m
Área do talhão: 0,5ha
Idade do talhão: 5 anos (plantio em fev.1995)
Variedade do talhão: Acaiá (MG 474-19)
Espaçamento do talhão: 2,0 x 1,0m
N° de covas do talhão: 2.510 plantas
Face do talhão: leste
Tipo de solo (aproximado): Latossolo Vermelho-Escuro
(*) (Talhão deve apresentar o padrão médio da lavoura, e ter idade de 4 a 9 anos)

**3.PRODUTIVIDADE DO TALHÃO**
Qual a produtividade média da lavoura nos últimos anos?
1997- 54 scs. beneficiadas/ha.
1998- 35 scs. beneficiadas/ha.
1999- 64 scs. beneficiadas/ha.
1997+1998- 89 scs beneficiadas/ha.
1998+1999- 99 scs beneficiadas/ha.

**4. CALAGEM/ADUBAÇÃO DO TALHÃO**
Faz análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Periodicidade: anual
Faz análise foliar? Sim ( x ) Não ( ) Periodicidade: anual
A quantidade do calcário é determinada pela análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Quais as deficiências nutricionais comumente observadas (Macro e micronutrientes)? Boro e Zinco

Descrever preparo de solo/adubação de plantio: preparo convencional de solo utilizando aração com grade aradora. A subsolagem foi feita concomitantemente à abertura dos sulcos que receberam: 2,0 litros esterco de galinha/1,0 litro húmus

de minhoca/0,7litros esterco de gado/330g termofosfato/m linear sulco. Após o pegamento das mudas no campo foram feitas aplicações foliares de micronutrientes (hidróxido de cobre + sulfato de zinco + sulfato de magnésio + ácido bórico + cal hidratada + adesivo).
A adubação é feita em função da análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Quem faz a recomendação de adubação? Pré-fixada ( ); Agrônomo Local ( ); Agrônomo da Coop.( ), Laboratório ( ); Outros ( x )
Faz adubação orgânica? Sim ( x ) Não ( )
Quais são as fontes utilizadas? Esterco de gado, húmus de minhoca, palha e casca de café, cinza vegetal e composto provenientes da propriedade. Esterco de galinha, chorume de porco e torta de mamona comprados. Adubação verde com crotalária, soja, guandú, lab lab e girassol.
Periodicidade: 2 aplicações/ano e adubação verde em dezembro
Quantidade média de adubo químico e/ou orgânico (g ou kg/cova) ou calcário (t/ha ou g/cova)

| | Calcário | Adubo químico | Adubo orgânico |
|---|---|---|---|
| 1997 | ( 3t/ha ) | ( não utiliza ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |
| 1998 | ( nada ) | ( não utiliza ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |
| 1999 | ( nada ) | ( não utiliza ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |

A adubação orgânica é feita na superfície ou enterrada? superficial
Em faixas dos dois lados ( x ) ou em faixa de um só lado ( )
Em sulco dos dois lados ( ) ou sulcos de um só lado ( )
Outro tipo: adubação líquida com chorume de porco

| Forma de aplicação: | Aplic. manual | Aplic. mecaniz. | Costal manual |
|---|---|---|---|
| Calcário | ( x ) | ( x ) | ( ) |
| Adubo orgânico | ( x ) | ( ) | ( ) |
| Micronutrientes | ( ) | ( ) | ( x ) |

✓ Quanto representa a parte nutricional no custo de produção (calcário, adubação orgânica, adubação química e micronutrientes incluindo o que é gasto com a aplicação)? 30-40%

✓ Observou-se alguma forma de manejo da lavoura ou algum trato cultural que possa influir no comportamento nutricional da lavoura?
Controle de invasoras feito através de capina manual com enxada, roçadeira e/ou foice visando roçar o mato, contribuiu para a formação de excelente cobertura do solo. Manejo de formação da lavoura: nos 1° e 2° anos pós-plantio (96 e 97) constou de pulverizações foliares e utilizou-se também o biofertilizante supermagro. A adubação de manutenção na lavoura foi feita com composto, húmus, esterco de galinha, chorume de porco e Yoorin-Master.

## ANEXO 08 - LEVANTAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DA LAVOURA SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAFÉ EM CONVERSÃO

Avaliadora: Vanessa Cristina de Almeida Theodoro
Data da amostragem: 08/08/99

### 1.IDENTIFICAÇÃO

Nome do proprietário: Fernando Paiva
Propriedade: Fazenda Cachoeira
Administrador (nome): Elzinho

### 2.CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE/TALHÃO (*)

Altitude do talhão: 1.050m
Área do talhão: 0,54ha
Idade do talhão: 5 anos (plantio em fev.1995)
Variedade do talhão: Acaiá (MG-474-19)
Espaçamento do talhão: 2,0 x 1,0m
N° de covas do talhão: 2.725 plantas
Face do talhão: leste
Tipo de solo (aproximado): Latossolo Vermelho-Escuro
(*) (Talhão deve apresentar o padrão médio da lavoura, e ter idade de 4 a 9 anos)

### 3.PRODUTIVIDADE DO TALHÃO

Qual a produtividade média da lavoura nos últimos anos?
1997- 36 scs. beneficiadas/ha.
1998- 97,8 scs. beneficiadas/ha.
1999- 82,5 scs. beneficiadas/ha.
1997+1998- 133,8 scs beneficiadas/ha.
1998+1999- 180,3 scs beneficiadas/ha.

### 4. CALAGEM/ADUBAÇÃO DO TALHÃO

Faz análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Periodicidade: anual
Faz análise foliar? Sim ( x ) Não ( ) Periodicidade: anual
A quantidade do calcário é determinada pela análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Quais as deficiências nutricionais comumente observadas (Macro e micronutrientes)? Boro e Zinco

Descrever preparo de solo/adubação de plantio: preparo convencional de solo utilizando aração com grade aradora. A subsolagem foi feita concomitantemente à abertura dos sulcos que receberam: 0,7 litros esterco de gado/ 1,7 litros de

esterco de galinha/ 330g termofosfoato/ 100g superfosfato simples/m linear de sulco. As aplicações foliares de micronutrientes associadas às aplicações de fungicida (yogen + cobre sandoz + folicur + adesivo); (ácido bórico + cobre sandoz + melaço + uréia + folicur + sulfato de zinco + adesivo) foram realizadas logo após o pegamento das mudas no campo.

A adubação é feita em função da análise de solo? Sim ( x ) Não ( )

Quem faz a recomendação de adubação? Pré-fixada ( ); Agrônomo Local ( ); Agrônomo da Coop.( ), Laboratório ( ); Outros ( x )

Faz adubação orgânica? Sim ( x ) Não ( )

Quais são as fontes utilizadas? Esterco de gado, húmus de minhoca, palha e casca de café, cinza vegetal e composto provenientes da propriedade. Esterco de galinha, chorume de porco e torta de mamona comprados. Adubação verde com crotalária, soja, guandú, lab lab e girassol.

Periodicidade: 2 aplicações/ano e adubação verde em dezembro

Quantidade média de adubo químico e/ou orgânico (g ou kg/cova) ou calcário (t/ha ou g/cova)

| | Calcário | Adubo químico | Adubo orgânico |
|---|---|---|---|
| 1997 | ( 3t/ha ) | (500g/cova/ano ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |
| 1998 | ( nada ) | ( não utilizou ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |
| 1999 | ( nada ) | ( não utilizou ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |

A adubação orgânica é feita na superfície ou enterrada? superficial

Em faixas dos dois lados ( x ) ou em faixa de um só lado ( )

Em sulco dos dois lados ( ) ou sulcos de um só lado ( )

Outro tipo: adubação líquida com chorume de porco

| Forma de aplicação: | Aplic. manual | Aplic. mecaniz. | Costal manual |
|---|---|---|---|
| Calcário | ( x ) | ( x ) | ( ) |
| Adubo orgânico | ( x ) | ( ) | ( ) |
| Micronutrientes | ( ) | ( ) | ( x ) |

✓ Quanto representa a parte nutricional no custo de produção (calcário, adubação orgânica, adubação química e micronutrientes incluindo o que é gasto com a aplicação)? 30-40%

✓ Observou-se alguma forma de manejo da lavoura ou algum trato cultural que possa influir no comportamento nutricional da lavoura?

Controle de invasoras feito através de capina manual com enxada, roçadeira e/ou foice visando roçar o mato, contribuiu para a formação de excelente cobertura do solo. Manejo de formação da lavoura: nos 1° e 2° anos pós-plantio (96 e 97) constou de pulverizações foliares e utilizou-se também o biofertilizante supermagro. A adubação de manutenção na lavoura foi feita com composto, húmus, esterco de galinha, chorume de porco e Yoorin-Master.

## ANEXO 09 - LEVANTAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DA LAVOURA SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAFÉ CONVENCIONAL

Avaliadora: Vanessa Cristina de Almeida Theodoro
Ano 1999/ Data da amostragem: 08/08/99

### 1.IDENTIFICAÇÃO

Nome do proprietário: Armando Leite Naves
Propriedade: Fazenda Taquaril
Administrador (nome): o mesmo

### 2.CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE/TALHÃO (*)

Altitude do talhão: 1.050m
Área do talhão: 1,74ha
Idade do talhão (data de plantio): 5 anos
Variedade do talhão: Acaiá (MG 474-19)
Espaçamento do talhão: 2,0 x 0,5m
Nº de covas do talhão: 10.882
Face do talhão: oeste
Tipo de solo (aproximado): Latossolo Vermelho-Escuro
(*) (Talhão deve apresentar o padrão médio da lavoura, e ter idade de 4 a 9 anos)

### 3.PRODUTIVIDADE DO TALHÃO

Qual a produtividade média da lavoura nos últimos anos?

- O produtor não faz controle da produtividade por talhão na propriedade.

### 4. CALAGEM/ADUBAÇÃO DO TALHÃO

Faz análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Periodicidade: anual
Faz análise foliar? Sim ( x ) Não ( ) Periodicidade: bianual
A quantidade do calcário é determinada pela análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Quais as deficiências nutricionais comumente observadas (macro e micronutrientes)? Boro e Zinco.
Descrever preparo de solo/adubação de plantio: preparo convencional do solo (aração + gradagem). As adubações de plantio, formação e produção foram realizadas de acordo com análise de solo e levando-se em consideração as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (1989). A adubação de plantio foi feita em sulco utilizando-se calcário (200g/ml sulco), superfosfato simples ou fosmag (200g/ml sulco) e/ou termofosfato (150-400g/ ml sulco), e coberturas com uréia e sulfato de amônio, em aplicações sob a copa

do cafeeiro, no período chuvoso em 3-4 parcelamentos entre out.-nov. e março-abril.

A adubação é feita em função da análise de solo? Sim ( x ) Não ( )
Quem faz a recomendação de adubação?
Pré-fixada ( ); Agrônomo Local ( x ); Agrônomo da Coop.( ), Laboratório ( ); Outros ( )
Os adubos aplicados são formulados ou adubos simples? formulados
Quais as fórmulas usadas?(20-05-20) Quais adubos simples? (uréia e sulfato de amônio)
Faz adubação orgânica? Sim ( x ) Não ( )
Quais são as fontes utilizadas? Casca de café própria
Periodicidade: bianual
Quantidade média de adubo químico e orgânico (g ou Kg/cova) ou calcário (kg/ha ou g/cova)

| | Calcário | Adubo químico | Adubo orgânico |
|---|---|---|---|
| 1997 | ( 2t/ha ) | (600g/cova/ano ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |
| 1998 | ( nada ) | (600g/cova/ano ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |
| 1999 | ( nada ) | (600g/cova/ano ) | ( 5,0-10,0 l/cova ) |

A adubação química é feita em quantos parcelamentos? Sim (3-4)
A adubação orgânica é feita na superfície ou enterrada? superficial
Local da adubação química: Lateral ( x ) ou sob as plantas ( )
Em faixas dos dois lados ( ) ou em faixa de um só lado ( x )
Em sulco dos dois lados ( ) ou sulcos de um só lado ( )

| Forma de aplicação: | Aplic.manual | Aplic.mecaniz. | Costal manual |
|---|---|---|---|
| Calcário | ( ) | ( x ) | ( ) |
| Adubo orgânico | ( x ) | ( ) | ( ) |
| Adubo químico | ( x ) | ( ) | ( ) |
| Micronutrientes | ( ) | ( ) | ( x ) |

✓ Quanto representa a parte nutricional no custo de produção (calcário, adubação orgânica, adubação química e micronutrientes incluindo o que é gasto com a aplicação)? 40-50%

✓ Observou-se alguma forma de manejo da lavoura ou algum trato cultural que possa influir no comportamento nutricional da lavoura? não