

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS COM CAFEIRO EM  
LAVRAS - MG**

**BRUNO GRANDI SALGADO**

2004

**BRUNO GRANDI SALGADO**

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS COM CAFEIEIRO EM  
LAVRAS - MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

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

Salgado, Bruno Grandi

Caracterização de sistemas agroflorestais com cafeeiro em Lavras – MG /  
Bruno Grandi Salgado. -- Lavras : UFLA, 2004.

115 p. : il.

Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Sistema agroflorestal. 2. Agrossilvicultura. 3. Coffea arábica. 4. *Grevillea*  
robusta. 5. *Inga vera*. 6. Doença. 7. Café. 8. Produtividade. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73  
-634.99

**BRUNO GRANDI SALGADO**

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS  
COM CAFEIEIRO EM LAVRAS - MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 26 de fevereiro de 2004

Pesq. Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga

EPAMIG

Prof. Dr. Nelson Venturin

DCF/UFLA



Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo  
DCF/UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

**A todas as pessoas  
que fazem da Natureza  
a sua própria casa.**

**Ofereço,**

**A minha mãe Lúcia Grandi Salgado, exemplo de força e amor.**

**A minha mulher Marli e minha filha Laís.**

**A todos que me ajudaram nessa caminhada...**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências Florestais, por todas as oportunidades de conhecimento oferecidas.

Ao senhor Alberico Alves Pereira por acreditar que é possível fazer diferente e por abrir as portas de seus cafeeiros arborizados para a pesquisa.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador, professor Renato Luiz Grisi Macedo, pela sua amizade, confiança e pela orientação nesse trabalho.

Aos pesquisadores Maria Inês Nogueira Alvarenga e Vicente Luiz de Carvalho pela ajuda essencial na condução desse trabalho.

Ao professor José Roberto Soares Scolforo pela oportunidade de conhecer a Amazônia.

A minha irmã e pesquisadora Mírian Salgado por toda a ajuda ao longo desses anos.

A todos que me ajudaram neste trabalho: Eduardo, Marília, Janáina, Lícia, Adriano, Maria Inês, Gabriel, Emílio, Ednaldo, Jozébio, Tadário, Marcelo e Anderson Cenzinho.

A tantos amigos que compartilharam esse caminho até aqui.

## SUMÁRIO

|  | Página |
|--|--------|
| RESUMO.....  | i      |
| ABSTRACT.....  | ii     |
| CAPÍTULO 1.....  | 1      |
| 1. Introdução Geral .....  | 1      |
| 2. Referencial Teórico.....  | 3      |
| 2.1. Os Sistema Agroflorestais.....  | 3      |
| 2.2. O cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> L.).....   | 7      |
| 2.3. Cafeeiros em sistemas consorciados .....  | 8      |
| 2.3.1. Adaptações ecofisiológicas .....  | 12     |
| 2.4 Nutrição dos cafeeiros.....  | 14     |
| 2.5 Fertilidade dos solos.....   | 15     |
| 2.6 As principais doenças do cafeeiro .....  | 18     |
| 2.6.1. Ferrugem do cafeeiro ( <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.).....  | 18     |
| 2.6.2. Cercosporiose do cafeeiro ( <i>Cercospora coffeicola</i> Berk. & Cook).....   | 20     |
| 2.7 Os componentes arbóreos.....   | 21     |
| 2.7.1 Ingazeiro ( <i>Inga vera</i> Willd.).....  | 21     |
| 2.7.2 Grevilea ( <i>Grevilea robusta</i> Cunn.).....   | 22     |
| 3 Referências Bibliográficas .....   | 25     |
| CAPÍTULO 2: Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro<br>consorciado com grevilea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras- MG..... | 36     |
| 1 Resumo .....   | 36     |
| 2 Abstract.....  | 37     |
| 3 Introdução .....   | 38     |
| 4 Material e métodos.....  | 40     |
| 4.1 Caracterização do local de estudo .....  | 40     |
| 4.2 Histórico do local de estudo .....   | 43     |
| 4.3 Delineamento Experimental.....   | 44     |
| 4.4 Avaliação da ferrugem e da cercosporiose .....   | 44     |
| 4.5 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).....   | 45     |
| 4.6 Correlação das doenças com dados climáticos .....  | 46     |
| 5 Resultados e Discussão .....   | 47     |
| 5.1 Ferrugem do cafeeiro .....   | 47     |
| 5.1.1 Correlação da incidência de ferrugem com variáveis climáticas .....  | 51     |
| 5.2.1 Correlação da incidência de cercosporiose com variáveis climáticas.....  | 57     |
| 6 Conclusões.....  | 60     |
| 7 Referências Bibliográficas .....   | 61     |
| CAPÍTULO 3 : Caracterização de sistemas agroflorestais com cafeeiro<br>em Lavras, Minas Gerais.....  | 64     |
| 1 Resumo .....   | 64     |

|  |     |
|--|-----|
| 2 Abstract.....  | 65  |
| 3 Introdução .....   | 66  |
| 4 Material e Métodos .....   | 67  |
| 4.1 Caracterização do local de estudo .....                                    | 67  |
| 4.2 Delineamento Experimental .....  | 67  |
| 4.3 Produtividade dos Cafeeiros.....   | 68  |
| 4.4 Avaliações Fitotécnicas.....   | 68  |
| 4.5 Avaliações Nutricionais .....  | 69  |
| 4.6 Avaliação da fertilidade dos solos.....                                    | 71  |
| 4.7 Correlação entre a fertilidade dos solos e a nutrição dos cafeeiros.....   | 72  |
| 4.8 Avaliações Silviculturais.....   | 72  |
| 5 Resultados e Discussão .....   | 74  |
| 5.1 Produtividade dos Cafeeiros.....   | 74  |
| 5.2 Avaliações Fitotécnicas.....   | 78  |
| 5.3 Avaliações nutricionais .....  | 81  |
| 5.4 Avaliação da fertilidade do solo.....                                      | 87  |
| 5.5 Correlações entre a fertilidade dos solos e a nutrição dos cafeeiros ..... | 93  |
| 5.5.1 Cafeeiros a pleno sol .....  | 93  |
| 5.5.2 Cafeeiros x grevilea.....  | 93  |
| 5.5.3 Cafeeiros x ingazeiros .....   | 94  |
| 5.5.4. Discussão geral das correlações .....                                   | 94  |
| 5.6 Avaliações Silviculturais.....   | 100 |
| 5.6.1 Ingazeiros.....  | 100 |
| 5.6.2 Grevilea.....  | 102 |
| 6 Conclusões .....   | 104 |
| 7. Considerações gerais.....   | 106 |
| 8 Referências Bibliográficas .....   | 108 |

## RESUMO

SALGADO, Bruno Grandi. **Caracterização de sistemas agroflorestais com cafeeiro em Lavras - MG.** 2004. 115 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras.<sup>1</sup>

Com o objetivo de caracterizar sistemas agroflorestais em Lavras, foram estudados consórcios cafeeiro x ingazeiro ( I ), cafeeiro x grevilea ( G ) e cafeeiros a pleno sol ( P ), onde foram avaliadas as doenças ferrugem e a cercosporiose do cafeeiro; as características químicas do solo; a nutrição, a produtividade, as características fitotécnicas dos cafeeiros e as características silviculturais das árvores. Os cafeeiros são da cultivar Mundo Novo e foram recepados a cinco anos. Os ingazeiros (15 anos), foram plantados juntamente com o cafeeiro. A grevilea (9 anos) foi introduzida posteriormente nas linhas do cafeeiro. As doenças foram avaliadas por dois anos ( abril/01 a março/03); a produtividade, em agosto de 2003, e posteriormente a fertilidade dos solos (camada de 0-20 cm) e análise foliar dos cafeeiros (set/03). As medições das árvores e dos cafeeiros foram realizadas em maio de 2003. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete repetições. Em (I) a incidência de ferrugem foi superior a ( G ) e ( P ). Maiores incidências de cercosporiose ocorreram em ( P ); em ( G ) a incidência foi média e em (I) menor. A produtividade de "café da roça" foi maior em ( I ) e a produtividade de "café beneficiado" não apresentou diferenças significativas entre os sistemas. Solos em ( P ) apresentaram maiores valores de Ca, SB, ( t ) e MO, enquanto P, K, Mg, pH, V e H+Al não apresentaram diferenças significativas. O sistema (G) apresentou melhor nutrição, seguido de ( P ) e ( I ), pelo índice de desvio percentual do ótimo (DOP). Correlações entre variáveis nutricionais e edáficas apresentaram comportamento distinto entre os sistemas. Menores valores para ramos plagiotrópicos e diâmetro do caule e maiores valores de área foliar dos cafeeiros foram observados no sistema ( I ). No sistema ( I ) as árvores possuem, em média, altura de 12,64 m, DAP de 77,34 e área de copa de 176,20m<sup>2</sup>. No sistema ( G ) as árvores possuem as médias: altura de 8,74 m, DAP de 23,9 cm e área de copa de 26,07m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo - UFLA ( orientador ); Maria Inês Nogueira Alvarenga & Vicente Luiz de Carvalho - EPAMIG

## ABSTRACT

SALGADO, Bruno Grandi. **Characterization of agroforestry systems with coffee tree in Lavras – MG. 2004. 115 p. Dissertation (Master Science in Forestry Engineering) Universidade Federal de Lavras, Lavras.**<sup>2</sup>

Agroforestry systems, coffee plant x ingazeiro (I), coffee plant x grevilea (G) mixtures and coffee in the full sunshine, in Lavras, were studied. Diseases rust and coffee tree cercosporiose, the chemical characteristics of soil, nutrition, yield and the performance characteristics of coffee trees and silvicultural characteristics of trees were evaluated. The coffee trees are of the cultivar Mundo Novo and were lopped at five years. The Ingazeiros (15 years) were planted together with the coffee tree. The grevilea (9 years) was introduced afterwards in the coffee tree's row. The diseases were evaluated for two years (April /01 to March /03), yield in august 2003 and posterior to this, the evaluations of fertility of the soils (0-20cm layer) and leaf analysis of the coffee trees (September/03). The measurements of the trees and of the coffee plants were performed in May of 2003. The experimental design utilized was completely randomized with seven replicates. In (I) rust incidence was superior to (G) and (P). Higher cercosporiose incidences took place in (P), in (G), the incidence was average and less in (I). The yield of "café da roça" was higher in (I), the yield of "processed coffee" presented no significant differences among the systems. Soils in (P) presented values higher of Ca, SB, (t) and MO. The variables P, K, Mg, pH, V and H+ Al presented no significant differences. The system (G) showed the best nutrition, followed by (P) and (I), by the optimum percent deviation index (OPD). Correlations among nutritional and edaphic variables showed distinct behavior among the systems. In system (I), lower values for the plagiotropic branches and stem diameter and higher values of leaf area of the coffee plants were observed. In system (I) the trees possess, on average, 12,64 m in height , BHD of 77,34 and crown area of 176,20 m<sup>2</sup>. In system (G) the trees possess the means: height of 8,74m, BHD of 23,9 cm and crown area of 26,07 m<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Guidance Committee: Renato Luiz Grisi Macedo -UFLA (adviser), Maria Inês Nogueira Alvarenga & Vicente Luiz de Carvalho - EPAMIG.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo que a cultura cafeeira tem se expandido para várias regiões do país, o que leva à crescente demanda de pesquisa para a cultura, tanto com relação a sua adaptação a condições agroclimáticas quanto a técnicas de manejo que minimizem esses efeitos, como o sombreamento do cafeeiro com espécies arbóreas.

A lavoura cafeeira brasileira é normalmente cultivada a pleno sol, embora o cafeeiro seja originalmente uma espécie adaptada à sombra, sendo, assim, uma interessante alternativa o seu cultivo em sistemas onde há a consorciação com árvores (Pereira et al., 1998).

A busca por diferentes sistemas de cultivo da lavoura cafeeira visa um maior retorno econômico, aliado à melhor qualidade do produto final e a conservação dos recursos naturais.

Dentre os diversos sistemas produtivos, os cultivos de cafeeiros em sistemas orgânicos são um exemplo por se obterem aumentos de até 40% no valor da saca de café, além de se primar por uma relação menos agressiva ao meio ambiente, pela melhor qualidade da bebida do café e também por condições dignas de trabalho no campo (Theodoro, 2001).

Os sistemas agroflorestais (SAF's) vêm se destacando por apresentarem uma forma de uso da terra em que há uma maior otimização do espaço vertical da paisagem e onde cultivos arbóreos ou arbustivos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou animais numa mesma área, de maneira simultânea ou numa seqüência temporal.

A arborização coerente da lavoura cafeeira poderá promover condições

microclimáticas favoráveis a cultura, evitando danos da geada e excesso de calor (perda excessiva de água), além de proteger o solo contra processos erosivos e as plantas contra ações danosas do vento, sejam mecânicas, fisiológicas ou sanitárias.

A utilização de sistemas agroflorestais ainda possibilita ao produtor rural a obtenção de renda extra, seja com a utilização de consórcios com espécies frutíferas ou madeireiras, apicultura e cultivo orgânico ou com a utilização de espécies com alta produção de fitomassa, diminuindo a necessidade de adubações químicas e diminuindo o custeio da lavoura.

O presente estudo foi desenvolvido em uma propriedade particular no município de Lavras, onde se cultiva cafeeiros consorciados com as espécies grevilea (*Grevilea robusta* Cum.) e Ingazeiro (*Inga vera* Willd.), além de monocultivos de cafeeiro. Os objetivos desta pesquisa foram:

- Acompanhar o progresso da incidência da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro nos diferentes sistemas de cultivo;
- Avaliar características fitotécnicas, nutricionais e produtivas dos cafeeiros e características silviculturais das árvores nos diferentes sistemas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Os Sistema Agroflorestais**

A atividade agrícola vem buscando alternativas de produção com a finalidade de otimizar o uso da terra, preservar o solo e dinamizar a produção através da implantação de novos sistemas de produção. Dentre os diversos sistemas produtivos, os sistemas agroflorestais ou SAF's vem apresentando destaque, por apresentar formas de uso e manejo da terra em que árvores e arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou numa seqüência temporal (Dantas,1994; Dubois et al.,1996).

Vários pesquisadores já propuseram conceitos para os sistemas agroflorestais. Um deles, proposto por Nair, citado por MacDicken & Vergara (1990), preconiza as agroflorestas ou sistemas agroflorestais como um tipo de uso da terra que envolve a manutenção, introdução ou mistura de árvores ou outros cultivos perenes em sistemas de produção de culturas/animais, gerando benefícios resultantes de interações econômicas e ecológicas entre esses componentes. Os mesmos autores citaram também Bene et al., os quais propuseram que agrofloresta é um sistema de manejo sustentável da terra que aumenta a produção total, combinando cultivos agrícolas, fruteiras perenes e espécies florestais e/ou animais, simultaneamente ou seqüencialmente, aplicando práticas de manejo que são compatíveis com o padrão das populações locais e com as condições específicas de cada sistema implantado.

As técnicas agroflorestais têm sido desenvolvidas empiricamente e vêm sendo utilizadas há várias gerações pelos índios e o homem do campo em diferentes partes do mundo, mas só recentemente têm despertado interesse como atividade científica. De um modo geral, os sistemas agroflorestais têm sido apontados como de grande relevância em contribuir para o desenvolvimento de

comunidades rurais. No mundo tropical, tais técnicas têm sido utilizadas com eficácia, principalmente para atender às seguintes necessidades: a produção de alimentos associando cultivos agrícolas (arroz, milho, feijão, mandioca, etc.) com manejo de espécies florestais de valor; a provisão de sombra em cultivos de rendimento e exportação (café, cacau, etc.); a produção de lenha extraída do bosque secundário ou produzida tradicionalmente em cercas vivas e, recentemente, nas denominadas “plantações energéticas” combinadas com cultivos agrícolas ou pastagens; a valorização de pastagens naturais ou melhoradas, com a associação de árvores madeireiras que também protegem o solo, a pastagem e os animais (FAO, citado por Yerad et al., 1992).

Enfim, os sistemas agroflorestais são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras) são utilizadas em consorciação com cultivos agrícolas ou com animais em uma mesma área, de forma simultânea ou em uma seqüência temporal (Montagnini, 1992). A maioria dos autores emprega esta definição, porém não se trata de um conceito novo, haja visto que o termo sistemas agroflorestais, ou simplesmente SAFs, visa definir um conjunto de práticas de manejo de solo e de culturas já bastante utilizadas em regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo.

Segundo Macedo (1992), o princípio ecológico dos SAF's fundamenta-se na sustentabilidade dos sistema, denominada "biodinâmica da sobrevivência", em que há uma otimização do aproveitamento da energia solar vital através da multiestratificação diferenciada, em que as espécies exploram os perfis vertical e horizontal da paisagem, visando a utilização e recirculação dos potenciais produtivos dos ecossistemas.

Os sistemas agroflorestais, segundo Macedo et al, 2000, são considerados uma das alternativas de uso dos recursos naturais que normalmente causam pouca ou nenhuma degradação ao meio ambiente, principalmente por respeitarem os princípios básicos de manejo sustentável dos agroecossistemas.

Dentre as vantagens dos sistemas agroflorestais, pode-se citar que:

- a. a utilização de espécies com diversos requerimentos nutricionais e de luminosidade permite melhor exploração dos recursos naturais disponíveis (Montagnini, 1992; Lunz & Franke, 1998; Tsukamoto Filho, 1999);
- b. permitem manter ou melhorar a capacidade produtiva da terra (Lunz & Franke, 1998). Montagnini (1992) acrescenta que a manutenção da ciclagem de nutrientes aumenta ou, no mínimo, sustenta a produtividade. Além disso, a utilização de espécies fixadoras de nitrogênio e de outras que associam-se a micorrizas melhora o aproveitamento da fertilidade do solo;
- c. há menor necessidade de insumos, pois ocorre um reaproveitamento dos recursos intrínseco ao sistema, requerendo menos investimento externo (Lunz & Franke, 1998), haja visto um controle eficiente dos processos erosivos e um maior rendimento nas adubações (Macedo, Venturin e Tsukamoto Filho, 2000);
- d. há maior produtividade global (todos os componentes do sistema) por unidade de área, ou seja, maior eficiência no uso da terra (Mac Dicken e Vergara, 1990; Yared et al., 1992; Lunz & Franke, 1998; Tsukamoto Filho, 1999; Macedo et al., 2000);
- e. possibilitam melhor distribuição da mão-de-obra ao longo do ano (Yared, et al., 1992; Lunz & Franke, 1998; Tsukamoto Filho, 1999). Em áreas de produção agroflorestal, as tarefas de implantação, manejo e manutenção podem ser distribuídas ao longo de um período de tempo (Mac Dicken & Vergara, 1990) bem maior que no caso de cultivos agrícolas anuais ou bianuais;
- f. podem aumentar e melhorar a distribuição da renda familiar (Lunz & Franke, 1998) com a comercialização de diversos produtos ao longo do ano;
- g. conduzem a menores riscos econômicos para os produtores devido a uma maior diversificação da produção em cada propriedade (Mac Dicken &

fragilidades, em especial no âmbito da comercialização, o que expõe os cafeicultores aos impactos da forte variação de preços do produto, o que caracteriza ciclicamente seu mercado. Segundo previsões do Agriannual 2004, o Brasil apresentou safra recorde no ano 2002/2003, atingindo 48,8 milhões de sacas, das quais o Sul e Oeste de Minas produziram, em média, 25,97 sacas de café beneficiado por hectare (Agriannual, 2003).

Embora o Brasil seja o maior produtor mundial de café e o Estado de Minas Gerais, o maior produtor do país, constata-se que a cafeicultura nacional enfrenta uma série de adversidades climáticas. Matiello (1986) e Küpper (1983) destacam o efeito marcante das geadas, ventos, secas e veranicos sobre a sua produtividade. Segundo esse último autor, temperaturas médias anuais entre 18 e 22,5°C caracterizam a faixa apta para a cultura. Esses autores destacam que os efeitos do vento e excesso de calor ou de frio podem ser amenizados por uma arborização adequada do cafezal.

\* Na maioria dos países, o café é produzido em sistemas sombreados, com exceções da Colômbia, do Brasil e de regiões da Costa Rica. Os cafés produzidos na Etiópia, Sumatra, Nova Guiné e Timor são praticamente todos cultivados sob sombra. Na América Latina, os cafés do sul do México, norte da Nicarágua, El Salvador, Peru, Panamá e Guatemala são todos cultivados sob sombra. Além disto, a maioria do café orgânico certificado produzido mundialmente é cultivado sombreado, enquanto no Brasil o cultivo é a pleno sol (Moreira, 2003).

### → 2.3. Cafeeiros em sistemas consorciados

O cafeeiro permite que sejam realizados plantios com outras culturas de maior porte, as quais lhe promoverão uma condição favorável, podendo evitar os danos das geadas; além de protegerem o solo; agirem contra prejuízos causados

pelo vento, sejam mecânicos, fisiológicos ou sanitários, e também contra o excesso de calor, reduzindo as perdas de água (Freitas,2000).

A arborização racional do cafeeiro feita com espécies adequadas pode constituir uma prática recomendável nas várias regiões cafeeiras do Brasil. Em áreas sem deficiência hídrica elevada e sujeitas à ocorrência de geadas severas, como as encontradas no norte do Paraná, São Paulo, Mato Grosso e sul de Minas Gerais, a seringueira (*Hevea brasiliensis*), grevilea (*Grevilea robusta*), farinha sêca (*Peltophorum vogeliamum*) ou mesmo o abacateiro (*Persea americana*) parecem ser as espécies indicadas e de menor concorrência com o cafeeiro (Fernandes, 1986).

Embora o cafeeiro seja normalmente cultivado a pleno sol, a espécie *Coffea arabica* L. é originalmente uma espécie adaptada à sombra, sendo que as plantas sombreadas apresentam taxas fotossintéticas substancialmente superiores àquelas mantidas em plena luz solar (Pereira et al., 1998).

Segundo estudo realizado por Glover (1981), na Costa Rica, as árvores utilizadas no sombreamento são predominantemente da família Leguminosae, sendo as mais comuns o *Inga spp*, *Erythrina spp* e *Gliricidia sepium*. Em adição a essas árvores, espécies frutíferas e madeiráveis são, muitas vezes, encontradas crescendo juntamente ao café. Outro ensaio realizado por Vilas Bôas et al.(2000) envolvendo um consórcio de *Pinus* com café, observou-se que, de um modo geral, não há interferência da cultura intercalar sobre o crescimento em altura e DAP do *Pinus* e que a produção individual de café não se alterou em virtude do consórcio até cinco anos de idade.

A viabilidade de sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro tem sido constatada em diversas pesquisas e plantações já conduzidas. Nesses sistemas agroflorestais, a presença da seringueira reduz os efeitos danosos da geada e ventos e ainda se apresenta como diversificador da produção com a extração de borracha (Pereira et al., 1998).

A espécie *Grevilea robusta* Cunn. vem sendo introduzida junto a cafeeiros desde a década de 70, principalmente no estado do Paraná, com a função de quebra-ventos e proteção contra geadas, embora a generalização do uso da grevilea não significa que esta espécie é mais adequada para a arborização. Várias espécies nativas do Brasil apresentam características desejáveis a arborização, principalmente as leguminosas fixadoras de nitrogênio, necessitando de estudos para tais espécies (*Inga spp.*, *Erythrina spp.*, *Acacia spp.*, *Mimosa scabrella*, etc.) (Baggio et al., 1997).

Santos et al.(2000), estudando a viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea e cafeeiro na região norte do Paraná, concluíram que a utilização de grevilea nos cafezais é altamente positiva do ponto de vista do aumento da rentabilidade da atividade e da tranquilidade do produtor, já que a madeira pode representar uma poupança ao longo do ciclo da cultura cafeeira, assegurando a continuidade desta atividade por meio do pagamento da reforma da lavoura cafeeira com a venda da madeira.

Em ensaio de arborização do cafezal com *Grevilea robusta*, na fazenda experimental de Varginha, M.G., a 1000m de altitude, observou-se após uma geada severa ( -1°C ), uma proteção total das plantas na área de café arborizado, em relação à área próxima, sem arborização, onde os cafeeiros foram atingidos em folhas e ramos. A proteção foi obtida nos cafeeiros existentes em um raio de 8 m a partir de cada grevilea. (Matiello et al.,1994).

Segundo Baggio et al.(1997), a densidade de 71 árvores de grevilea por hectare em consórcio com cafeeiros mostrou-se muito eficiente, aumentando a produtividade econômica do sistema, além de propiciar efetiva proteção aos cafeeiros contra a geada. O espaçamento de plantio das árvores foi de 10 x 14 m.

Estudos econômicos em Sistemas Agroflorestais em Rondônia, envolvendo café conilon (*Coffea canephora*) e bandarra (*Schizolobium amazonicum*), revelam que após 13 anos de implantado o sistema e tendo sido

colhidas 10 safras de café, o corte de 40 árvores de bandarra / ha renderia o equivalente a 30% da renda bruta total obtida com as dez safras de café conilon (Aviles & Lima, 1995).

Estudos realizados por Rodrigues (2000), em Rondônia, revelam que os sistemas agroflorestais com café acumulam carbono ao longo do tempo e que podem recuperar quantidades perdidas durante a derrubada e queima de florestas primárias. Os sistemas agroflorestais estudados podem funcionar como unidades de estoque de carbono, recuperando entre 54% e 82% do C contido na floresta, num período de 15 anos. Nos sistemas agroflorestais estudados, que são o café x bandarra (*Schizolobium amazonicum*) e o café x seringueira (*Hevea brasiliensis*), ambos aos 12 anos, o estoque de carbono encontrado acima do solo, foi equivalente a 65,7% e 43,6% do carbono contido na floresta, respectivamente.

Segundo Pezzopane et al.(2000), em estudos comparando medidas microclimáticas da temperatura do ar e velocidade do vento em cultivo de café consorciado com coqueiro anão-verde e a pleno sol, chegaram a resultados que mostram modificações significativas do microclima causadas pela consorciação da cultura do café. Os valores mensais da temperatura permanecem de 0,1 até 1,8 °C menores que em relação ao cultivo a pleno sol. A temperatura mínima mensal do ar permanece até 1,0 °C mais elevada no sistema consorciado, sendo que este valor pode atingir diferenças de até 3,0 °C em noites de resfriamento intenso. A velocidade do vento sofre uma redução no cultivo consorciado que varia entre 90 e 99%.

Em estudos realizados no sudoeste da Bahia avaliando o efeito do sombreamento da copa de gréveia em relação à condição hídrica do solo em cafezais, mostram diferentes taxas de infiltração de água no solo, com tendência de maior umidade do solo naqueles locais sombreados pelas árvores (Matsumoto et al., 2001).

A inserção do cafeeiro em sistemas agroflorestais pode modificar o manejo da lavoura cafeeira, reduzindo a utilização de insumos, a realização de capinas e a aplicação de defensivos, por exemplo. Enfim, pode prover vantagens econômicas, ecológicas e até mesmo sociais em relação ao sistema tradicional de produção de café.

### 2.3.1. Adaptações ecofisiológicas

Os mecanismos fisiológicos responsáveis pelas diferenças entre plantas adaptadas à sombra e ao sol ainda não estão suficientemente esclarecidos. Folhas de espécies adaptadas à sombra geralmente contêm mais clorofila, em peso, embora menos por área, pois geralmente são mais finas. Essa riqueza em clorofila nas folhas de plantas adaptadas ao sombreamento, combinada com a redução da espessura da folha, pode tornar mais eficiente a utilização da luz. Em algumas plantas, como é o caso do café, a eficiência quântica das folhas sombreadas geralmente é maior que a das expostas ao sol (Kozlowski et al., 1991).

As folhas de cafeeiro são adaptadas a uma larga faixa de luminosidade. O tamanho da folha aumenta com sombreamento moderado, sendo reduzido com níveis de luz muito baixos. A taxa de área foliar aumenta com o nível de sombreamento, aparentemente devido ao aumento da área foliar específica. A proporção de alocação de matéria seca para as raízes, medida pela relação raízes/ramos, diminui um pouco com o aumento dos níveis de sombreamento e com a idade da planta (Maestri & Gomes, 1961; Huxley, 1967; citados por Rena et al., 1994).

Sendo o cafeeiro uma planta  $C_3$ , suas folhas iluminadas apresentam um tipo adicional de oxidação de compostos orgânicos, além da respiração, conhecido como fotorrespiração, que representa uma perda extra de matéria seca

da ordem de 25% a 50%. Esse processo fotorrespiratório aumenta muito com a elevação da temperatura foliar, o que ocorre, por exemplo, quando a folha do cafeeiro é iluminada. Nessas condições, o ponto de compensação do CO<sub>2</sub>, que normalmente já apresenta valor bastante alto no cafeeiro, torna-se ainda maior, sendo essa a principal razão pela qual o cafeeiro e a maioria das plantas C<sub>3</sub> adaptam-se melhor às condições de temperaturas amenas e luminosidade mais baixa (Rena & Maestri, 1986).

As taxas fotossintéticas de cafeeiros crescidos à sombra e à plena luz solar foram comparadas por Kumar & Tieszen (1980), os quais observaram que a irradiância saturante foi de 300  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  nas plantas à sombra e de 600  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  nas plantas ao sol. Contudo, as plantas sombreadas apresentaram taxas fotossintéticas substancialmente maiores. Quando a temperatura foi mantida constante a 25°C, não se observou redução na fotossíntese, mesmo a 1200  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Juntamente com a resistência estomática, o aumento da resistência mesofílica é outro fator que influi negativamente nas taxas fotossintéticas do cafeeiro. Amaral (1991) observou um aumento na resistência mesofílica, especificamente no que se refere à resistência bioquímica, provocado por temperaturas inferiores a 12,5°C. Kumar & Tieszen (1980) observaram grandes diminuições na fotossíntese líquida entre 25 e 35°C, apesar de a condutância estomática não sofrer grandes variações, sendo a grande diminuição da condutância mesofílica, acima de 20°C, considerada a causa da queda da taxa fotossintética. Outros resultados mostram evidências de que o processo fotossintético no cafeeiro é beneficiado somente até 34°C, no máximo (Rena & Maestri, 1986).

Em suma, pode-se dizer que o cafeeiro tem capacidade de se adaptar às variações do ambiente. As folhas são as que primeiro apresentam alterações, influenciadas diretamente pela luz e pela temperatura. Estudos mostram que a

folha de café fotossintetiza menos quando exposta à plena luz solar do que à luz difusa; no entanto, isso não se reverte em menor crescimento para o cafeeiro. Plantas de café cultivado a pleno sol produzem mais folhas que aquelas à sombra e, conseqüentemente, mais carboidratos. O sombreamento apresenta vantagens como menor desfolha nos cafeeiros e aumento da longevidade destes (Campanha et al., 2000).

## **2.4 Nutrição dos cafeeiros**

A sustentabilidade biológica dos sistemas de produção agroflorestal está diretamente relacionada com a capacidade suporte dos agroecossistemas que os sustentam, a qual é determinada principalmente pelos fatores de produção disponíveis, principalmente aqueles responsáveis pelo suprimento nutricional exigido para o estabelecimento, crescimento e produção dos vários componentes vegetais arbóreos perenes que compõem os sistemas agroflorestais (Macedo, 2000).

As folhas são consideradas como o foco das atividades fisiológicas dentro das plantas. Alterações na nutrição mineral são, de certa forma, refletidas nas concentrações dos nutrientes nas folhas. A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de que existe uma relação significativa entre o suprimento de nutrientes e os níveis dos elementos e que aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com produções mais altas ou mais baixas, respectivamente (Evenhuis & Ward, 1980; Malavolta, 1989).

Dentre os vários tecidos vegetais possíveis de serem analisados, a folha tem sido preferida, pois é o centro das atividades fisiológicas da planta. Além de ser o local da produção de carboidratos pela fotossíntese, ela desempenha importante função no metabolismo de muitos constituintes e é também o principal local para onde são transportados os nutrientes absorvidos pelas raízes.

Consequentemente, as folhas são potencialmente o componente mais adequado para diagnosticar qualquer deficiência ou excesso no suprimento de nutrientes pelo solo (Leite, 1993).

A disponibilidade de nutrientes no solo é um dos principais fatores que influenciam o nível de nutrientes na folha, embora outros fatores possam estar relacionados com esses teores de nutrientes no tecido vegetal, como o clima, o genótipo, a disponibilidade de outros nutrientes, o manejo e a amostragem (Leaf 1973, citado por Leite, 1993).

Macedo (2000), destaca a análise foliar como uma ferramenta útil na difícil tarefa de avaliar o estado nutricional dos sistemas agroflorestais, principalmente quando acompanhada de sintomas visuais de deficiência de nutrientes e do crescimento da planta.

As deficiências minerais, segundo Kramer & Kozlowski (1960) provocam alterações nos processos bioquímicos e fisiológicos que, por sua vez, levam freqüentemente às alterações morfológicas ou sintomas visíveis; todavia é geralmente difícil determinar com exatidão qual a que produz cada um dos efeitos observados, em virtude das complexas interações existentes. Em regra, a deficiência mineral acarreta redução tanto da síntese dos hidratos de carbono como do respectivo transporte para os tecidos em crescimento. Com freqüência, a fotossíntese e a respiração são afetadas.

Evenhuis & Ward (1980) consideram ainda que o declínio do vigor da árvore, correlacionado com a carência de minerais disponíveis, aumenta, com freqüência, a susceptibilidade às doenças.

## **2.5 Fertilidade dos solos**

O desenvolvimento de uma cultura é reflexo de vários fatores, dentre os quais a disponibilidade de nutrientes em quantidades suficientes é de fundamental importância na sua produção final (Moyses, 1988).

## **2.6 As principais doenças do cafeeiro**

Os cafeeiros estão sujeitos ao ataque de várias doenças. A intensidade de ataque e os prejuízos econômicos causados por essas doenças variam de região para região ou mesmo dentro de uma mesma região. Isso ocorre devido às variações dos fatores que atuam sobre os patógenos, os cafeeiros e sobre o ambiente. A busca constante de altas produtividades leva o agricultor a usar intensivamente os defensivos químicos, procurando erradicar as doenças das lavouras, na maioria das vezes com prejuízos ao ecossistema.

Na cafeicultura, a integração de várias práticas de manejo pode ser empregada, com possibilidade de reduzir o número de aplicações e/ou doses de produtos químicos para o controle das doenças, ou mesmo evitar seu uso, sem causar prejuízos à produtividade, com redução de risco para o meio ambiente e para o homem (Carvalho & Chalfoun, 1998).

A caracterização da intensidade da doença no tempo é de fundamental importância em epidemiologia para descrever e entender a dinâmica da doença, bem como para avaliação de tratamentos. Uma das formas mais usuais para se quantificar a ocorrência de doenças é através da análise da curva de progresso, que é uma seqüência ordenada de valores de doença no decorrer do tempo (Campbell & Madden, 1990; Madden & Hughes, 1995; Talamini, 1999).

### **2.6.1. Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)**

A ferrugem, na maioria das regiões produtoras do Brasil, é considerada a principal doença do cafeeiro que causa danos econômicos à cultura, podendo ocasionar a redução de 20 a 30% na produtividade (Zambolim et al., 1985).

Dentre as condições ambientais ideais para o desenvolvimento da doença, destacam-se temperaturas na faixa de 20 a 24°C com presença de água para germinação dos esporos, chuvas freqüentes e sombreamento, espaçamentos

mais fechados, adubação e tratos culturais inadequados (Matiello, 1991).

Um ponto importante para que ocorra uma epidemia de ferrugem nos cafezais é a alta densidade de hospedeiros suscetíveis. Nas grandes áreas, ou mesmo em regiões inteiras com plantios de café, em que se usam variedades suscetíveis como o "Catuai" e "Mundo Novo", o desenvolvimento da doença é favorecido pois o potencial de inóculo será maior e a sua disseminação entre as lavouras será mais fácil (Carvalho & Chalfoun, 1998).

O fungo da ferrugem necessita de água livre, temperatura na faixa de 21 a 23°C e ausência de luz direta para germinação e penetração dos uredosporos pelos estômatos da folha. A temperatura atua diretamente sobre o processo de germinação e infecção do fungo e, depois do fungo estabelecido, influencia a incubação e a latência. Outro fator climático, a luminosidade, pode atuar tanto diretamente, sobre a germinação dos uredosporos, como indiretamente em relação às condições microclimáticas de umidade e temperatura (Almeida, 1986).

O aumento do número de plantas por unidade de área muda o ambiente ao redor da planta, formando um novo microclima, que interfere, entre outros fatores, na incidência e severidade das doenças (Carvalho et al., 1999).

Para o acompanhamento da ocorrência da ferrugem do cafeeiro, recomenda-se coletar cinco a dez folhas por planta do terceiro ou quarto par no terço médio da planta. Deve-se fazer a contagem do número de folhas com ferrugem e calcular a incidência. A incidência mostra o progresso da doença na lavoura (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Estudo realizado por Souza (1980) em duas regiões do estado de Minas Gerais, na Zona da mata e Sul de Minas Gerais, nos anos de 1973 a 1978, concluiu que incidências máximas ocorreram nos meses de maio a julho no Sul de Minas e de maio a junho na Zona da Mata.

Talamini (1999), avaliando a incidência da ferrugem de cafeeiros adultos (12 anos) submetidos a diferentes parcelamentos de adubação e diferentes

épocas de início de irrigação por gotejamento, concluiu que não houve influência na incidência da ferrugem. Segundo o mesmo trabalho, a incidência da ferrugem do cafeeiro aumentou com a redução das temperaturas mínima e média, a precipitação e a umidade relativa do ar.

### **2.6.2. Cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook)**

A cercosporiose, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cook, também conhecida como "mancha-de-olho-pardo", é uma das doenças mais antigas do cafeeiro, tanto na América do Sul como América Central. No Brasil, as primeiras referências de seu aparecimento ocorreram por volta de 1887. Hoje encontra-se disseminada por todas as regiões cafeeiras do Brasil e do mundo. Com a implantação das lavouras na região dos cerrados ou em solos de baixa fertilidade natural e alterações nas condições de clima que se tornam mais adversas aos cafeeiros, os prejuízos com a doença ganharam maior importância econômica, pois há uma grande relação entre o ataque da cercospora, a nutrição mineral das plantas e os fatores climáticos (Carvalho & Chalfoun, 1998).

Segundo Miguel et al.(1986), a partir de 1971 ocorreram ataques intensos da doença no campo, chegando a causar perdas de 30 % na produção, principalmente em lavouras com nutrição deficiente e/ou desequilibrada.

Segundo Echandi (1959), observações efetuadas em plantações de café a pleno sol indicaram que quando ocorreu o período seco prolongado no transcorrer de uma estação chuvosa, a doença provocou grandes perdas. Os efeitos da cercosporiose se mostraram mais evidentes em solos com pouca capacidade de reter umidade, indicando que condições de déficit hídrico favoreceram o desenvolvimento do fungo e provocaram um grande aumento na taxa de progresso da doença em curto espaço de tempo.

Em lavouras adultas, além das condições climáticas já citadas, também a nutrição deficiente e/ou desequilibrada, solos argilosos, arenosos ou compactados, assim como sistema radicular deficiente e pião torto, são fatores que favorecem o aparecimento da doença. Os desequilíbrios de N/K também podem favorecer o desenvolvimento da doença. Lavouras com deficiência de N ou excesso de K sofrerão maiores ataques da doença (Carvalho & Chalfoun, 1998).

De acordo com Fernades-Borrero et al. (1996), a desfolha é a principal consequência da doença, podendo ocasionar grandes perdas na produção pela infecção de folhas e frutos, além de reduzir a qualidade dos grãos.

## **2.7 Os componentes arbóreos**

### **2.7.1 Ingazeiro (*Inga vera* Willd )**

O Sistema Agroflorestal estudado, além da presença da cultura do café, é composto por árvores de Ingá - *Inga vera* Willd – da família Mimosaceae, conhecida popularmente por Ingá, angá ou ingazeiro.

O ingazeiro floresce durante os meses de agosto a novembro e a maturação dos frutos ocorre nos meses de dezembro a fevereiro. É uma árvore semidecídua, pioneira, seletiva higrófito, característica de planícies aluviais e beiras de rios de florestas tropicais pluviais, ocorrendo também em florestas latifoliada semidecídua, porém exclusivamente à beira dos rios (Pio Correa, 1978).

O Ingá é uma espécie heliófila, tolera sombra moderada quando jovem, tem um hábito de crescimento geralmente irregular, com ramificação pesada e sem dominância apical. A desrama não ocorre naturalmente, sendo necessárias podas de condução. O tronco geralmente é tortuoso, fuste curto, com ramificações ascendentes e irregulares; tem copa característica, ampla e

arredondada, desfoliada, com até 18m de diâmetro (Carvalho,1994).

As espécies de *Ingá* apresentam flores que se enquadram na síndrome de polinização por morcegos e durante o dia várias espécies de beija-flor visitam estas flores, com possível participação na polinização (Lorenzi,2000).

As sementes não apresentam dormência e apesar de sensíveis a desidratação, apresentam germinação de 85% aos oito meses quando secas e armazenadas. O *ingá* apresenta associação simbiótica com *Rhizobium*, formando nódulos globosos e com atividade nitrogenase. Em sistemas agroflorestais, é indicado para arborização de culturas perenes, principalmente cafezais, e recomendado para arborização de pastos.(Carvalho,1994).

A madeira possui cor branco-amarelada, pouco resistente. A madeira serrada é pouco utilizada, com uso local em obras internas, esquadrias, forro, móveis e tabuado e palito de fósforos. Produz carvão e lenha de boa qualidade e é adequada para produção de papel e celulose, além de apresentar tanino na casca, sendo empregado em curtumes (Carvalho, 1994).

O *Ingá* apresenta ainda outros usos, como: os frutos são comestíveis, apresentando excelente sabor, sendo a polpa que envolve as sementes consumida ao natural, e talvez seja um forte item alimentar de alguns animais; da polpa pode-se fazer suco e esta tem propriedades medicinais, tais como laxativa; é planta apícola, com produção de néctar e pólen, e ainda é recomendada para a recuperação de ecossistemas degradados e reflorestamento ambiental, com o plantio em faixas mais próximas aos cursos d'água e em locais sujeitos a inundações periódicas de média e longa duração (Carvalho,1994).

### **2.7.2 Grevílea ( *Grevillea robusta* Cunn.)**

A *Grevillea robusta* Cunn., conhecida no Brasil simplesmente como *grevílea*, é uma espécie alternativa para reflorestamento por apresentar tolerância

a solos de baixa fertilidade, rápido crescimento e madeira para múltiplos usos, portanto tem potencial para plantios nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. A grevilea já se destaca como uma das espécies preferidas para plantios nestas regiões, principalmente em sistemas agroflorestais (Martins, 2000).

Nativa das áreas costeiras subtropicais da Austrália (New South Wales e Queensland), a espécie tem sido cultivada com sucesso para obtenção de madeira e sombra em regiões semi-áridas temperadas e subtropicais, em diversos países do mundo. A grevilea pertence à família das Proteaceae, apresentando rápido crescimento e podendo atingir 35 m de altura e diâmetro de 80 cm. Estabelece-se em diversos tipos de solos (arenosos, argilosos, de média fertilidade e ácidos), principalmente profundos, não tolerando umidade excessiva. A planta desenvolve-se melhor em climas subtropicais, em altitudes que vão desde o nível do mar até 2.300m de altitude, resistindo a geadas ocasionais quando adulta. Embora em seu habitat natural ocorram precipitações anuais entre 700 e 1.500 mm, a espécie foi introduzida em regiões onde chove desde 400 até 2.500 mm (National..., 1980).

A grevilea, é uma espécie que tolera uma grande variação de temperatura. Em seu habitat natural, suporta temperaturas de até  $-1^{\circ}\text{C}$ , sem prejuízo ou dano para seu desenvolvimento. Fora de seu habitat, como exótica, chega a suportar temperaturas inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ , reduzindo a sua velocidade de crescimento como efeito negativo. Árvores adultas normalmente chegam a atingir de 20 a 24m de altura, com DAP de até 50 cm. Ocasionalmente aparecem árvores com até 40 m de altura e DAP de 100 cm (Durigan, 1986).

O interesse pela grevilea foi despertado pelo seu uso em cortinas quebra-ventos e para proteção das geadas, principalmente em lavouras de café. Reconhecida como espécie ideal para sistemas agroflorestais devido à pouca competitividade com as culturas agrícolas, tem sido utilizada em sombreamento de pastagens com benefícios reconhecidos.

O I.B.C. (Instituto Brasileiro do Café) passou a recomendar, a partir de 1975, a formação de quebra-ventos arbóreos com a finalidade de reduzir a ação dos ventos frios, quentes ou secos. A técnica consiste em plantar renques de grevilea perpendiculares aos ventos sudeste, distanciados em 100m, com árvores espaçadas de 4 a 6 m, nas linhas. O espaçamento ideal recomendado para proteção de áreas agrícolas é de uma única linha de árvores, espaçadas 5m entre si, sem desrama. A distância máxima entre barreiras não deve ultrapassar 200m (Instituto..., 1981).

A pequena produção de madeira é comercializada principalmente no mercado interno, em que os principais compradores são os consumidores de lenha para energia. As toras são vendidas para serrarias, as quais, por sua vez, vendem a madeira para construções e/ou para a fabricação de móveis (Martins, 2000).

### **3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**AGRIANUAL 2004. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2003. 496 p.**

**ALMEIDA, S. R. Doenças do Cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 391-399.**

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

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

**AMARAL, J. A. T. do. *Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interrelações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio*. 1991. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.**

**ÁVILES, D. P.; LIMA, A. C. de. *Sistemas agroflorestais envolvendo café (Coffea arabica L.) e bandarra (Schizolobium amazonicum) no estado de Rondônia*. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS , 21., 1995. Caxambu. Resumos... Brasília : MAARA / PROCAFÉ, 1995, p. 183-184.**

BAGGIO, A. J.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOELLI FILHO, A.; MONTROYA, L. **Efeitos de diferentes espaçamentos de grevilea em consórcios com cafeeiros.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. 24 p. (Boletim Técnico, 56)

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA/SPI, 1994. 639 p.

CARVALHO, V. L. de; CHALFOUN, S. M.; **Manejo Integrado das Principais Doenças do Cafeeiro. Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 19, n.193, 1998. p. 27-32.

CAMPANHA, M. M.; FREITAS, G. B. de; SANTOS, R. H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; GARCIA, S. L. R. **Estudo do desenvolvimento vegetativo de plantas de café (*Coffea arabica* L.) em sistema agroflorestal e em cultivo solteiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: **manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000, Manaus. Anais....** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 183-185. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7)

CARVALHO, V. L.; SALGADO, M.; CHALFOUN, S. M.; SALGADO, B. G.  
Comportamento das Doenças do Cafeeiro em Plantios Adensados. In:  
CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 32., 1999, Curitiba.  
**Resumos Expandidos...** Curitiba: [s. n.], 1999.

CHAVES, J. C. D. Contribuições adicionais da adubação verde para a lavoura  
cafeeira. In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001,  
Vitória. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 164.

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.** 1995. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -  
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DANTAS, M. Aspectos Ambientais dos Sistemas Agroflorestais. In:  
CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SAF'S, 1., 1994, Porto Velho.  
**Resumos...** Porto Velho: Embrapa, 1994. p. 443-453

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, J. M.; ANDERSON, A. B. **Manual Agroflorestal  
para a Amazônia.** Rio de Janeiro: REBRAAF, 1996. v. 1, 228 p.

DURIGAN, G. **Efeitos de quebra-ventos de (*Grevillea robusta* Cunn.) sobre  
a velocidade do vento.** 1986. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -  
Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz; Universidade de São Paulo,  
Piracicaba.

EVENHUIS, B.; WAARD, P. W. F. Principles and practices in plant analysis.  
**FAO Bulletin**, Roma, v. 38, n.1, p. 152-63, 1980.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke. Turrialba, San Jose, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

FERNANDES-BORRERO, O.; MESTRE, A. M.; DUQUE, S. I. Efecto de la fertilizacion en la incidencia da la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. Cenicafé, Cinchima, v. 47, n. 1, p. 5-16, ene./mar. 1996.

FERNANDES, D. R. Manejo do Cafezal. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 275-302.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 87-106.

FREITAS, R. B. de. **Avaliações ecofisiológicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg. ) em diferentes sistemas de cultivo**. 2000. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GLOVER, N. **Coffee yields in a plantation of *Coffea arabica* var. caturra shaded by *Erythrina poeppigiana* with and without *Cordia alliodora***. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1981. 26 p. (Série Técnica, Informe Técnico, 17).

**INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Cultura de café no Brasil: importância econômica do café no Brasil.** Rio de Janeiro, 1981. v. 1, 23 p.

KÜPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J. A. (Coords.). **Nutrição e adubação do cafeeiro.** Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 27-53.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants.** San Diego: Academic Press, 1991. 657 p.

KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Photosynthesis in *Coffea arabica* L. I. Effects of light and temperature. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 16., n. 1., p. 13-19, Jan. 1980.

LEITE, R. de A. **Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar.** 1993, 87 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000. 352 p.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998. 26 p. (Circular técnica, 22)

MAC DICKEN, K. G., VERGARA, N. T. Introduction to agroforestry. In: \_\_\_\_\_. **Agroforestry: classification and management**. New York: Wiley Interscience, 1990. p. 1-30.

MONTAGNINI, F. (Coord.). **Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos**. 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000a. 157 p.

MACEDO, R. L. G. **Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias**. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba:UFPR/FUPEF, 1992. p. 136-147.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável**. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 93-98, jan./fev. 2000b.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; DANTAS, F. W. F.; LIMA, E. M. G. Introdução e estabelecimento de consórcios agroflorestais de *Tectona grandis* L.f. (teca) com *Coffea arabica* L. (cafeeiro) em Lavras – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS: manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000, Manaus. Anais... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000c. p. 217-219. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; FARIA, G. O.; GRISI, F. A.; MARTINS, I. S. B. Efeito do sombreamento de grevileas na umidade do solo de cafezais no sudeste da Bahia, Brasil. In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001. Vitória. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 122.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity, and temporal analysis. *Annual Review Phytopathology*, Palo Alto, Califórnia, v. 33, p. 529-564, 1995.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MARTINS, E. M. **Seleção genética e características fisiológicas e nutricionais de procedências de *Grevillea robusta* (Cunn) estabelecidas no Estado do Paraná.** 2000. 125 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: O Globo, 1991. p. 320.

MATIELLO, J.B. Fatores que afetam a produtividade do café no Brasil. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 01-11.

MATIELLO, J. B.; CARVALHO, F. Pesquisa cafeeira, contribuição marcante para o desenvolvimento da cafeicultura. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J. A. (Eds.). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da potassa e do fosfato, 1983. p. 1-8

MATIELLO, J. B.; MIGUEL, A. E.; ALMEIDA, S. R.; CAMARGO, A. P. de; GUIMARÃES, E. S. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS , 20., 1994, Guarapari. **Resumos...** Brasília: MAARA /PROCAFÉ, 1994. p. 4-5.

MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Espaçamento e Condução do Cafeeiro. In: RENA, A. B. ; MALAVOLTA, E. ; ROCHA, M. ; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 303-322.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais**. 2003. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MOYSES, E. L. F. D. **Acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuai em solução nutritiva com diferentes doses de pH e Zinco.** 1988. 147 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz ; Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Firewood crops: shrub and tree species for energy production.** Washington, D.C., 1980. 237 p.

OLIVEIRA, A. D.; MACEDO, R. L. G.; SILVEIRA, V. de P. Análise econômica de um sistema agrossilvipastoril rotativo com *Eucalyptus*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS (FOREST'96), 4., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Biosfera, 1996. p. 91.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MACEDO, R. L. G.; GUIMARÃES, R. J. **Sistemas Agroflorestais de seringueira com cafeeiro.** Planaltina: Embrapa/CPAC, 1998. 77 p.

PEZZOPANE, J. R. M.; GALLO, P. B.; ORTOLANI, A. A. Caracterização Microclimática em Cultivo Consorciado de Café Arabica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL , 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília, D. F.: EMBRAPA Café; Belo Horizonte: MINASPLAN, 2000. p. 72-75.

PIO CORREA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926-1978. v.6, 765 p.

RENA, A. B.; BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; SONDAHL, M. R. Coffee. In: MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press Inc., 1994. v. 2, p. 101-122.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do Cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-66.

RODRIGUES, V. G. S. Estoque de carbono em Sistema Agroflorestal com Café em Rondônia – Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café; Belo Horizonte: MINASPLAN, 2000. p. 38-41.

SANTOS, A. J. dos; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x cafeeiro na região norte do Paraná. *Cerne*, Lavras, v. 6, n. 1, 2000. p. 89-100.

TALAMINI, V. **Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (Coffea arabica L.) irrigado e fertirrigado por gotejamento**. 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras

THEODORO, V. C. de A. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional**. 1999. 214 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Introdução do palmitheiro (*Euterpe edulis* Martius) em sistemas agroflorestais em Lavras – MG. 1999. 148 p.**  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VILAS BÔAS, O.; CRUZ, S. F.; GURGEL GARRIDO, L. M. A. **Consortiação de *Pinus elliotti* (var. elliotti) com café (*Coffea arabica*). Agricultura Biodinâmica, Botucatu, v. 2, n. 1, 2000. p. 27-33.**

VILAS BOAS, O. **Uma breve descrição dos Sistemas Agroflorestais na América Latina. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, n. 8, 1991.**

YARED, J. A. G.; BRIENZA JÚNIOR, S. B.; MARQUES, L. C. T. **Potencialidades da agrossilvicultura para a amazônia brasileira. Belém: Embrapa/CPATU, 1992. 17 p.** Trabalho preparado para apresentação no Curso de Instrutores Agroflorestais realizado de 20-24 de julho de 1992 em Macapá/AP.

ZAMBOLIM, L.; MARTINS, M. C. del P.; CHAVES, G. M. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 11, n. 131, p. 64-75, nov. 1985.**

## CAPÍTULO 2

### 1 RESUMO

**SALGADO, B.G. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevilea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras - MG. 2004. Cap. 2, p. 36-63. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.<sup>1</sup>**

Diferentes sistemas de manejo da lavoura cafeeira, como a utilização de consórcios com espécies arbóreas, podem afetar a incidência da ferrugem e cercosporiose por ocorrerem alterações no estado nutricional e no microclima da cultura sombreada. O presente trabalho objetivou avaliar a incidência da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo, agroflorestais e a pleno sol, através da curva de progresso dessas doenças. O estudo foi realizado em lavoura particular no município de Lavras, onde se encontram os diferentes sistemas de cultivo da variedade Mundo Novo. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram compostos por cafeeiros consorciados com ingazeiro, cafeeiros consorciados com grevilea e cafeeiros cultivados convencionalmente a pleno sol. As avaliações foram realizadas mensalmente no período de abril de 2001 a março de 2003, avaliando-se a incidência das doenças nas folhas, através da contagem da porcentagem de folhas com os sintomas das doenças coletadas em cada tratamento. Realizou-se o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), a qual foi submetida à análise de variância. Para a incidência da ferrugem do cafeeiro o consórcio cafeeiro x ingazeiro mostrou-se com maiores índices da doença, sendo que os tratamentos consórcio cafeeiro x grevilea e cafeeiro a pleno sol não diferiram entre si e apresentaram menores incidências da doença. Diminuição na luz solar direta e maior umidade podem ter favorecido a ferrugem no sistema cafeeiro x ingazeiro. Para a incidência de cercosporiose, os cafeeiros a pleno sol obtiveram maiores valores de incidência da doença, seguidos por cafeeiros x grevilea, e menores taxas da doença foram observadas no consórcio cafeeiros x ingazeiro. A incidência de radiação solar direta pode ter favorecido a maior incidência de cercosporiose nos cafeeiros a pleno sol.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo - UFLA ( orientador ), Maria Inês Nogueira Alvarenga & Vicente Luiz de Carvalho - EPAMIG.

## 2 ABSTRACT

**SALGADO, Bruno Grandi. Progress of rust and coffee plant cercosporiose mixed with grevilea, with ingazeiro and in the full sunshine in Lavras – MG. 2004. Cap. 2, p.36-63. Dissertation – (Master Science in Forestry Engineering ) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>2</sup>**

Different management systems of the coffee crop such as the use of mixings with arboreal species may affect the incidence of rust and cercosporiose for alterations taking place in the nutritional stage and microclimate of the shaded crop. The present work aimed to evaluate the incidence of rust and coffee plant cercosporiose in different systems of agroforest cultivation and in the full sunshine through the progress curve of those diseases. The study was performed in a private cop in the town of Lavras, where the different cropping systems of the Mundo Novo variety lie. The completely randomized design with three treatments and seven replicates was utilized. The treatments were made up of coffee plants mixed with ingazeiro, coffee plants mixed with grevilea and coffee plants cultivated conventionally in the full sunshine. The evaluations were performed monthly during the period of April 2001 to March 2003, by evaluating the incidence of the diseases on leaves, counting the percentage of leaves with the symptoms of the diseases collected in each treatment. The calculation of the area bellow the disease progress curve (ABDPC), which was submitted to the variance analysis. For the incidence of the coffee plant rust, the coffee plant x ingazeiro mixing presented the highest indices of the disease, the treatments coffee plant x grevilea mixing and coffee plant in the full sunshine did no differ from each other and presented the smallest indices of the disease. Decrease in the direct solar light and higher humidity may have supported rust in the coffee plant x ingazeiro system. For the incidence of cercosporiose, the coffee plants in the full sunshine obtained higher values of incidence of the disease followed by coffee plants x grevilea and lowest rates of the disease were found in the coffee plant x ingazeiro mixings. The incidence of direct solar radiation may have supported the highest incidence of cercosporiose on the coffee plants in the full sunshine.

---

<sup>2</sup> Guidance Committee: Renato Luiz Grisi Macedo – UFLA ( adviser ), Maria Inês Nogueira Alvarenga & Vicente Luiz de Carvalho – EPAMIG.

### 3 INTRODUÇÃO

O estudo epidemiológico das interações patógeno, hospedeiro e ambiente é fundamental para o manejo das doenças das plantas. Assim, o conhecimento dos fatores que influenciam o desenvolvimento das doenças é de suma importância para a obtenção de êxito no manejo.

No que diz respeito ao ambiente, a pluviosidade, a temperatura e a umidade do ar afetam tanto a incidência quanto a severidade da doença. As condições de manejo, como a utilização de árvores consorciadas aos cafeeiros podem afetar a intensidade das doenças devido à alteração do microclima em que a planta se insere e, conseqüentemente, no ambiente da cultura.

Dentre as principais doenças que afetam o cafeeiro, destacam-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke), com prejuízos que variam de acordo com a intensidade da doença (incidência e severidade). Essas doenças promovem uma desfolha precoce nas plantas, principalmente pela produção de etileno nas folhas lesionadas, podendo diminuir consideravelmente a produção de café (Zambolim et al., 1997).

Em determinadas regiões do Brasil, onde ocorre déficit hídrico, os consórcios de cafeeiros com árvores podem atuar diminuindo a insolação e a perda de água, em locais suscetíveis à geada essa atuação é ainda mais significativa, evitando os danos causados pelas baixas temperaturas do ar (Macedo, 2000).

Devido aos elevados custos de produção da cafeicultura e a um mercado cada dia mais competitivo, há a necessidade de evitar quaisquer formas de perda. Assim, para a correta adoção da arborização, torna-se necessário conhecer a dinâmica de ocorrência de doenças nesses sistemas de cultivo de cafeeiros

sombreados. Poucos são os estudos que relacionam doenças e arborização do cafeeiro, justificando, assim, pesquisas para a geração de conhecimento nesta área.

O presente trabalho objetivou avaliar a incidência da doença e a obtenção das curvas de progresso da doença para a ferrugem e a cercosporiose dos cafeeiros (*Coffea arabica*), consorciados com Ingazeiro (*Inga vera* Willd) e grevilea (*Grevilea robusta* Cunn.) e cafeeiros cultivados a pleno sol no município de Lavras, Minas Gerais.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização do local de estudo**

O presente trabalho desenvolveu-se em lavouras cafeeiras de propriedade particular no município de Lavras, sul de Minas Gerais, onde se encontram os cultivos de cafeeiro a pleno sol, cafeeiro consorciado com Ingá e cafeeiro consorciado com grevilea, em sistemas agroflorestais. A área possui declividade média de 9%, com face de exposição norte/nordeste e plantio orientado no sentido leste/oeste e sudoeste/nordeste.

A cidade de Lavras localiza-se no sul do estado de Minas Gerais, a 900 m de altitude, latitude de 21°14'S e longitude de 45°00'W. Apresenta clima do tipo CWa segundo a classificação de Koppen. A temperatura média anual é de 19,4° C, com a média da máxima de 26,1°C e a média da mínima de 14,8 °C; a precipitação média anual é de 1529,7 mm (Brasil, 1992).

O cafeeiro estudado é da variedade Mundo Novo, plantado no espaçamento 4x1m nos três sistemas e com mesma idade. Os cafeeiros foram recepados a cinco anos, encontrando-se em plena produtividade, sendo que nos sistemas agroflorestais ocorrem as seguintes distribuições espaciais:

- 1) **Cafeeiro x ingazeiro:** Uma linha de cafeeiro arborizada e uma linha solteira, árvores distanciadas a 15 metros na linha de plantio e 8 metros na entrelinha. O ingazeiro foi plantado juntamente com os cafeeiros, estando hoje com a idade de 15 anos (Figura 01 e 03)
- 2) **Cafeeiro x grevilea:** Uma linha de cafeeiro arborizada e duas linhas solteiras, árvores distanciadas a 10 metros na linha de plantio e 12 metros na entrelinha. A grevilea foi plantada com o cafeeiro já formado, estando hoje com a idade de 9 anos (Figura 02 e 04)



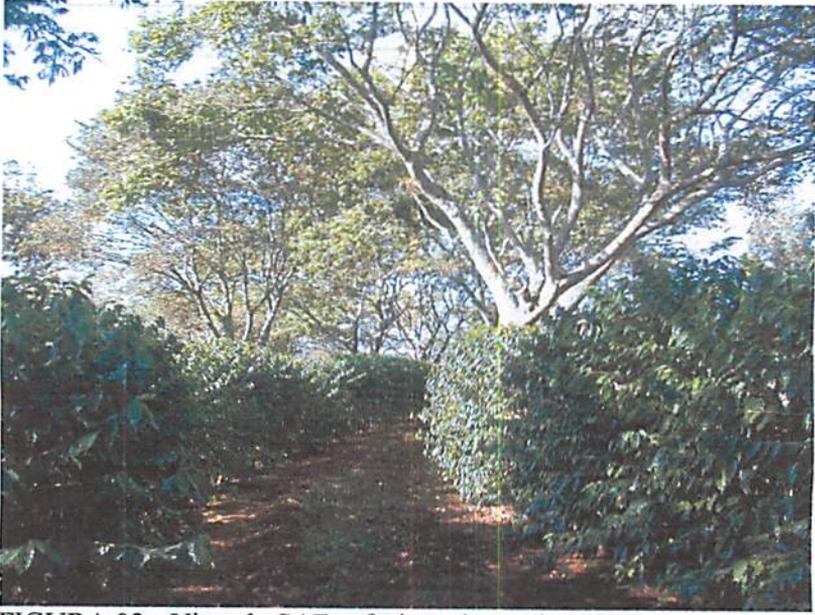


FIGURA 03 - Vista do SAF cafeeiro x ingazeiro em Lavras.



FIGURA 04 - Vista do SAF cafeeiros x grevilea em Lavras.

## 4.2 Histórico do local de estudo

O histórico da área experimental inicia-se quando o seu proprietário, o Sr. Alberico, muda-se da cidade de Campos Altos para Lavras e traz consigo a idéia do plantio de cafeeiro consorciado com ingazeiro, já que naquela cidade existia esse mesmo sistema implantado, contando com mais de 40 anos de sucesso. As árvores plantadas na fazenda São João Batista são procedentes do mesmo plantio de Campos Altos e hoje, com mais de 15 anos de idade, vêm mostrando suas potencialidades e eficiência no sistema, segundo os relatos do proprietário.

Segundo experiência pessoal do senhor Alberico, o cafeeiro no sistema agroflorestal tem as seguintes características: melhor proteção contra os efeitos da geada; proteção contra ventos fortes; aumento dos inimigos naturais das pragas do cafeeiro; ciclagem de nutrientes mais eficiente; as dimensões dos frutos mostram-se maiores no sistema agroflorestal; a presença de avifauna é constante na lavoura arborizada, inclusive com a presença de ninhos; melhores condições vegetativas do cafeeiro durante períodos de seca e, além disso, o conforto térmico e o bem estar dos trabalhadores é muito superior por causa da sombra conferida pelas árvores.

Trata-se de observações empíricas, sem estudos que comprovem tais hipóteses, mas que mostram claramente o potencial do sistema, tanto para o proprietário e o trabalhador rural quanto para as espécies silvestres que dele se utilizam.

As lavouras arborizadas foram conduzidas da mesma forma que a lavoura de cafeeiros a pleno sol, sendo que apenas no sistema cafeeiro x ingazeiro as árvores passaram por podas ao longo do tempo, para que bifurcações e galhos não interferissem nas plantas de cafeeiro e produzissem uma copa que se situasse acima dos cafeeiros. Esta prática também proporciona

o fornecimento de matéria orgânica ao solo através da decomposição desses galhos desramados.

### **4.3 Delineamento Experimental**

O experimento foi avaliado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete repetições e composto por três tratamentos (cafeeiro a pleno sol, cafeeiro consorciado com ingazeiro e cafeeiro consorciado com grevilea).

Em cada sistema de cultivo (tratamentos) foram sorteadas, ao acaso, sete parcelas (compostas por vinte plantas de cafeeiro cada uma), nas quais foram realizadas as coletas de folhas para a contagem das doenças. Ao redor de cada parcela, composta de vinte plantas de cafeeiros, foi estabelecida uma bordadura, separando as repetições dentro de cada tratamento. Assim, a parcela possui um total de 66 plantas de cafeeiro (três linhas x 22 plantas), com uma área total de 63m<sup>2</sup>.

Devido a morte de algumas árvores ao longo do tempo, observou-se em campo aproximadamente 20% de falhas na população arbórea, abrindo espaços e permitindo a maior entrada de luz em determinados locais. Dessa forma, todas as parcelas amostrais foram sorteadas naqueles locais onde não ocorriam tais falhas e o espaçamento obedecia ao padrão inicial de plantio (Figura 01).

### **4.4 Avaliação da ferrugem e da cercosporiose**

Com o objetivo de monitorar a incidência da ferrugem e cercosporiose foram realizadas avaliações mensais nas parcelas, por dois anos, no período de abril de 2001 a março de 2003.

Avaliou-se a incidência da ferrugem e cercosporiose coletando-se 5

folhas por planta, num total de vinte plantas por parcela. As folhas foram coletadas ao acaso, no terço médio da planta, do 3º e 4º pares de folhas a partir do ápice do ramo, totalizando 100 folhas por parcela. Contou-se o número de folhas com presença de pústulas esporuladas, obtendo-se a porcentagem de incidência da ferrugem. A contagem foi realizada da mesma forma para o estudo da cercosporiose do cafeeiro, contando-se o número de folhas com a lesão da doença.

#### 4.5 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD)

Após a obtenção dos dados de incidência da doença, foram plotadas as curvas de progresso da doença. Calculou-se então a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) por meio da equação proposta por Campbell & Madden (1990):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \times (T_{i-1} - T_i) ,$$

em que:

AACPD: Área abaixo da curva de progresso da doença;

$Y_i$  = Proporção da doença na  $i$ -ésima repetição;

$T_i$  = Tempo em dias na  $i$ -ésima observação;

$n$  = Número total de observações.

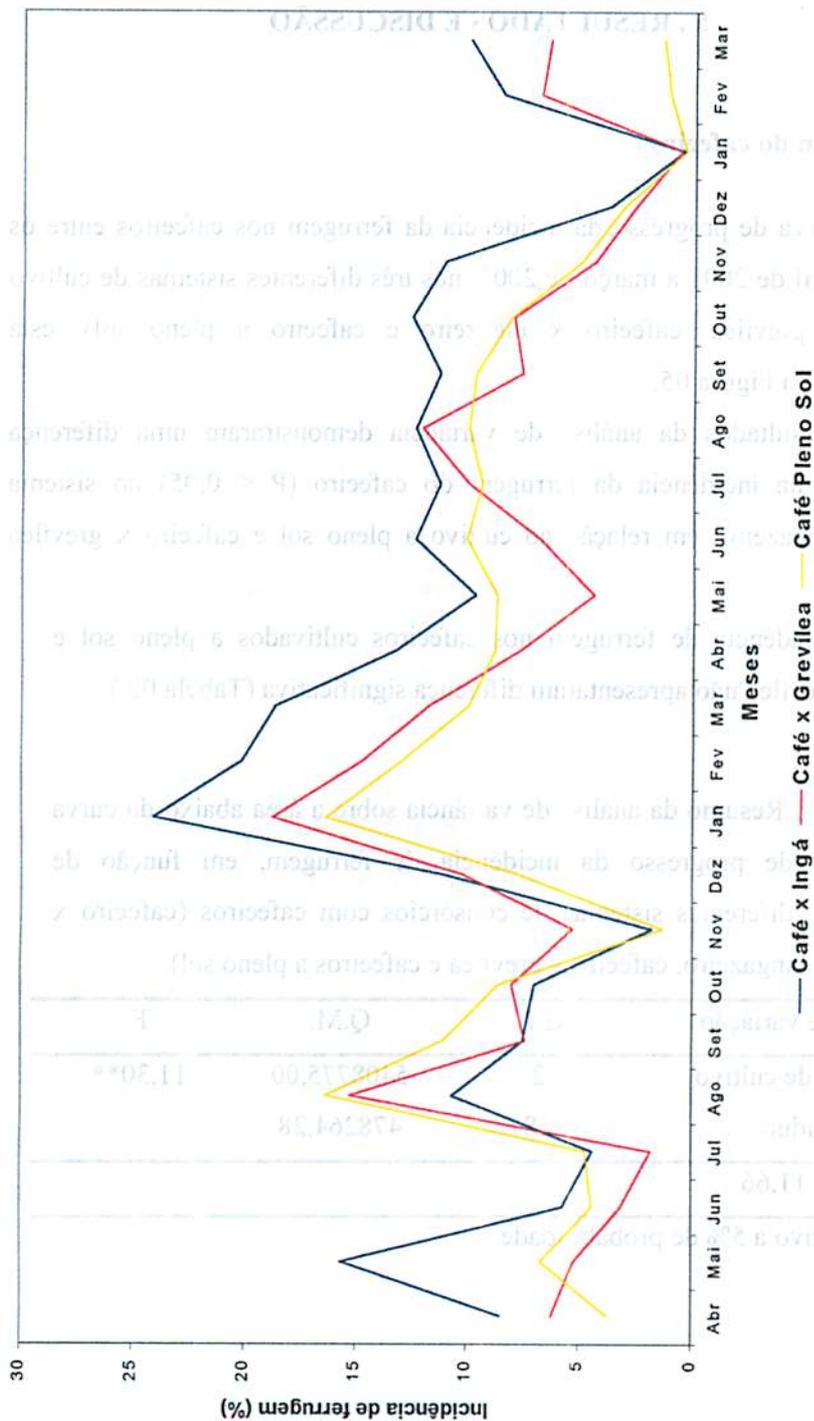


FIGURA 05. Gráfico do progresso da incidência de ferrugem em caféeiros consorciados com ingazeiro, caféeiros com grevílea e caféeiros a pleno sol, no período de abril de 2001 a março de 2003.

TABELA 02. Valores médios da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPD) de ferrugem em cafeeiros, em função de diferentes sistemas de cultivo.

| Sistemas de cultivo do cafeeiro | AACPD     |
|---------------------------------|-----------|
| Cafeeiro a pleno sol            | 5335,71 a |
| Cafeeiro x Grevílea             | 5522,14 a |
| Cafeeiro x Ingazeiro            | 6942,85 b |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Segundo Matiello(1991) e Carvalho et al.(1999), dentre as condições ambientais ideais ao desenvolvimento da doença estão o sombreamento e os espaçamentos mais fechados (levando esses a um auto sombreamento), o que poderia estar favorecendo a ferrugem no sistema consorciado com ingazeiro, já que as árvores podem estar acentuando estas condições favoráveis ao fungo.

Uma maior área é sombreada pelos ingazeiros, devido a várias bifurcações e a ampla conformação de sua copa, que possui crescimento horizontal, chegando as mesmas a se encontrarem. Já a grevílea proporciona um sombreamento menos efetivo, devido seu fuste reto e uma copa com menor expansão lateral. Esta diferença de arquitetura das árvores pode favorecer diferenças de microclima existentes entre os sistemas.

Campbell & Madden (1990) confirmam que a temperatura é a variável que mais influencia nos componentes biológicos do patossistema no desenvolvimento de uma epidemia. Além disso, os autores relacionam a umidade do solo e do ar, representada pelos vários estádios, formas e energia da água. O vento, atuando no transporte do inóculo. A radiação solar, energia primária para muitos processos biológicos e físicos, na ocorrência do ciclo de vida do patógeno. Assim, a correlação de variáveis dos ambientes físico e biológico dificultam a determinação exata de quais fatores e quando esses

fatores influenciaram ou dificultaram a ação do patógeno.

Segundo Almeida (1986), o fungo da ferrugem necessita de água livre, temperatura na faixa de 21 a 23°C e ausência de luz direta para germinação e penetração dos uredosporos pelos estômatos da folha. Espera-se, após a ocorrência de uma chuva ou orvalho, que no sistema cafeeiro x ingazeiro o período de molhamento foliar dure mais tempo, já que a copa das árvores dificulta a incidência de luz direta nos cafeeiros, favorecendo o desenvolvimento da doença.

Apesar de não estudadas as diferenças na incidência solar direta nos cafeeiros e a umidade relativa entre os sistemas estudados, estas podem ser responsáveis, em grande parte, pela maior incidência da ferrugem no sistema composto por ingazeiros.

Há uma interação entre a ação da ferrugem, ou de qualquer outra praga ou doença, que produz lesões, e a ação do frio, parecendo que o frio abrevia a queda de folhas, provavelmente pela maior produção de etileno, atribuída à morte do micélio de fungo e à aceleração do processo de morte do tecido foliar (Carneiro Filho, 2003). Diante disso, os cafeeiros nos sistemas arborizados podem ser favorecidos por menor perda de folhas lesionadas, já que esses sistemas atuam alterando a temperatura do ar, impedindo a ocorrência de frio severo e sua atuação negativa quanto à queda prematura dessas folhas.

No ano de 2001 (Figura 05), a ferrugem apresentou uma mesma tendência para os três sistemas de cultivo estudados, ocorrendo um grande aumento de incidência de julho para agosto, onde nesse último mês observou-se a maior incidência da doença naquele ano.

Talamini (1999), acompanhando a ferrugem em cafeeiros adultos em Lavras, entre março de 1998 e fevereiro de 1999, também observou pontos de máxima nos meses de julho a outubro.

De novembro de 2001 a janeiro de 2002 observou-se um aumento

generalizado na incidência da ferrugem para os três sistemas, voltando a decrescer até o mês de maio.

A partir de maio de 2002 a incidência da doença volta a ter um aumento em seus índices, apresentando, nesse período, comportamento mais próximo ao considerado padrão para Minas Gerais, com aumento da doença nos meses de março a abril e maiores incidências por volta do mês de junho.

### 5.1.1 Correlação da incidência de ferrugem com variáveis climáticas

De acordo com as variáveis climáticas avaliadas, não houve correlação das mesmas com a incidência da ferrugem do cafeeiro, exceto a variável insolação que apresentou uma correlação positiva, a 5% de probabilidade, em cafeeiros cultivados a pleno sol (Tabela 03).

TABELA 03 - Coeficiente de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos meses de avaliação da incidência da ferrugem do cafeeiro, no período de abril de 2001 a março de 2003, em diferentes sistemas de cultivo.

| Sistema            | Tmáx.   | Tmín.   | Tméd.   | Precip. | UR      | IN     |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Cafeeiro pleno sol | 0,004NS | -0,31NS | -0,30NS | -0,20NS | -0,22   | 0,43*  |
| Cafeeiro Grevilea  | 0,28NS  | 0,05NS  | 0,06NS  | 0,01NS  | -0,05NS | 0,35NS |
| Cafeeiro Ingazeiro | 0,29NS  | 0,08NS  | 0,08NS  | 0,09NS  | 0,02NS  | 0,34NS |

\* Significativo a 5% de probabilidade

NS - não significativo ; T máx - Temperatura máxima (°C); T mín. - Temperatura mínima (°C); T méd - Temperatura média (°C); Precip. - Precipitação (mm); UR - Umidade relativa do ar (%); IN - Horas diárias de insolação (h).

O aumento ou queda nos índices da doença ocorreram tanto em momentos de maiores como de menores precipitações, não estabelecendo relações aparentes com tal variável climática. Através do método de correlação de PEARSON, foi possível confirmar que tais correlações foram não significativas. As variáveis climáticas umidade e temperatura (mínima, média e máxima) apresentaram o mesmo padrão que a variável precipitação, com resultados não significativos para as correlações com a incidência da ferrugem (Figura 06).

O presente estudo sobre a ferrugem do cafeeiro leva-nos a crer que para cada sistema de plantio estudado as variáveis climáticas (como temperatura e UR) têm muita influência sobre a incidência da doença, e o local de coleta dos dados climáticos, obtidos no Campus da Universidade Federal de Lavras, pode não condizer com aquele que cada sistema de plantio possui. Variáveis climáticas coletadas em campo e em cada diferente sistema possivelmente apresentariam valores diferentes daqueles utilizados nesse estudo. Assim, justificam-se os resultados não significativos da correlação entre ambiente e incidência da doença.

Estudos recentes (Talamini, 1999; Santos, 2002) apresentaram correlações significativas entre variáveis climáticas e a ferrugem do cafeeiro, principalmente devido à proximidade da estação meteorológica e por tratar-se apenas de cultivos a pleno sol; portanto, deve-se considerar que a situação de campo do presente estudo foi bastante diferente daquelas dos estudos supracitados.

A única variável que apresentou uma correlação significativa com a ferrugem foi a insolação, e apenas nos cafeeiros cultivados a pleno sol, o que demonstra que nos sistemas de cultivo sombreado as árvores estão mesmo alterando as condições de luminosidade da lavoura cafeeira, além de, possivelmente, estarem alterando as outras variáveis climáticas analisadas.

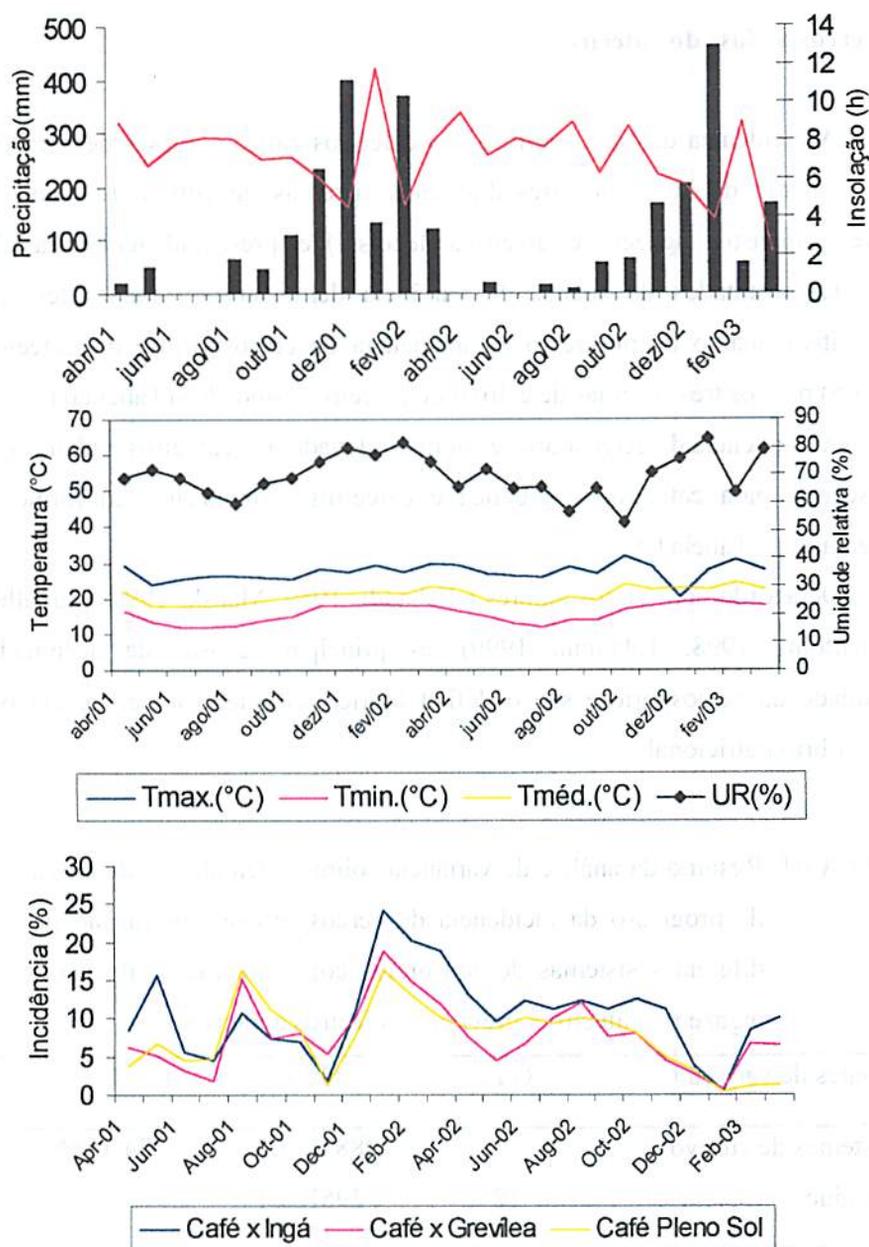


FIGURA 06 - Comportamento das variáveis climáticas e incidência de ferrugem do cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo.

## 5.2 Cercosporiose do cafeeiro

A incidência da cercosporiose nos cafeeiros entre os meses de abril de 2001 e março de 2003, nos três diferentes sistemas de cultivo (cafeeiro x grevilea, cafeeiro x ingazeiro e cafeeiro a pleno sol), é apresentada na Figura 07.

Os resultados da análise de variância demonstraram uma diferença significativa quanto ao progresso da incidência da cercosporiose do cafeeiro ( $P > 0,05$ ) para os três sistemas de cultivo de cafeeiros estudados (Tabela 04).

A incidência da cercosporiose foi mais elevada nos cafeeiros a pleno sol, decrescendo para cafeeiros x grevilea e cafeeiros x ingazeiro, conforme é apresentado na Tabela 05.

De acordo com vários autores ( Echandi, 1959; Mansk, 1990; Carvalho & Chalfoun, 1998; Talamini, 1999), as principais causas da acentuada intensidade da cercosporiose são o déficit hídrico associado à deficiência ou desequilíbrio nutricional.

TABELA 04. Resumo da análise de variância sobre a área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose, em função de diferentes sistemas de consórcios com cafeeiros (cafeeiro x ingazeiro, cafeeiro x grevilea e cafeeiros a pleno sol).

| Fontes de variação  | G.L. | Q.M.       | F        |
|---------------------|------|------------|----------|
| Sistemas de cultivo | 2    | 9881671,72 | 334,15** |
| Resíduo             | 18   | 29572,01   |          |

CV = 8,34

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

**TABELA 05 - Valores médios de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) cercosporiose em cafeeiro, em função de diferentes sistemas de cultivo.**

| <b>Sistemas de cultivo do cafeeiro</b> | <b>AACPD</b> |
|--|--------------|
| Cafeeiro x Ingazeiro                   | 800,42 a     |
| Cafeeiro x Grevílea                    | 2223,0 b     |
| Cafeeiro a pleno sol                   | 3160,14 c    |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P < 0,05 )

Provavelmente o cafeeiro a pleno sol estaria mais suscetível à cercosporiose devido à menor umidade do solo, decorrente da maior exposição direta ao sol neste sistema. No sistema sombreado, onde o solo pode permanecer úmido por mais tempo, também o cafeeiro absorveria água e nutrientes por um maior período de tempo, amenizando as condições de stress hídrico e nutricional favoráveis ao fungo da cercosporiose.

Santos (2002), em experimento relacionando níveis de lâmina de irrigação e incidência de cercosporiose, observou que os maiores índices da doença foram observados nas parcelas não irrigadas, indicando uma influência positiva na disponibilidade de água para a planta na redução da incidência da doença. Frente a essas considerações, espera-se que os sistemas arborizados disponibilizem água por um período de tempo mais longo aos cafeeiros, primeiro pela menor radiação incidente no solo e menor evaporação e, segundo, pela capacidade natural que as árvores têm de interceptação da água da chuva e infiltração da mesma, diminuindo o escoamento superficial e aumentando a retenção de água no solo.

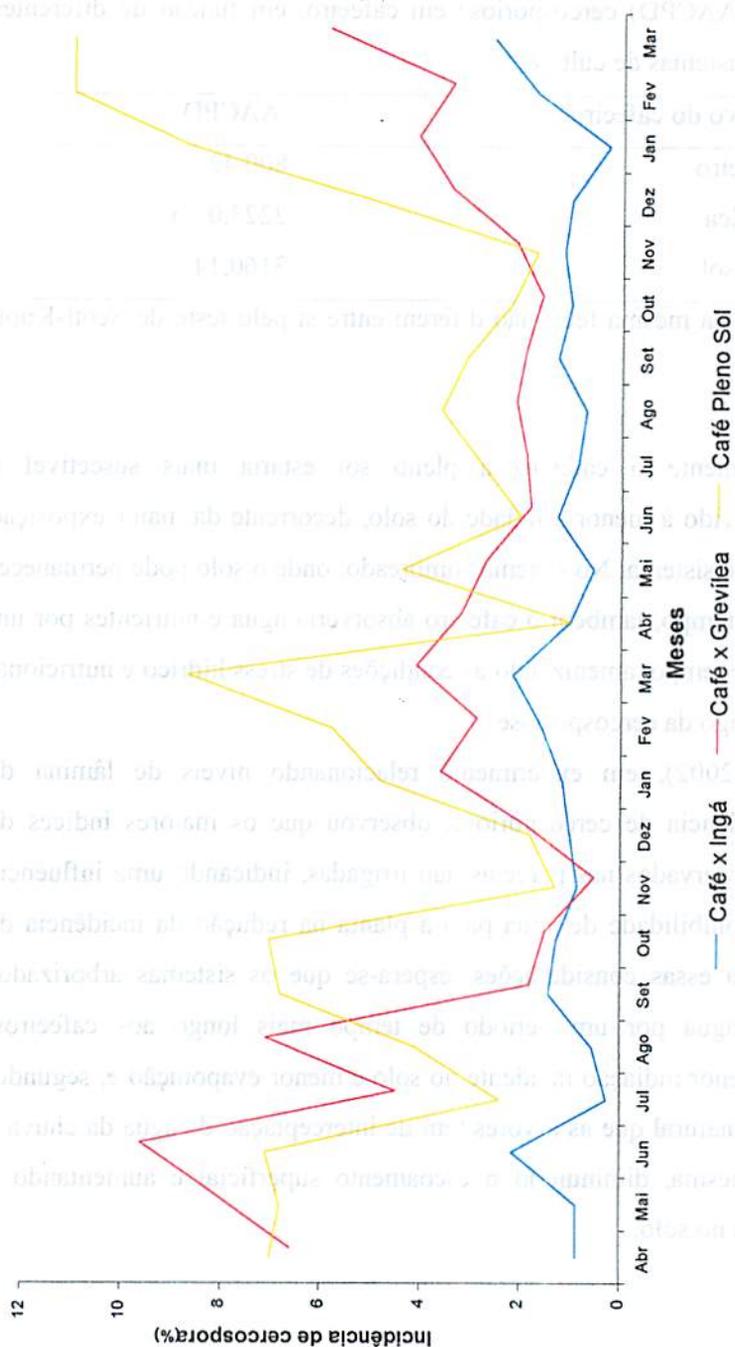


FIGURA 07. Gráfico do progresso da incidência da cercosporiose em cafeeiros consorciados com ingazeiro, cafeeiros com grevília e cafeeiros a pleno sol, no período de abril de 2001 a março de 2003.

Segundo Carvalho (1994), a espécie arbórea componente do sistema em que foi observada a menor incidência da cercosporiose, o ingá, apresenta associação simbiótica com *Rhizobium*, formando nódulos globosos e com atividade nitrogenase, sendo assim, uma fixadora de nitrogênio no solo. Vários autores (Carvalho & Chalfoun, 1998; Pozza, 1999; Santos, 2002) consideram que as plantas de café deficientes em nitrogênio são mais suscetíveis à cercosporiose, assim, a decomposição da matéria orgânica composta por folhas, galhos e frutos das árvores pode estar favorecendo a menor incidência da doença pelo aumento da disponibilidade deste nutriente ao cafeeiro.

Cafeeiros cultivados a pleno sol encontram um ambiente físico mais propício ao desenvolvimento da doença do que aqueles cultivados à sombra. A cercosporiose necessita de um excesso de insolação e temperaturas mais elevadas para a germinação dos esporos do fungo, ocorrendo aos 30°C, e também para seu crescimento, aos 24 °C (Echandi, 1959; Zambolim et al., 1997).

No sistema cafeeiro x ingazeiro a incidência manteve-se baixa e estável ao longo dos dois anos de avaliação, com as maiores incidências alcançando apenas 2,57% em março de 2003. Nos cafeeiros consorciados com grevilea a incidência não ultrapassou os 10%, sendo que em maior parte das avaliações o índice foi inferior a 4%. Os cafeeiros a pleno sol apresentaram os maiores valores de incidência da cercosporiose durante quase todo o período avaliado. Nos anos de 2002 e 2003 o sistema a pleno sol obteve incidências bem superiores (8,7 e 11 %, respectivamente), se comparadas aos sistemas de cultivo sombreados (Figura 07)

### **5.2.1 Correlação da incidência de cercosporiose com variáveis climáticas**

Não houve correlação com a incidência da cercosporiose do cafeeiro e variáveis climáticas nos diferentes sistemas de cultivo estudados (Tabela 06).

**TABELA 06 - Coeficiente de correlação entre variáveis climáticas ocorridas nos meses de avaliação da incidência da cercosporiose do cafeeiro, no período de abril de 2001 a março de 2003, em diferentes sistemas**

| Sistema            | Tmáx.   | Tmín.   | Tméd.   | Precip. | UR     | IN      |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Cafeeiro pleno sol | 0,008NS | 0,27NS  | 0,24NS  | 0,12NS  | 0,33NS | -0,30NS |
| Cafeeiro Grevilea  | -0,21NS | -0,25NS | -0,28NS | -0,19NS | 0,07NS | 0,02NS  |
| Cafeeiro Ingazeiro | 0,14NS  | 0,22NS  | 0,23NS  | -0,02NS | 0,22NS | -0,16NS |

NS - não significativo ; T máx - Temperatura máxima (°C); T mín. - Temperatura mínima (°C); T méd - Temperatura média (°C); Precip. - Precipitação (mm); UR - Umidade relativa do ar (%); IN - Horas diárias de insolação (h).

Apesar de estudos recentes (Talamini, 1999; Santos, 2002) apresentarem correlações significativas entre variáveis climáticas e a cercosporiose do cafeeiro, deve-se considerar que a situação de campo ou os locais de instalação desses experimentos foram muito favoráveis, pela proximidade da estação meteorológica de coleta dos dados, ambos nos limites do Campus da Universidade Federal de Lavras.

O local onde se encontra a lavoura do presente estudo, além de estar a uma distância de 14 km da estação meteorológica, tem os cafeeiros cultivados em sistemas com diferentes níveis de sombreamento, o que leva a acentuar as diferenças de temperatura, insolação e umidade relativa daquelas coletadas na estação. Variáveis climáticas coletadas em campo possivelmente apresentariam valores diferentes daqueles utilizados nesse estudo.

Na Figura 08 são apresentados os gráficos de progresso da cercosporiose do cafeeiro e os gráficos com as variáveis climáticas correlacionadas.

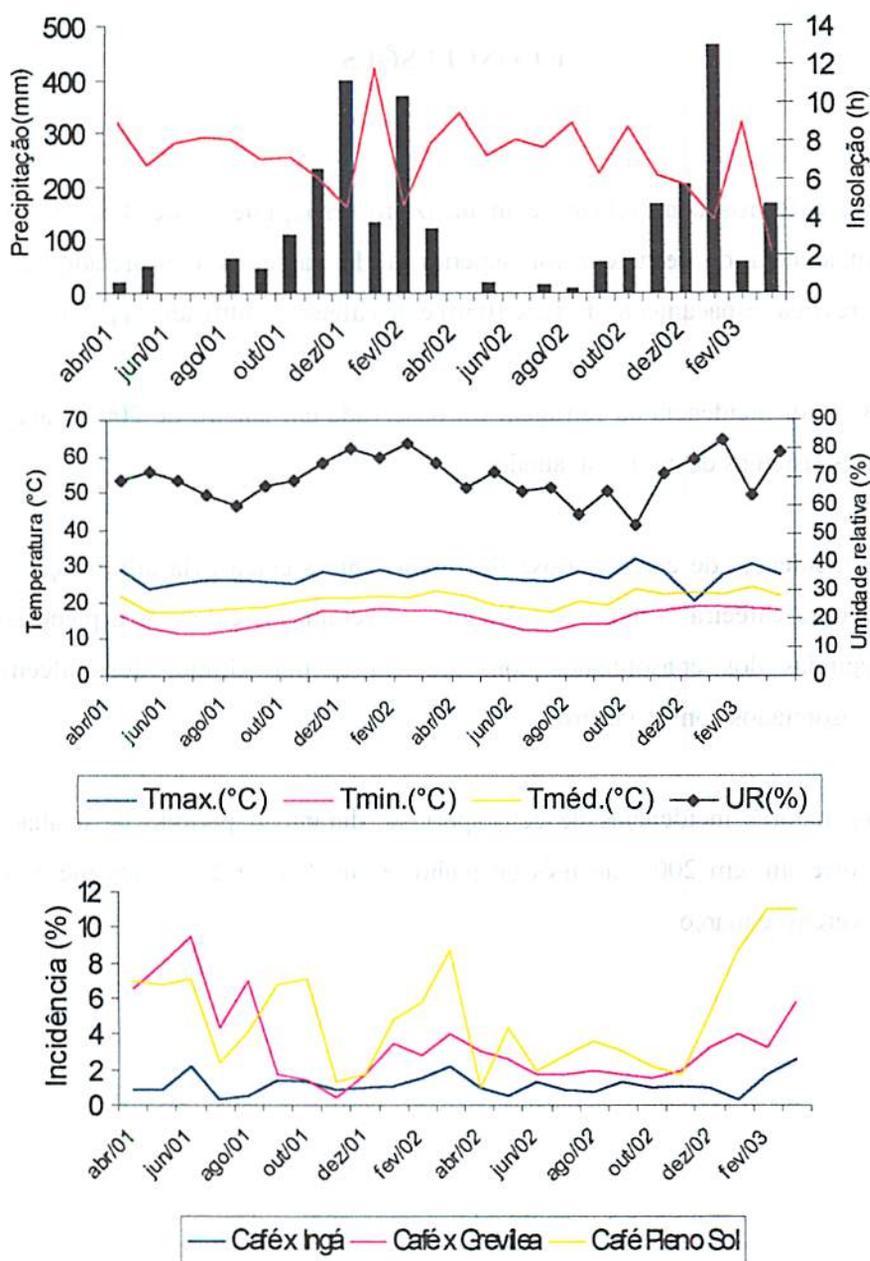


FIGURA 08 - Comportamento das variáveis climáticas e incidência de cercosporiose do cafeeiro cultivados em diferentes sistemas de cultivo.

## 6 CONCLUSÕES

- Em cafeeiros consorciados com ingazeiro (espaçamento de 8 x 15 m) a incidência de ferrugem foi superior à de cafeeiros consorciados com grevilea (espaçamento de 12 x 10 m) e de cafeeiros cultivados a pleno sol.
- A maior incidência da ferrugem foi observada em janeiro de 2002, para os três sistemas de cultivo avaliados.
- A incidência de cercosporiose foi diretamente afetada pela arborização da lavoura cafeeira. Maiores incidências ocorreram nos cafeeiros a pleno sol, seguidas dos consorciados com grevilea e, por último, dos cafeeiros consorciados com ingazeiro.
- As maiores incidências de cercosporiose, durante o período de avaliado, ocorreram, em 2001, no mês de junho, e em 2002 e 2003, nos meses de fevereiro e março.

## **7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ALMEIDA, S. R. Doenças do Cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 391-399.**

**BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais climatológicas de 1961- 1990 . Brasília : MARA, 1992, 84 p.**

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

**CARNEIRO FILHO, F.; MOURA, A. C.; ISHIZAKA, A. M. Interação entre a infecção pela ferrugem e efeito do frio na desfolha de cafeeiros, após geadas fracas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 15., 1998, Maringá. Resumos... Maringá: IBC, 1989. p. 89-90.**

**CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA /CNPQ; Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p. 288-291**

**CARVALHO, V. L. de ; CHALFOUN, S. M. Manejo Integrado das Principais Doenças do Cafeeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n.193, p.27-35, 1998.**

CARVALHO, V. L. et al. Influencia da produção na incidência de ferrugem do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 401-405, jun. 1996.

CARVALHO, V. L.; SALGADO, M.; CHALFOUN, S.M.; SALGADO, B.G. Comportamento das Doenças do Cafeeiro em Plantios Adensados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 32., 1999, Curitiba. **Resumos Expandidos...** Curitiba: SBF, 1999.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke. **Turrialba**, San Jose, v. 9, n. 2, p. 54-67, abr./jun. 1959.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 157 p.

MANSK, Z. Doenças do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 16., 1990, Espírito santo do Pinhal. **Resumos...** Rio de Janeiro: LBC, 1990. p. 61-77,

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: O Globo, 1991. 320 p.

POZZA, A. A. A. **Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro**. 1999. 70 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

**SANTOS, F. da S. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado. 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.**

**TALAMINI, V. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e fertirrigado por gotejamento. 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.**

**ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F. X.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.) controle de doenças. In: RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas.** Viçosa: Departamento de Fitopatologia; Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. v. 2, p. 83-179.**

## CAPÍTULO 3

### 1 RESUMO

**SALGADO, B. G. Caracterização de sistemas agroflorestais com cafeeiros em Lavras, Minas Gerais. 2004. Cap. 3, p. 64-115. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.<sup>1</sup>**

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar características silviculturais das árvores envolvidas em dois sistemas agroflorestais (Cafeeiros x ingazeiros e cafeeiros x grevilea), como a altura, o diâmetro a altura do peito (DAP) e a área de projeção de copa. Foram realizadas avaliações fitotécnicas dos cafeeiros inseridos nesses sistemas, como altura, diâmetro do tronco, projeção de copa, número de ramos plagiotrópicos e área foliar. Foi avaliada a produtividade dos cafeeiros nos diferentes sistemas arborizados e a pleno sol, no ano agrícola 2002/2003. Além disso, avaliou-se o estado nutricional dos cafeeiros e a fertilidade dos solos nos diferentes sistemas de cultivo agroflorestal e a pleno sol. As avaliações foram comparadas utilizando do delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por três tratamentos (cafeeiros x ingazeiros, cafeeiros x grevilea e cafeeiros a pleno sol) e sete repetições. Cada parcela amostral foi composta por vinte plantas úteis de cafeeiro, além da bordadura. As avaliações fitotécnicas e de produtividade dos cafeeiros seguiram o mesmo critério, diferindo apenas no número de plantas da parcela amostral (5 e 3 plantas, respectivamente). A produtividade de "café da roça" foi superior no sistema cafeeiro ingazeiro; o "café beneficiado" não apresentou diferenças significativas. A altura e a projeção de copa dos cafeeiros não apresentaram diferenças entre os sistemas; cafeeiros x ingazeiros apresentaram menor número de ramos plagiotrópicos e diâmetro do caule e maiores valores de área foliar. Análises dos solos não apresentaram diferenças significativas para as variáveis pH, V(%), H+Al, P, K e Mg entre os sistemas. Solo no cultivo a pleno sol apresentou maiores valores para MO, SB, (t) e Ca em comparação aos SAF's. A análise foliar não demonstrou diferença entre os teores de K e Fe entre os sistemas; N, P, Mg, S, Ca, B e Zn apresentaram-se maiores nos cafeeiros x ingazeiros, seguidos de cafeeiros x grevilea, e menores teores nos cafeeiros a pleno sol. Para o Mn e Cu os maiores valores foram encontrados para cafeeiros a pleno sol. Correlações entre variáveis nutricionais e edáficas apresentaram comportamento distinto entre os sistemas. Os ingazeiros componentes do sistema possuem, em média, altura de 12,64 m; DAP de 77,34 e área de copa de 176,20m<sup>2</sup>. Árvores de grevilea possuem, em média, altura de 8,74 m; DAP de 23,9 cm e área de copa de 26,07m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo -UFLA ( orientador ); Maria Inês Nogueira Alvarenga & Vicente Luiz de Carvalho - EPAMIG.

## 2 ABSTRACT

SALGADO, Bruno Grandi. **Characterization of agroforestry systems with coffee plants in Lavras, Minas Gerais**. 2004. Chap 3, p. 64-115. Dissertation – (Master Science in Forestry Engineering) Universidade Federal de Lavras, Lavras.<sup>2</sup>

This research aimed at evaluating the silvicultural characteristics of trees such as height, breast height diameter (BHD) and crown projection area involved in two agroforestry systems (Coffee plants x ingazeiros and coffee plants x grevilia). Performance evaluations of the coffee plants established in those systems, such as height, trunk diameter, crown projection, number of plagiotropic branches and leaf area were done. Yield of the coffee plants in the different tree-planted systems and in the full sunshine in the agricultural year 2002/2003 was assessed. In addition, the nutritional status of the coffee plants and soil fertility in the different systems of agroforest cultivation and in the full sunshine were evaluated. The evaluations were compared by utilizing the experimental completely randomized design consisting of three treatments (coffee plants x ingazeiros, coffee plants x grevilia and coffee plants in the full sunshine) and seven replicates. Each sample plot was made up of twenty useful coffee plants, in addition to the border. The performance and yield evaluations of the coffee plants followed the same criterion, differing only in the number of the plants of the sample plot (5 and 3 plants, respectively). The yield of “café da roça” was superior in the coffee x ingazeiro system; “processed coffee” presented no significant differences. Height and crown projection of the coffee plants showed no differences between the systems; coffee plants x ingazeiros presented the smallest number of plagiotropic branches and stem diameter and higher values of leaf area. Soil analysis showed no significant differences for the variables pH, V (%), H +Al, P, K and Mg among the systems. Soils in the cultivations in the full sunshine presented the greatest values for MO, SB, (t) and Ca as compared with the agroforest systems. Leaf analysis showed no difference between the contents of K and Fe between the systems; N, P, Mg, S, Ca, B and Zn were greater in the coffee plants x ingazeiros, followed of coffee plants x grevilea and smaller contents in the coffee plants in the full sunshine. For Mn and Cu, the highest values were found for coffee plants in the full sunshine. Correlations among nutritional and edaphic variables presented distinct behavior among the systems. The ingazeiros composing the system possess, on average, height of 12,64 m, BHD of 77,34 and crown area of 176,20 m<sup>2</sup>. Grevilea trees possess the means: height of 8,74 m, BHD of 23,9 cm and crown area of 26,07m<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Guidance Committee: Renato Luiz Grisi Macedo - UFLA (adviser), Maria Inês Nogueira Alvarenga & Vicente Luiz de Carvalho – EPAMIG

### 3 INTRODUÇÃO

Entre as diversas técnicas de manejo utilizadas pela agricultura, surgiram os sistemas agroflorestais ou SAF's, formas de cultivo em que se consorciavam, em uma mesma área, espécies arbóreas e cultivos agrícolas e/ou animais. Os estudos envolvendo tais sistemas têm avançado muito pelas várias regiões do Brasil, incentivados tanto pelo uso de práticas conservacionista do solo e da água, quanto pela manutenção de produtividades satisfatórias e até mesmo com maiores retornos ao produtor.

O estudo desses sistemas produtivos torna-se de suma importância pela inclusão de uma nova variável a ser entendida, ou seja, a interação/relação que ocorre entre os cultivos agrícolas e as árvores presentes nos sistemas agroflorestais. Questões como o crescimento, produtividade e nutrição das plantas devem ser melhor entendidas, de forma a possibilitar a difusão e implantação dessas técnicas. Neste contexto, o conhecimento multidisciplinar surge como uma importante ferramenta, que possibilitará o melhor entendimento desses sistemas produtivos e de suas correlações com as variáveis ambientais.

Questões como a erosão e perdas de solo, o comprometimento da produtividade esperada, a competição entre as espécies consorciadas e suas relações abrem um campo atraente na pesquisa, envolvendo a agricultura e a silvicultura conjuntamente.

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi a caracterização das alterações ocorridas nos parâmetros nutricionais, de crescimento e produtividade dos cafeeiros sob sistemas agroflorestais (cafeeiros consorciados com ingazeiro e cafeeiros com grevilea) e a pleno sol. Além disso, foram avaliadas características silviculturais das árvores e parâmetros químicos dos solos em cada um desses sistemas.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização do local de estudo**

O presente trabalho desenvolveu-se em lavouras de propriedade particular no município de Lavras, sul de Minas Gerais, onde se encontram os cultivos de cafeeiro a pleno sol, cafeeiro consorciado com Ingá e cafeeiro consorciado com grevilea. A área possui declividade média de 9% e está localizada a uma altitude média de 900 m, latitude de 21°14'S e longitude de 45°00'W . Apresenta clima do tipo CWa segundo a classificação de Koppen. A temperatura média anual é de 19,4°C , com a média da máxima de 26,1°C e a média da mínima de 14,8 °C; a precipitação média anual é de 1529,7mm (Brasil, 1992).

O cafeeiro estudado é da variedade Mundo Novo, plantado no mesmo ano nos três sistemas avaliados e passando pelos mesmos tratamentos culturais. Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de 4 x 1m nos três sistemas estudados, sofreram uma recepção há cinco anos e encontram-se em plena atividade produtiva.

### **4.2 Delineamento Experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por três tratamentos (cafeeiros x ingazeiros, cafeeiros x grevilea e cafeeiros a pleno sol) e sete repetições. As parcelas nas quais foram coletadas as folhas e o material de solo para as avaliações nutricionais e edáficas foram compostas por 66 plantas de cafeeiros (três linhas de 22 plantas), sendo consideradas úteis as vinte plantas internas da linha central e as outras como a bordadura. Das vinte plantas úteis da parcela, cinco foram utilizadas para as medições fitotécnicas (plantas número 1, 2, 3, 4 e 5). Nas parcelas utilizadas

para as avaliações fitotécnicas foram escolhidas, ainda, as plantas de numeração 1, 3 e 5 para a avaliação da produtividade dos cafeeiros.

### **4.3 Produtividade dos Cafeeiros**

Em agosto de 2003 foi realizada a avaliação da produtividade dos cafeeiros, que consistiu em efetuar a colheita dos frutos de cafeeiro sobre o pano, os quais, após retirada de folhas e galhos, foram pesados. O peso dos grãos obtido após a colheita foi denominado de "café da roça". Após obtidos os valores de café da roça, uma amostra de 3 Kg de fruto de cafeeiro foi retirada de cada parcela e levada a secar em terreiro ao sol, até os frutos atingirem o teor de aproximadamente 11% de umidade. A seguir os frutos foram beneficiados (retirada da casca) e pesados, obtendo-se os valores referentes ao denominado "café beneficiado".

De posse dos valores de café beneficiado referentes às três plantas úteis da parcela, esses foram extrapolados para o hectare, submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott.

### **4.4 Avaliações Fitotécnicas**

No mês de maio de 2003 foram realizadas avaliações para a caracterização dos cafeeiros cultivados nos diferentes sistemas, avaliando-se a altura, o diâmetro do caule, a projeção de copa, o número de ramos plagiotrópicos e a área foliar dos cafeeiros. As medições foram realizadas nas plantas 1, 2, 3, 4 e 5 das vinte plantas úteis de cada uma das sete parcelas instaladas em cada sistema.

### **Altura**

A altura dos cafeeiros foi medida utilizando-se vara telescópica e os valores foram obtidos em metros.

### **Diâmetro do caule**

O diâmetro do caule foi medido sempre a 5 cm do solo, utilizando-se paquímetro, e os valores foram obtidos em centímetros.

### **Projeção de copa**

A copa dos cafeeiros foi medida com trena graduada em centímetros, medindo-se a projeção das mesmas no sentido perpendicular à linha de plantio, já que no sentido da linha o encontro das copas impossibilitou essa medição.

### **Número de ramos plagiotrópicos**

Para o estudo da densidade da copa dos cafeeiros foram contados todos os ramos plagiotrópicos primários até a altura de 1 metro do solo.

### **Área foliar dos cafeeiros**

Para a medição da área foliar foram coletadas duas folhas aleatoriamente, do 3º par de folhas do ramo, a partir do ápice, no terço médio da planta, totalizando 10 folhas por parcela. As folhas foram digitalizadas com a utilização de Scanner e posteriormente foram medidas utilizando-se o programa ImageTool® para a determinação da área foliar a ser estudada.

## **4.5 Avaliações Nutricionais**

Após a colheita realizada em todos os cafeeiros no mês de agosto de 2003, procedeu-se a coleta de folhas nos diferentes sistemas de cultivo do

cafeeiro, com a finalidade de observar o estado nutricional das plantas através da análise foliar.

Foram coletadas 5 folhas por planta das parcelas amostrais, compostas por 20 plantas, ao acaso, no terço médio da planta, do 3° e 4° pares de folhas a partir do ápice, totalizando 100 folhas por parcela. As folhas foram lavadas e secas em estufa com temperatura constante e, posteriormente, moídas e preparadas para o envio ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl modificado; fósforo e boro, por colorimetria (azul de molibdênio e curcumina, respectivamente); o potássio, por fotometria de chama de emissão e cálcio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag, 1974).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott.

De posse dos valores nutricionais médios das folhas foi utilizado o método proposto por Montañéz et al. (1993), que permite conhecer o percentual de desvio da concentração de um nutriente qualquer em relação à norma ou desvio percentual do ótimo (DOP), para cada nutriente analisado, de acordo com a seguinte expressão:

$$DOP = [ ( C \times 100) / C_{ref.} ] - 100 \quad ,$$

em que:

C = Concentração do nutriente na amostra;

C<sub>ref.</sub> = Concentração do nutriente preconizada pela norma para as mesmas condições de amostragem.

Um índice DOP negativo indica deficiência e um índice positivo, excesso do nutriente. Índice DOP igual a zero indica que o nutriente se encontra em concentração ótima.

O somatório dos valores absolutos dos índices DOP calculados para todos os nutrientes analisados representa um índice de balanço nutricional e permite comparar o estado nutricional de lavouras distintas entre si, constatando-se o maior desequilíbrio naquelas em que o somatório se apresenta maior.

Para a obtenção dos índices, os resultados médios da análise foliar, em cada sistema de cultivo, foram comparados segundo padrões de fertilidade da 5ª aproximação da CFSEMG (1999).

#### **4.6 Avaliação da fertilidade dos solos**

As amostragens de fertilidade do solo foram realizadas em setembro de 2003, com trado holandês na projeção da copa do cafeeiro, numa profundidade de 0-20cm, nas sete repetições, em cada um dos três sistemas de cultivo do cafeeiro estudados. Em cada repetição foram estabelecidos cinco pontos de amostragem junto às vinte plantas úteis de cada parcela amostral, dos dois lados do cafeeiro. As amostras simples desses cinco pontos foram homogeneizadas, sendo retirada uma amostra de aproximadamente 1,0 kg de material de solo, que foi colocada em saco plástico e identificada.

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), CTC efetiva (t), soma de bases (SB), saturação de bases (V) e matéria orgânica (MO).

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 água em 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 0,025 N (Barnhisel & Bertsch, 1983); as bases trocáveis foram extraídas com KCl 1N e determinadas por titulometria com EDTA 0,025 N (Lanyon & Heald, 1982); o potássio disponível foi obtido com solução extratora Mehlich I (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N) e analisado por fotometria de chama e o fósforo disponível foi determinado pelo método da resina (EMBRAPA, 1979). O enxofre foi determinado por turbidimetria (Blanchar et al., 1965).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Scott-Knott, e estes resultados foram comparados com os níveis críticos para a cultura do cafeeiro propostos pela CFSEMG (1999).

#### **4.7 Correlação entre a fertilidade dos solos e a nutrição dos cafeeiros**

Foram realizados estudos de correlação entre os teores de nutrientes encontrados na análise foliar dos cafeeiros e as variáveis advindas da análise dos solos. As correlações foram realizadas para cada sistema, de forma a possibilitar o entendimento do que ocorre em cada um, ressaltando suas particularidades.

Foi utilizado o método de correlação de PEARSON e as análises foram realizadas utilizando-se o programa "Statistical Analysis System" (SAS) do SAS Institute (1989), licenciado para o Departamento de Ciências Exatas da UFLA.

#### **4.8 Avaliações Silviculturais**

As avaliações das árvores componentes dos sistemas estudados foram realizadas em maio de 2003 da mesma forma, tanto nos ingazeiros quanto nas árvores de grevilea.

## **Altura**

A altura das árvores foi obtida utilizando um hipsômetro, com os valores em metros.

## **Diâmetro à altura do peito (DAP)**

A circunferência das árvores foi medida a 1,3 m do solo, utilizando-se fita métrica, sendo os valores obtidos transformados em diâmetro (DAP). As podas nos ingazeiros não impossibilitaram tal medição, por terem sido realizadas apenas nos galhos das árvores.

## **Área de projeção de copa**

A área de projeção de copa (expressa em m<sup>2</sup>) foi obtida tomando-se duas medidas, o comprimento da copa no sentido das linhas de cafeeiro ( P1 ) e comprimento no sentido perpendicular às linhas de plantio ( P2 ), através da fórmula:

$$\text{A área de projeção de copa : } \frac{P1 * P2 * \pi}{4}$$

## **Altura do fuste e Número de bifurcações**

Nas árvores de ingazeiro foram também avaliados a altura do fuste (ou início das bifurcações) e o número de bifurcações principais da árvore, de forma a caracterizar com mais detalhes a forma específica da espécie quando em plantios comerciais, já que não se conhecem casos de plantios de ingazeiros para fins produtivos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Produtividade dos Cafeeiros

Na Tabela 01 é apresentado o resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias gerais para produtividade de "café da roça", "café beneficiado" e produtividade de "café por hectare" nos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. Esses dados referem-se à colheita realizada no mês de agosto de 2003, um ano em que houve considerável produtividade dos cafeeiros na região sul do estado de Minas Gerais.

As diferenças constatadas na produtividade do "café da roça", nos sistemas sombreados em comparação ao peno sol, provavelmente devem-se ao maior teor de umidade dos frutos de cafeeiros sombreados momento da colheita.

TABELA 01 - Resumo das análises de variância, coeficiente de variação e médias gerais para produtividade de café da roça e café beneficiado (kg/parcela) e produtividade de café por hectare (sacas de 60 kg/hectare) nos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro.

| FV          | GL | Quadrados Médios |                    |                    |
|-------------|----|------------------|--------------------|--------------------|
|             |    | "Café da Roça"   | "Café Beneficiado" | "Café por hectare" |
| Tratamento  | 2  | 14,66**          | 0,93NS             | 180,99NS           |
| Erro        | 18 | 2,35             | 0,55               | 107,39             |
| CV(%)       |    | 19,19            | 23,57              | 23,58              |
| Média geral |    | 7,99             | 3,16               | 43,95              |

\*\* Significativo a 1% pelo teste "F".

NS - Não significativo.

Após a secagem e o beneficiamento não se observaram mais diferenças significativas nos frutos de café secos a aproximadamente 11% de umidade.

Após a secagem e beneficiamento dos frutos de cafeeiro, esses foram novamente pesados; com esses valores foi realizada a análise estatística referente ao "café beneficiado", a qual não demonstrou diferença significativa para os três sistemas estudados. Os valores referentes a sacas de café beneficiado/hectare também não diferiram entre os sistemas estudados (Tabela 02).

Embora estatisticamente não tenham sido observadas diferenças significativas para a produtividade de "café por hectare", na prática as diferenças de 10,12 e 5,95 sacas de 60 kg/hectare, favoráveis, respectivamente, aos cafeeiros consorciados com ingazeiro e grevilea, representam uma lucratividade significativa para estes sistemas quando comparado com os cafeeiros a pleno sol. Com o valor da saca de 60 kg de café bica fina no Sul de Minas Gerais em US\$60,20 em janeiro de 2004, os sistemas agroflorestais levaram a um aumento de receita, por hectare, de US\$609,22 e US\$358,19, favoráveis, respectivamente, aos cafeeiros consorciados com ingazeiro e grevilea.

**TABELA 02 - Valores médios de produtividade de café da roça e café beneficiado (kg/parcela) e produtividade de café por hectare (sacas de 60 kg/hectare) nos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro.**

| Sistemas               | "Café da Roça" | "Café Beneficiado" | "Café por hectare" |
|------------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Cafeeiros x ingazeiros | 9,30 a         | 3,50 a             | 48,71 a            |
| Cafeeiros x grevilea   | 8,23 a         | 3,20 a             | 44,54 a            |
| Cafeeiros a pleno sol  | 6,44 b         | 2,77 a             | 38,59 a            |

Valores precedidos de mesma letra na coluna, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

"Café da roça" e "café beneficiado", unidades em kg / parcela ( 3 plantas).

"Café por hectare", unidades em sacas 60 kg / hectare.

Deve-se ressaltar que as avaliações foram realizadas apenas por uma safra agrícola, o que pode levar a menores ou maiores diferenças entre os sistemas se as avaliações forem realizadas por um maior período de tempo.

Segundo previsões do Agriannual 2004, a produtividade de café arábica para o Sul e Oeste de Minas foi de 25,97 sacas de café beneficiado por hectare na safra 2002/2003, o que coloca os cafeeiros do presente estudo em um nível de produtividade bastante superior à média esperada para a região (Agriannual, 2003). O sistema agroflorestal cafeeiro x ingazeiro, com uma produtividade média de 48,71 sacas/ha, chegou a quase o dobro da média esperada em tais previsões. Essa maior produtividade possivelmente se deve ao manejo adotado na condução da lavoura, aliado ao efeito positivo do componente arbóreo sobre os cafeeiros.

Segundo vários autores (Vilas Boas et al., 2000; Pereira, 2001; Santos, 2000; Moreira, 2003), em estudos envolvendo a consorciação de cafeeiros e espécies arbóreas em sistemas agroflorestais, não foram observadas diferenças significativas na produtividade dos cafeeiros em função destes consórcios. Estes estudos, envolvendo diferentes cultivares de cafeeiro em consórcios com diferentes espécies arbóreas, em diferentes regiões do Brasil, demonstram e corroboram com o presente estudo ao afirmarem que a produtividade do cafeeiro pode manter-se a mesma e até mostrar-se superior quando se comparam aquelas lavouras tradicionalmente cultivadas a pleno sol àquelas cultivadas com a presença de árvores.

Segundo Santos (2000), quando se compara apenas a produtividade dos cafeeiros ocorre uma similaridade quanto às receitas obtidas dos diferentes sistemas de cultivo, mas quando se insere no quadro de receitas o capital advindo da exploração do componente arbóreo, fica claro que os sistemas agroflorestais ultrapassam em receita final aqueles sistemas de cultivo de cafeeiros a pleno sol. Muitas vezes o componente arbóreo atua no sistema como

uma poupança, em que, no final do ciclo da lavoura cafeeira, a exploração e a venda da madeira possibilitam a entrada de receitas e a diminuição dos custos de reforma da cultura.

Estudo realizado por Neves (2001), avaliando a produtividade dos cafeeiros em três sistemas agroflorestais e a pleno sol, constatou maiores produtividades nos cafeeiros a pleno sol e em um dos sistemas consorciados do que nos outros sistemas avaliados, indicando, assim, que vários fatores estão atuando na eficiência da arborização das lavouras, como as espécies utilizadas e seu arranjo espacial, a interação ecológica entre as espécies e os espaçamentos utilizados, entre outros. Essas considerações evidenciam a complexidade de tais estudos.

Outros estudos comparando a produtividade de cafeeiros a pleno sol a cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais obtiveram resultados a favor daqueles cafeeiros em cultivo solteiro (Campanha et al., 2003; Passeri et al., 2003). Esses resultados demonstram que o manejo desses sistemas de cultivo deve ser realizado observando-se criteriosamente os efeitos competitivos entre seus componentes, tanto em relação às necessidades nutricionais quanto ao nível de sombreamento a que os cafeeiros estão submetidos, com a finalidade de otimizar ganhos em produtividade dos cafeeiros.

Montagnini (1992) acrescenta que a manutenção da ciclagem de nutrientes, propiciada pela queda de folhas, galhos e frutos das árvores consorciadas, aumenta, ou no mínimo sustenta a produtividade. Além disso, espécies fixadoras de nitrogênio, como é o caso do ingazeiro, podem estar associados a micorrizas (bactérias fixadoras de nitrogênio), melhorando o aproveitamento da fertilidade do solo (Lunz & Franke, 1998).

Assim, um próximo passo no manejo de tais sistemas seria a menor necessidade do uso de insumos e investimentos externos, por ocorrer um reaproveitamento natural dos recursos presentes e intrínsecos ao sistema.

## 5.2 Avaliações Fitotécnicas

Na tabela 03 são apresentados o resumo da análise variância, coeficientes de variação e médias gerais para as avaliações fitotécnicas realizadas nos cafeeiros cultivados em diferentes sistemas (cafeeiros x ingazeiros, cafeeiros x grevilea e cafeeiros cultivados a pleno sol).

De acordo com os dados de crescimento e desenvolvimento dos cafeeiros avaliados, a altura e projeção de copa foram as características que não mostraram diferença significativa, sendo que as demais variáveis avaliadas apresentaram valores significativamente diferentes, como pode ser visualizado na Tabela 04.

TABELA 03- Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para as variáveis altura, projeção da copa, diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos e área foliar de cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo.

| FV          | GL | Quadrados médios |                      |                        |                                |                                |
|-------------|----|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|             |    | Altura (m)       | Projeção da copa (m) | Diâmetro do caule (cm) | Número de ramos plagiotrópicos | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) |
| Trat.       | 2  | 0,0003NS         | 0,026NS              | 2,29**                 | 290,52**                       | 803.80**                       |
| Erro        | 18 | 0,005            | 0,006                | 0,05                   | 0,73                           | 29,15                          |
| CV(%)       |    | 3,05             | 3,15                 | 6,77                   | 3,38                           | 14,13                          |
| Média geral |    | 2,52             | 2,48                 | 3,46                   | 25,43                          | 38,20                          |

\*\* Significativo pelo teste de Scott-Knott ( P<0,05)

TABELA 04 - Valores médios de altura, projeção de copa, diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos e área foliar de cafeeiro nos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro.

| Sistemas         | Altura<br>(m) | Projeção<br>de copa<br>(m) | Diâmetro<br>do caule<br>(cm) | Número de<br>ramos<br>plagiotrópicos | Área<br>foliar<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|---------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Café x Ingá      | 2,52 a        | 2,48 a                     | 2,80 b                       | 18,00 b                              | 49,52 a                              |
| Café x Grevílea  | 2,51 a        | 2,42 a                     | 3,75 a                       | 29,05 a                              | 36,89 b                              |
| Café x Pleno sol | 2,52 a        | 2,54 a                     | 3,84 a                       | 29,25 a                              | 28,21 c                              |

Valores precedidos de mesma letra na coluna, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott.

Estudo realizado por Augusto et al. (2001), avaliando o crescimento vegetativo do cafeeiro em espaçamentos adensados, concluiu que aos 20 meses após o plantio, plantas mais altas tendem a produzir mais; aos 33 meses, plantas com maior diâmetro do caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas. No presente estudo, os cafeeiros x ingazeiros apresentaram menores valores para diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, embora essas diferenças não tenham se mostrado desfavoráveis quanto à produtividade nesses sistemas.

Segundo Fernandes (1986) e Carelli et al.(2001), há uma tendência de maiores copas em cafeeiros cultivados sombreados, já que a busca por luz levaria os ramos a um maior crescimento, quando comparado aos cultivos a pleno sol. No presente estudo não foi verificado um maior crescimento dos ramos e a projeção de copa não mostrou diferenças significativas entre os sistemas.

Cafeeiros consorciados com ingazeiro mostraram menores valores para o número de ramos plagiotrópicos, indicando que aqueles cafeeiros a pleno sol e

consoiciados com grevilea possuem uma copa mais densa e enfolhada. Essa diferença, porém, não levou os cafeeiros com maior número de ramos a uma maior produtividade, indicando que, possivelmente, os cafeeiros consoiciados com ingazeiros mostraram-se mais eficientes na produção de frutos, por possuirem relativamente menor número de ramos para o desenvolvimento da floração e posterior frutificação.

Estudos realizados por Alves (1999) e Vilella (2001) relacionando o número de ramos plagiotrópicos ao aumento de lâminas de irrigação não observaram efeito significativo, levando a crer que no presente estudo esta diferença com relação ao número de ramos plagiotrópicos deve-se provavelmente ao sombreamento a que os cafeeiros estão submetidos e não a disponibilidade de água nos diferentes sistemas avaliados.

A rea foliar dos cafeeiros estudados mostrou diferenças significativas para os três sistemas avaliados, com maiores valores nos cafeeiros x ingazeiros, valores médios nos cafeeiros x grevilea e menores valores nos cafeeiros cultivados a pleno sol. Esses resultados estão de acordo com Hollies, citado por Rena & Maestri (1986), que argumenta que o sombreamento induz a um aumento na área das folhas. Fernandes (1896) acrescenta que além de ocorrerem folhas de maiores tamanhos, há uma redução no seu número em cultivos arborizados. A menor quantidade de folhas no sistema cafeeiro x ingazeiro fica clara quando se observa um menor número de ramos plagiotrópicos naqueles cafeeiros, embora essas folhas possuam uma maior área foliar.

Nunes et al., citados por Rena & Maestri (1986), ao verificarem que o melhor crescimento se deu com temperaturas dia/noite de 24/20C, concluiram que a temperatura é mais importante que a luz no controle do crescimento da folha. Os mesmos autores citam a seca e as altas temperaturas como responsáveis por uma acentuada queda de folhas, diminuindo a duração foliar, por promoverem uma diminuição em seus níveis de carboidratos.

De acordo com o exposto, espera-se que o maior crescimento das folhas no sistema consorciado com ingazeiro esteja ocorrendo devido a uma condição térmica mais propícia ao desenvolvimento da planta nesse sistema, já que suas folhas estão menos expostas à radiação solar e, conseqüentemente, ficam melhor protegidas em períodos muito quentes. Reflexos dessa maior proteção podem estar no fenômeno da retenção foliar, a qual, segundo Rena & Maestri (1986), é muito importante como fator de aumento de rendimento e estabilidade da produção.

A maior retenção foliar pode estar diretamente relacionada a maior capacidade de produção de fotoassimilados e eficiência fotossintética.

Ao longo do período de coleta dos dados em campo observou-se, também, que nos sistemas agroflorestais as condições visuais dos cafeeiros mostraram-se sempre melhores, com folhas de verde intenso e com brilho, maior uniformidade da lavoura e com um aspecto vegetativo superior aos dos cafeeiros cultivados a pleno sol.

Durante períodos de baixa ou nenhuma precipitação, essas condições de superioridade dos cafeeiros inseridos nos sistemas agroflorestais apresentavam-se mais marcantes, pois, além do déficit hídrico, a presença da radiação solar direta ainda favorece a maior evapotranspiração dos cafeeiros cultivados a pleno sol.

### **5.3 Avaliações nutricionais**

Na tabela 05 são apresentados o resumo da análise de variância, os coeficientes de variação e as médias gerais para os resultados das análises foliares de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe, de cafeeiros cultivados a pleno sol e em diferentes sistemas agroflorestais (cafeeiros x ingazeiro e cafeeiros x grevilea).

TABELA 05 - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe, obtidos a partir de análise foliar do cafeeiro em diferentes sistemas de cultivo.

| FV             | GL | Quadrado médio |        |                    |        |        |        |           |           |           |          |                      |
|----------------|----|----------------|--------|--------------------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------------|
|                |    | N              | P      | K                  | Ca     | Mg     | S      | B         | Cu        | Mn        | Zn       | Fe                   |
| Trat.          | 2  | 3,27*          | 0,015* | 0,15 <sup>NS</sup> | 0,95** | 0,02** | 0,03** | 5342,92** | 6193,33** | 2275,52** | 7963,3** | 2719,2 <sup>NS</sup> |
| Erro           | 18 | 0,81           | 0,003  | 0,19               | 0,014  | 0,001  | 0,004  | 67,70     | 230,63    | 144,03    | 189,25   | 1278,74              |
| CV(%)          |    | 28,76          | 35,19  | 22,60              | 8,40   | 15,91  | 35,42  | 12,90     | 24,94     | 14,58     | 21,63    | 10,33                |
| Média<br>geral |    | 3,14           | 0,17   | 1,93               | 1,41   | 0,20   | 0,18   | 63,76     | 60,89     | 82,28     | 63,61    | 346,05               |

\* Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

Valores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S expressos em porcentagem.

Valores médios dos micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe expressos em ppm.

Observa-se, pela Tabela 06, que houve diferença significativa entre quase todos os nutrientes avaliados, com exceção do potássio (K) e do ferro (Fe), que apresentaram valores bastante próximos em todos os sistemas avaliados. Para os nutrientes cálcio (Ca), boro (B) e zinco (Zn), foi observada uma diferença entre os três sistemas avaliados, apresentando maiores valores no sistema cafeeiro x ingazeiro, seguido do sistema cafeeiro x grevilea, e menores valores nos cafeeiros cultivados a pleno sol. Para o nitrogênio (N), fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S), os maiores valores foram observados no sistema cafeeiro x ingazeiro, sendo que, para os cafeeiros cultivados com grevilea e a pleno sol, as diferenças foram não significativas. Os teores de manganês (Mn) e cobre (Cu) apresentaram maiores valores no sistema a pleno sol, não diferindo para os cafeeiros em sistemas agroflorestais.

Na Tabela 07 são apresentados os índices de desvio percentual do ótimo (DOP) para cada nutriente analisado (Montañéz et al., 1993).

TABELA 06 - Valores médios dos nutrientes encontrados em análise foliar de cafeeiros cultivados em diferentes sistemas de cultivo.

| Sist. | N     | P     | K     | Ca    | Mg    | S     | B     | Cu    | Mn    | Zn    | Fe    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (I)   | 3,92a | 0,22a | 2,10a | 1,80a | 0,27a | 0,26a | 94,9a | 50,3b | 72,6b | 96,6a | 368 a |
| (G)   | 2,83b | 0,14b | 1,84a | 1,35b | 0,18b | 0,15b | 53,9b | 37,8b | 71,1b | 65,0b | 332 a |
| (P)   | 2,66b | 0,14b | 1,84a | 1,07c | 0,15b | 0,12b | 42,3c | 94,4a | 103 a | 29,2c | 336 a |

Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

(I) cafeeiros x ingazeiros; (G) cafeeiros x grevilea e (P) cafeeiros a pleno sol.

Valores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S expressos em porcentagem.

Valores médios dos micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe expressos em ppm.

TABELA 07 - Desvio percentual do ótimo (DOP) para cada nutriente calculado a partir de dados de análise foliar do cafeeiros em diferentes sistemas de cultivo.

| Sistema         | N  | P  | K   | Ca | Mg  | S   | B  | Cu  | Mn  | Zn  | Fe  | Total |
|-----------------|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Café x ingá     | 21 | 37 | 0   | 42 | -6  | 18  | 18 | 93  | -18 | 302 | 197 | 757   |
| Café x grevilea | 0  | 0  | -12 | 7  | -38 | 0   | 0  | 45  | -20 | 170 | 168 | 462   |
| Café pleno sol  | -7 | 0  | -12 | 0  | -48 | -14 | 0  | 263 | 0   | 21  | 171 | 539   |

Valores iguais a zero = teor de nutrientes na faixa de suficiência; valores positivos = teores acima da faixa ; valores negativos = teores abaixo da faixa de suficiência. Faixas de suficiência obtida pela 5ª aproximação CFSEMG (1999).

De acordo com o índice DOP, os cafeeiros consorciados com grevilea apresentam o melhor estado nutricional quando observa-se o menor valor do somatório dos índices, seguidos pelos cafeeiros a pleno sol e os cafeeiros cultivados com ingazeiros.

Analisando separadamente cada sistema, nota-se que nos cultivos consorciados com ingazeiro os nutrientes N, P, Ca, S, B, Cu, Zn e Fe apresentaram teores acima do considerado padrão (valores positivos); K encontra-se no nível adequado e Mg e Mn apresentaram valores abaixo do considerado padrão para o Sul de Minas Gerais (valores negativos).

Nos cafeeiros consorciados com grevilea, N, P, S e B apresentaram teores na faixa de suficiência (valor igual a zero); para K, Mg e Mn, os valores estão abaixo do padrão; e para Ca, Cu, Zn e Fe os níveis mostraram-se acima do ideal. Considerando essa classificação, observa-se que o sistema cafeeiro x grevilea tende a um maior equilíbrio nutricional por apresentar maior número de nutrientes na faixa considerada padrão e, também, pela menor diferença, positiva ou negativa, dos outros nutrientes em relação a esta faixa ótima.

Os cafeeiros cultivados a pleno sol, apesar de serem considerados melhor equilibrados nutricionalmente que os cafeeiros consorciados com ingazeiro, pelo índice DOP, foram os que apresentaram o maior número de nutrientes abaixo dos níveis críticos: N, K, Mg e S. Os nutrientes P, Ca, Mn e B apresentaram teores considerados padrão e o Cu, Zn e Fe apresentaram valores acima dos níveis ideais para o Sul de Minas Gerais.

Segundo Martinez et al.(1999), a determinação dos níveis críticos ou das faixas de suficiência para os diversos nutrientes é uma das fases que demandam grande esforço por parte da pesquisa, pois, embora já existam informações sobre esses níveis, muito há que se avançar em relação a esse assunto, haja visto que os manuais de recomendação vêm sendo aprimorados a cada dia.

Diante disso, sabe-se que a determinação dessas faixas de suficiência para a cultura cafeeira foi alcançada após avaliações em diversas lavouras, em que foram comparados os teores de nutrientes até se estabelecerem os níveis adequados. A questão é que esses níveis para cada nutriente foram alcançados em estudos com cafeeiros cultivados exclusivamente a pleno sol, o que leva ao questionamento sobre se esses níveis também seriam os ideais para aqueles cafeeiros cultivados em um ambiente arborizado, onde os mecanismos fisiológicos da planta funcionam de acordo com as novas condições ambientais de luminosidade, temperatura e umidade.

Em estudo com cafeeiros cultivados em sistemas orgânicos, Martins et al. (2001) observaram que as plantas nesses sistemas também apresentaram um excesso de fósforo em suas folhas, mesmo estando os solos deficientes nesse nutriente no período de avaliação.

Os resultados das avaliações fitotécnicas dos cafeeiros permitiram concluir que os cafeeiros consorciados com ingazeiro possuem um volume de copa menor, com menos ramos plagiotrópicos e área foliar maior do que os cafeeiros a pleno sol, o que conduz à suposição de que essas diferenças

nutricionais podem estar relacionadas com as características vegetativas observadas nesses cafeeiros. Teores de nutrientes foliares considerados acima do adequado para os cafeeiros consorciados com ingazeiros podem ser o resultado de uma adaptação fisiológica a esse ambiente diferenciado e não sinal de toxidez e problemas nutricionais para a cultura cafeeira.

Segundo Montagnini (1992), a utilização de espécies fixadoras de nitrogênio e de outras que associam-se a micorrizas melhora o aproveitamento da fertilidade do solo, assim, o estado nutricional de cafeeiros cultivados com ingazeiro possivelmente tem uma relação com essas associações simbióticas e a sua capacidade de disponibilização de nutrientes, principalmente de nitrogênio, à cultura consorciada.

A umidade do solo é fator essencial para a disponibilidade de nutrientes às plantas e particularmente necessária para que os elementos contidos na matéria orgânica (N, S, B, por exemplo) passem para a solução do solo através da mineralização (Malavolta, 1989). Diante disso, o sombreamento pode atuar mantendo a umidade do solo por um maior período de tempo, favorecendo a absorção de nutrientes nos sistemas agroflorestais. A deposição no solo de folhas, galhos e frutos das árvores, além de formar um manto que permitiria a menor evaporação da água contida no solo, ainda seria responsável pela adição de material orgânico, que após mineralização, poderia ser utilizado pelas plantas de cafeeiro.

Em estudo comparativo entre um sistema agroflorestal com café e um monocultivo de cafeeiro, Campanha et al.(2003) observaram maior umidade no solo (20-40cm) no sistema agroflorestal, que também apresentou maiores valores de Ca, Mg, Zn, soma de bases (SB) e índice de saturação de bases (V) e menor teor de Al nos solos, o que pode indicar uma maior eficiência na absorção de nutrientes pelos cafeeiros cultivados nos sistemas em que há maior retenção de umidade no solo, ou seja, nos cultivos consorciados.

Ricci (2003) cita que leguminosas usadas como adubo verde podem incorporar, em média, 188 kg N/ha/ano via fixação biológica, o que pode levar a associação de cafeeiros com espécies leguminosas a favorecer o aporte de N, de matéria orgânica e outros nutrientes ao agroecossistema. A mesma autora demonstrou que a adubação verde com guandu (*Cajanus cajan*) aumentou significativamente os teores de N no tecido foliar dos cafeeiros. Nos tratamentos em que o cafeeiro foi consorciado com a leguminosa, o teor médio de N foi de 3,31% , contra 2,74% obtidos na ausência da leguminosa.

Em outro estudo realizado por Costa (2003), dados médios da análise foliar do cafeeiro, coletados durante três anos, indicaram que o uso da leguminosa *Arachis pintoi* na rua do cafeeiro mais capina manual na linha levou a um maior teor de N e um menor teor de Ca nas folhas do cafeeiro.

Nos últimos anos os cultivos orgânicos têm ganhado muito espaço na cafeicultura brasileira, onde a adoção de rígidos critérios de produção levam esse produto a um diferencial, tanto com relação ao preço final de mercado quanto a outras características ligadas à qualidade da bebida, ao respeito ao meio ambiente e à melhor qualidade de vida do homem do campo. Desta forma, a utilização de leguminosas como o ingá, o guandu e outras espécies, consorciadas aos cafeeiros, passa a ser muito importante para a manutenção desses sistemas orgânicos pela sua atuação no fornecimento de parte dos nutrientes, que antes vinham do uso de fertilizantes químicos de alta solubilidade, tais como as formulações de NPK.

#### **5.4 Avaliação da fertilidade do solo**

Na tabela 08 são apresentados o resumo da análise variância, os coeficientes de variação e as médias gerais para os macronutrientes P, K, Ca, Mg e para a acidez potencial (H+Al), (pH), soma de bases trocáveis (SB),

capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de bases (V) e matéria orgânica (MO). Esses dados foram obtidos a partir de análise de solos, coletado na profundidade de 0-20 cm, de cafeeiros cultivados em diferentes sistemas de cultivo arborizados, comparativamente a cafeeiros cultivados a pleno sol.

Foram detectados valores nulos de Al nos solos, provavelmente devido aos valores de pH observados, reduzindo a solubilidade de Al, e também pela provável reação de complexação de Al com compostos orgânicos (Pavan, 1983; Alcântara, 1997).

Em todos os sistemas de cultivo estudados o maior valor observado para o índice de saturação de alumínio (m%) foi de 9%, valor bastante inferior ao tolerado pelo cafeeiro (25%), segundo CFSEMG (1999).

Pela Tabela 09, nota-se que o pH do solo não mostrou diferença significativa entre os sistemas avaliados, sendo que os nutrientes P, K e Mg também mostraram a mesma igualdade, com exceção do Ca, para o qual foi observado maior valor no sistema a pleno sol. A acidez potencial (H+Al) e o índice de saturação por bases (V) não mostraram diferença significativa entre os sistemas, já a soma de bases (SB), a matéria orgânica (MO) e a CTC efetiva (t) mostraram-se com maiores valores nos solos em que os cafeeiros são cultivados a pleno sol.

Todos os resultados de análise de solo foram comparados segundo padrões de fertilidade da 5ª aproximação da CFSEMG (1999).

Com relação ao pH dos solos estudados, todos os sistemas apresentaram um padrão de acidez média (pH entre 5,1 - 6,0) quanto à classificação química. Quanto à classificação agrônômica, o sistema cafeeiro x ingazeiro apresentou um valor de 5,41, considerado "baixo" (4,5 - 5,4), enquanto nos outros sistemas o nível foi considerado "bom" (5,5 - 6,0).

**TABELA 08 - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para os nutrientes P, K, Ca e Mg, pH, acidez potencial ( H+Al ), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de bases (V) e matéria orgânica (MO) encontrados em análise de solo de cafeeiros cultivados em diferentes sistemas de cultivo.**

| FV           | GL | Quadrado médio |         |         |        |         |         |        |        |        |         |
|--------------|----|----------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
|              |    | pH             | P       | K       | Ca     | Mg      | H+Al    | SB     | t      | MO     | V       |
| Trat.        | 2  | 0,206NS        | 58,30NS | 433,8NS | 4,98** | 0,043NS | 0,798NS | 6,66** | 6,19** | 1,49** | 90,36NS |
| Erro         | 18 | 0,13           | 60,49   | 280,46  | 0,36   | 0,046   | 1,55    | 0,45   | 0,41   | 0,05   | 88,40   |
| CV(%)        |    | 6,57           | 35,76   | 16,10   | 22,04  | 24,93   | 28,61   | 17,52  | 16,44  | 9,77   | 19,78   |
| <b>Média</b> |    |                |         |         |        |         |         |        |        |        |         |
| geral        |    | 5,58           | 21,74   | 104,0   | 2,73   | 0,86    | 4,35    | 3,84   | 3,90   | 2,45   | 47,53   |

**\*\* Significativo a 1% de probabilidade; NS = não significativo**

**Valores médios de P, K expressos em mg/dm<sup>3</sup>; Ca, Mg , H+Al, SB e ( t ) expressos em cmol/dm<sup>3</sup> e MO expresso em dag/kg.**

TABELA 09 - Valores médios dos nutrientes P, K, Ca e Mg, pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de bases (V) e matéria orgânica (MO) encontrados em análise de solo de cafeeiros cultivados em diferentes sistemas de cultivo.

| Sistema | pH   | P     | K     | Ca   | Mg    | H+Al  | SB    | ( t ) | MO   | V     |
|---------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| ( I )   | 5,4a | 21,7a | 96,4a | 2,0b | 0,81a | 4,11a | 3,00b | 3,0b  | 2,2b | 43,8a |
| ( G )   | 5,6a | 18,8a | 103,a | 2,1b | 0,82a | 4,21a | 3,62b | 3,7b  | 2,1b | 47,6a |
| ( P )   | 5,7a | 24,6a | 112,a | 3,6a | 0,95a | 4,74a | 4,91a | 4,91a | 2,9a | 51,0a |

Valores precedidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

( I ) cafeeiros x ingazeiros; ( G ) cafeeiros x grevilea e ( P ) cafeeiros a pleno sol. Valores médios de P e K expressos em mg/dm<sup>3</sup>; Ca, Mg , H+Al, SB e ( t ) expressos em cmol/dm<sup>3</sup> e MO expresso em dag/kg.

Os teores de matéria orgânica nos três sistemas de cultivo foram considerados nível "médio" ( 2,10 a 4,0 dag/kg) e a CTC efetiva nível "médio" para os SAF's (2,31 a 4,6 cmol/dm<sup>3</sup>) e nível "bom" (4,61 a 8,0 cmol/dm<sup>3</sup>) para o cultivo a pleno sol.

Maiores valores observados para matéria orgânica e pH nos sistemas a pleno sol podem ter afetado diretamente a disponibilidade de P, que apesar de não apresentar diferença entre os sistemas, atingiu maiores valores no sistema a pleno sol. Segundo Fernandes et al. (1997), ocorre maior quantidade de P nas camadas superficiais do solo, correlacionado com maior concentração de matéria orgânica.

Os cafeeiros a pleno sol perdem mais folhas que os sombreados, uma vez que o microclima a pleno sol é mais seco e, assim, precisam reduzir a respiração no período de seca, derrubando suas folhas ao solo (Moreira, 2003).

No presente estudo, maior número de ramos plagiotrópicos, e conseqüentemente de folhas dos cafeeiros a pleno sol, podem colaborar com a idéia de maiores perdas de folhas nesse sistema, podendo contribuir para o aumento dos níveis de matéria orgânica do solo.

Fernandes (1986) e Matiello et al.(2002), citados por Moreira (2003), relatam que no sistema a pleno sol existe maior número de espécies espontâneas nas entrelinhas do café gerando maior massa vegetal. Já no cafezal sombreado, as espécies espontâneas, principalmente as gramíneas, são inibidas. Assim, a grande quantidade de "mulch" presente nos sistemas agroflorestais atuaria impedindo o crescimento de espécies invasoras e o maior acúmulo de matéria orgânica advinda da capina dessas plantas poderia também estar explicando maiores valores de matéria orgânica nos cultivos a pleno sol.

A característica soma de bases (SB) foi classificada de "médio"(1,81 a 3,6  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) para o sistema cafeeiro x ingazeiro e "bom"(3,61 a 6,0  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) para os demais sistemas. A característica acidez potencial (H + Al ) foi classificada de "médio"(2,51 a 5,0  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ), não apresentando diferenças entre os três sistemas.

O teor de potássio no solo foi classificado como "médio" (60 a 120  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), não diferindo para os diferentes sistemas de cultivo. Os teores de cálcio trocável foram considerados como "bom"(2,41 a 4,0  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) para os cultivos a pleno sol e "médio" (1,21 a 2,4  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) para os solos avaliados nos sistemas agroflorestais. O magnésio seguiu a mesma tendência do cálcio, apresentando nível "bom"(0,91 a 1,5  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) para os cultivos a pleno sol e "médio" (0,46 a 0,9  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) para os solos avaliados nos sistemas agroflorestais.

Maiores valores encontrados nos solos para as variáveis Ca, SB, MO e (t), nos cultivos a pleno sol, provavelmente devem-se a um efeito competitivo existente entre as árvores e os cafeeiros nos sistemas agroflorestais, onde a

extração realizada pelas árvores estaria promovendo uma diminuição dos nutrientes no solo, principalmente o cálcio, e outros que teriam influência na composição das variáveis bases trocáveis e capacidade troca catiônica efetiva.

Nos ecossistemas florestais o fluxo de elementos minerais forma um ciclo entre o dossel florestal e o solo, o que explica o crescimento vegetal exuberante sobre solos pobres (Alvarenga, 1996). Segundo o autor, o mecanismo de ciclagem forma um ciclo fechado, em que os nutrientes são transferidos para o solo, principalmente pela queda de folhas e outras partes das planta, onde são decompostos e lixiviados pela água das chuvas, chegando ao alcance das raízes, para serem novamente absorvidos.

Espera-se que essa menor fertilidade dos solos no sistema consorciado com ingazeiro se deve a alta densidade de árvores e ao acúmulo de nutrientes em sua parte aérea e raízes, apresentando maior similaridade com as condições supracitadas de um ecossistema natural do que com os monocultivos e até mesmo os cultivos com a espécie exótica (grevilea).

Estudo realizado por Theodoro (2001), em que se compararam os efeitos do manejo em cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, constatou que houve incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, S, Zn, B, CTC do solo, V(%), diminuindo ainda o Al trocável. Estes efeitos foram maiores nos cafeeiros orgânicos, seguido pelo cafeeiro em conversão. Segundo a autora, esses maiores incrementos estão diretamente relacionados com a prática da adubação orgânica e cobertura vegetal permanente do solo.

Apesar de haver constante cobertura do solo nos sistemas agroflorestais, com folhas e galhos das árvores, essa característica não afetou o aporte de matéria orgânica ao solo. Durante as coletas de material de solo para análise, observou-se grande quantidade de raízes do cafeeiro presentes diretamente nesse manto formado pelas folhas, acima do solo, o que pode explicar, em parte, a menor presença de matéria orgânica incorporada ao substrato.

## **5.5 Correlações entre a fertilidade dos solos e a nutrição dos cafeeiros**

As análises de correlação entre os teores de nutrientes foliares do cafeeiro e as variáveis da análise dos solos foram realizadas separadamente para cada sistema estudado, de forma a se obterem respostas para cada situação em que os cafeeiros se encontram e avançar no entendimento de suas relações com os componentes arbóreos ingazeiro e grevilea.

Os valores obtidos para a produtividade de café da roça e café beneficiado em cada sistema também foram correlacionados com as variáveis edáficas e nutricionais.

### **5.5.1 Cafeeiros a pleno sol**

As correlações realizadas no cultivo de cafeeiros a pleno sol (Tabela 10) não apresentaram resultados significativos, exceto para o micronutriente B, que apresentou teores foliares correlacionados positivamente (0,78) com a produtividade de "café da roça" e "café beneficiado".

### **5.5.2 Cafeeiros x grevilea**

As correlações realizadas no sistema cafeeiro x grevilea (Tabela 11) apresentaram correlação positiva (0,79) entre os teores de K no solo e as produtividades avaliadas. Os teores de nitrogênio nas folhas do cafeeiro nesse sistema também apresentaram uma correlação negativa com a variável CTC efetiva (t) de -0,91, com os teores de matéria orgânica do solo (-0,80) e com a soma de bases (-0,77).

Teores de enxofre nas folhas apresentaram correlação positiva (0,76) com teores de fósforo no solo. Teores de cobre nas folhas apresentaram correlação negativa (-0,74) com teores de magnésio do solo. Os teores foliares de

cálcio apresentaram duas correlações negativas, com o pH do solo (-0,84) e com o índice de saturação de bases (V), (-0,75), além de uma correlação positiva com a acidez potencial (0,81).

### **5.5.3 Cafeeiros x ingazeiros**

Como apresentado na Tabela 12, os teores foliares de nitrogênio, magnésio e enxofre no sistema consorciado com ingazeiro apresentaram correlação positiva (0,87, 0,79 e 0,83 , respectivamente) com teores de potássio no solo. As demais correlações significativas existentes entre os teores foliares de nutrientes (K, Ca, B e Cu) apresentaram valores negativos quando correlacionadas com variáveis do solo pH, (t), SB, V e teores de Mg. Alguns nutrientes (K, S e Cu) apresentaram correlação positiva com acidez potencial do solo (H+Al). Teores de magnésio nos tecidos foliares e presentes no solo também apresentaram correlação negativa (-0,83).

### **5.5.4. Discussão geral das correlações**

Diante das correlações apresentadas pôde-se observar que as variáveis de solo que deveriam favorecer a nutrição dos cafeeiros, como, por exemplo, o pH, MO e SB, apresentaram correlação negativa com importantes nutrientes, como o potássio e cálcio nos sistemas com ingazeiro. Quando observa-se que os teores de nutrientes foliares de cafeeiros consorciados apresentam, em sua maioria, maiores valores que no outro sistema e que os solos nos sistemas agroflorestais apresentam, de forma geral, menores valores para CTC efetiva (t), soma de bases (SB), Ca e pH, é de se esperar uma correlação negativa com essas variáveis de solo.

TABELA 10 - Correlação entre produtividade, teores de nutrientes foliares e variáveis dos solos em cafeeiros cultivados a pleno sol.

| Rocha | Ben.   | pH    | MO    | P     | K     | Ca    | Mg    | (t)   | SB    | V     | H+Al  |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rocha |        | -0,32 | 0,22  | 0,19  | 0,42  | -0,21 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,23 | 0,27  |
| Ben.  |        | -0,32 | 0,22  | 0,19  | 0,42  | -0,21 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,23 | 0,27  |
| N     | 0,59   | 0,05  | 0,35  | 0,38  | 0,30  | -0,16 | 0,14  | -0,10 | -0,10 | -0,28 | 0,40  |
| P     | 0,39   | 0,05  | 0,35  | 0,38  | 0,06  | 0,23  | 0,32  | 0,26  | 0,26  | 0,11  | 0,01  |
| K     | -0,04  | 0,37  | 0,24  | 0,51  | -0,11 | 0,60  | 0,35  | 0,59  | 0,59  | 0,54  | -0,42 |
| Ca    | 0,68   | 0,33  | 0,39  | 0,62  | 0,28  | 0,50  | 0,24  | 0,50  | 0,50  | 0,48  | -0,36 |
| Mg    | 0,39   | 0,52  | 0,38  | 0,73  | 0,26  | 0,60  | 0,51  | 0,64  | 0,64  | 0,61  | -0,46 |
| S     | -0,10  | 0,06  | 0,10  | -0,05 | -0,26 | 0,18  | -0,14 | 0,11  | 0,11  | 0,18  | -0,20 |
| B     | 0,78** | -0,47 | -0,24 | -0,24 | 0,55  | -0,60 | -0,61 | -0,62 | -0,62 | -0,50 | 0,38  |
| Cu    | -0,59  | 0,06  | 0,003 | -0,16 | 0,27  | 0,09  | 0,27  | 0,11  | 0,11  | 0,13  | -0,16 |
| Fe    | 0,02   | 0,31  | -0,62 | 0,28  | 0,76  | 0,01  | 0,01  | 0,07  | 0,07  | 0,19  | -0,24 |
| Mn    | 0,04   | -0,15 | -0,59 | -0,66 | 0,35  | -0,57 | -0,69 | 0,61  | -0,61 | -0,38 | 0,11  |
| Zn    | -0,69  | 0,31  | 0,23  | -0,05 | -0,12 | 0,14  | 0,51  | 0,19  | 0,19  | 0,17  | -0,12 |

Rocha - "Café da roça" ( kg/parcela); Ben. - "Café beneficiado" (kg/parcela). Variáveis na linha são advindas da análise de fertilidade dos solos: P, K expressos em mg/dm<sup>3</sup>; Ca, Mg, H+Al, SB e (t) expressos em cmol/dm<sup>3</sup> e MO expresso em dag/kg.

Nutrientes na coluna são advindos da análise foliar dos cafeeiros: N, P, K, Ca, Mg e S expressos em porcentagem e B, Cu, Mn, Zn e Fe expressos em ppm.

TABELA 11 - Correlação entre produtividade, teores de nutrientes foliares e variáveis dos solos em cafeeiros consorciados com grevilea.

| Roca | Ben.  | pH     | MO      | P     | K      | Ca    | Mg     | (t)     | SB     | V      | H+Al  |
|------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|---------|--------|--------|-------|
| Roca | 1,0   | 0,09   | 0,40    | 0,19  | 0,79** | 0,34  | 0,17   | 0,57    | 0,52   | 0,12   | 0,03  |
| Ben. |       | 0,09   | 0,40    | 0,19  | 0,79** | 0,34  | 0,17   | 0,58    | 0,52   | 0,12   | 0,03  |
| N    | -0,66 | -0,04  | -0,80** | -0,47 | -0,49  | -0,61 | -0,17  | -0,91** | -0,77* | -0,14  | -0,02 |
| P    | -0,51 | 0,44   | -0,39   | -0,37 | -0,23  | -0,01 | 0,15   | -0,08   | 0,04   | 0,46   | -0,53 |
| K    | 0,29  | 0,17   | 0,14    | 0,28  | 0,04   | 0,48  | -0,26  | 0,34    | 0,37   | 0,13   | -0,10 |
| Ca   | 0,008 | -0,84* | 0,70    | 0,68  | 0,36   | -0,14 | -0,31  | 0,03    | -0,27  | -0,75* | 0,81* |
| Mg   | -0,02 | 0,53   | 0,03    | 0,19  | 0,28   | 0,57  | -0,30  | 0,45    | 0,50   | 0,58   | -0,56 |
| S    | 0,26  | 0,02   | 0,44    | 0,76* | 0,42   | 0,73  | -0,39  | 0,73    | 0,60   | 0,18   | -0,07 |
| B    | -0,38 | -0,32  | 0,21    | 0,54  | -0,26  | 0,21  | -0,31  | 0,15    | 0,02   | 0,20   | 0,21  |
| Cu   | -0,25 | 0,02   | 0,25    | 0,59  | 0,13   | 0,45  | -0,74* | 0,23    | 0,14   | 0,05   | -0,09 |
| Fe   | 0,25  | 0,69   | -0,38   | 0,13  | 0,23   | 0,66  | -0,49  | 0,31    | 0,47   | 0,68   | -0,68 |
| Mn   | -0,64 | -0,35  | -0,21   | 0,11  | -0,63  | -0,22 | -0,17  | -0,37   | -0,40  | -0,31  | 0,24  |
| Zn   | 0,30  | 0,17   | 0,14    | 0,07  | 0,33   | 0,18  | 0,33   | 0,11    | 0,12   | 0,09   | -0,09 |

Roca - "Café da roça" (kg/parcela); Ben. - "Café beneficiado" (kg/parcela). Variáveis na linha são advindas da análise de fertilidade dos solos. P, K expressos em mg/dm<sup>3</sup>; Ca, Mg, H+Al, SB e (t) expressos em cmol/dm<sup>3</sup> e MO expresso em dag/kg.

Nutrientes na coluna são advindos da análise foliar dos cafeeiros: N, P, K, Ca, Mg e S expressos em porcentagem e B, Cu, Mn, Zn e Fe expressos em ppm.

TABELA 12 - Correlação entre produtividade, teores de nutrientes foliares e variáveis dos solos em cafeeiros consorciados com ingazeiro.

| Rocha | Ben.  | pH     | MO     | P     | K      | Ca    | Mg     | (t)    | SB     | V      | H+Al   |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Rocha | 1,0   | 0,20   | 0,28   | -0,44 | -0,29  | -0,17 | -0,54  | -0,34  | -0,33  | 0,16   | -0,02  |
| Ben.  | 1,0   | -0,15  | 0,66   | 0,02  | 0,04   | -0,03 | -0,67  | -0,29  | -0,31  | -0,15  | 0,28   |
| N     | -0,39 | -0,46  | 0,21   | 0,58  | 0,87** | 0,18  | -0,40  | -0,27  | -0,22  | -0,57  | 0,60   |
| P     | -0,05 | -0,53  | 0,25   | 0,47  | 0,82   | -0,02 | -0,72  | -0,54  | -0,48  | -0,66  | 0,73   |
| K     | 0,05  | -0,72* | 0,14   | 0,52  | 0,64   | -0,27 | -0,83* | -0,71* | -0,69  | -0,82* | 0,91** |
| Ca    | 0,64  | -0,33  | -0,07  | -0,57 | -0,23  | -0,48 | -0,51  | -0,76* | -0,74* | -0,40  | 0,26   |
| Mg    | 0,18  | -0,38  | 0,40   | 0,36  | 0,79*  | -0,01 | -0,83* | -0,53  | -0,47  | -0,53  | 0,63   |
| S     | -0,07 | -0,53  | 0,31   | 0,54  | 0,83*  | 0,05  | -0,69  | -0,48  | -0,43  | -0,64  | 0,74*  |
| B     | 0,14  | -0,73* | 0,16   | 0,21  | 0,47   | -0,24 | -0,73* | -0,75* | -0,72* | -0,81* | 0,78*  |
| Cu    | 0,34  | -0,42  | 0,44   | 0,34  | 0,52   | 0,105 | -0,74* | -0,48  | -0,45  | -0,50  | 0,67   |
| Fe    | -0,07 | 0,80*  | 0,34   | 0,21  | 0,26   | 0,66  | 0,28   | 0,76*  | 0,79*  | 0,78*  | -0,54  |
| Mn    | 0,15  | -0,14  | 0,08   | 0,10  | 0,70   | -0,12 | -0,67  | -0,52  | -0,43  | -0,33  | 0,38   |
| Zn    | 0,37  | -0,56  | -0,004 | -0,36 | -0,29  | -0,37 | -0,32  | -0,63  | -0,64  | -0,55  | 0,37   |

Rocha - "Café da roça" ( kg/parcela); Ben. - "Café beneficiado" (kg/parcela). Variáveis na linha são advindas da análise de fertilidade dos solos: P, K expressos em mg/dm<sup>3</sup>; Ca, Mg, H+Al, SB e ( t ) expressos em cmol/dm<sup>3</sup> e MO expresso em dag/kg.

Nutrientes na coluna são advindos da análise foliar dos cafeeiros: N, P, K, Ca, Mg e S expressos em porcentagem e B, Cu, Mn, Zn e Fe expressos em ppm.

Rena & Maestri (1986) relatam que cafeeiros cultivados em sombra têm uma maior quantidade de raízes, devido a menores temperaturas do solo. A formação de "mulch" pela deposição de folhas, galhos e frutos do ingazeiro e da grevilea, a manutenção de umidade solo por um maior período de tempo e a maior quantidade de raízes do cafeeiro nos sistema agroflorestais podem estar levando à maior extração de nutrientes, conseqüentemente favorecendo o estado nutricional das plantas.

Os efeitos competitivos promovidos pelas árvores podem estar sendo compensados pelo ambiente favorável que as mesmas propiciam aos cafeeiros, tanto com relação à diminuição de excessos de temperatura quanto à proteção contra ação danosa de ventos e geadas.

Ademais, durante a coleta do material de solo, observou-se que as raízes dos cafeeiros estendem-se até acima do solo, penetrando no material vegetal em decomposição; que é formado, principalmente, pela queda de folhas das árvores. Este fenômeno pode ser uma das possíveis explicações para as correlações negativas existentes entre alguns nutrientes foliares e variáveis do solo. No sistema cafeeiro x grevilea, por exemplo, os teores foliares de N correlacionaram-se negativamente com a CTC efetiva e teor de matéria orgânica do solo.

Segundo Colozzi Filho (1999), cultivos caracterizados pela manutenção de apenas uma espécie vegetal por área, com eventuais invasoras não controladas, apresentam uma menor diversidade de fungos micorrízicos arbusculares. 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 Barrea, 1984, citados por Theodoro, 2001). Portanto, as espécies florestais, principalmente o ingazeiro, por se tratar de uma leguminosa, podem estar favorecendo a colonização desses fungos

fixadores de nitrogênio , com reflexos positivos para os cafeeiros presentes nesses ambiente.

Em estudo com cafeeiros orgânicos em Poço Fundo-MG, Martins et al.(2001) observaram, em análise dos solos, acidez média, excesso de cobre e ferro e deficiência de fósforo. No mesmo estudo foi observado um excesso de fósforo e deficiência de ferro, avaliando-se o estado nutricional dos cafeeiros, como se nesse caso também ocorresse uma correlação negativa entre teores de nutrientes encontrados no solo e na planta.

Em Uganda, Stephans(1978), citado por Moyses (1988), verificou que raramente foram encontradas correlações entre análises de solo e a produção de diversos ensaios conduzidos. Em todos os locais observados, verificou-se que o nitrogênio era o nutriente mais exigido pelo cafeeiro, ainda que em nenhum dos casos as produções correlacionaram-se positivamente de forma significativa com o carbono orgânico, com N-total e com a relação C/N.

Avaliando a nutrição de cafeeiro arábica em função da densidade de plantas, Prezotti (2003) observou que plantas submetidas ao sistema adensado de cultivo apresentaram maiores valores de potássio e fósforo quando comparadas com aquelas cultivadas em menores densidades e que a maior umidade do solo, proporcionada pelo maior sombreamento e pelo maior acúmulo de biomassa vegetal no solo, pode estar favorecendo a difusão desses elementos, principalmente de P, conseqüentemente aumentando sua absorção pelas plantas. O autor argumenta que a variável "população de plantas" deva ser incluída em estudos de determinação dos níveis críticos foliares. Assim, o presente estudo confirma o argumento do autor, já que nos sistemas agroflorestais avaliados, em que há maior "população de plantas", mesmo que não apenas o cafeeiro, foram observados teores foliares de nutrientes superiores aos considerados adequados à cultura cafeeira.

## 5.6 Avaliações Silviculturais

### 5.6.1 Ingazeiros

As árvores componentes do sistema não apresentam um sombreamento fechado devido à disposição de seus ramos ascendentes e irregulares e à sua copa ampla, com crescimento horizontal e parcialmente desfolhada. Apesar dessa característica favorável de conformação da copa do ingazeiro, o espaçamento utilizado levou a um contato entre as copas das árvores, o que indica que um espaçamento maior pode ser favorável em relação à competição por luz e nutrientes com as plantas de cafeeiro.

De acordo com a Tabela 13, pode-se observar as variáveis obtidas das árvores presentes nas parcelas amostrais, de forma a caracterizar os ingazeiros componentes do sistema agroflorestal. A altura média observada nos ingazeiros foi de 12,64 m e o DAP médio, de 77,34 cm por árvore. A área de projeção de copa média foi de 176,2 m<sup>2</sup>, com as árvores bifurcando a uma altura média de 0,93 cm, sendo que em alguns indivíduos a bifurcação iniciava-se à altura do solo. O número médio de bifurcações foi de 2,78 por indivíduo.

As árvores proporcionam ao sistema uma serrapilheira composta por folhas, frutos e galhos, que além de cobrirem o solo de matéria orgânica, proporcionam uma cobertura que interfere diretamente no crescimento de plantas invasoras. Observa-se uma maior incidência de plantas invasoras nos locais onde ocorreram morte de árvores.

Os ingazeiros podem estar mantendo uma relação ecológica altamente positiva com esses ambientes, aumentando a biodiversidade e favorecendo a presença de espécies que normalmente não ocorrem nos monocultivos de cafeeiro. Durante o período de coleta dos dados pôde-se observar presença constante de fauna silvestre na área arborizada, principalmente de indivíduos da avifauna, que utilizam as árvores para descanso e nidificação.

TABELA 13 - Valores de altura (m), diâmetro à altura do peito (DAP), área de copa (m<sup>2</sup>), altura do fuste (m) e número de bifurcações para as árvores de ingazeiro componentes do sistema agroflorestal.

| Árvore | H (m) | DAP(cm)          | Área copa (m <sup>2</sup> ) | Altura do fuste (m) | Bifurcações |
|--------|-------|------------------|-----------------------------|---------------------|-------------|
| 1      | 13    | 33/42,5          | 153,7                       | 1,2                 | 2           |
| 2      | 12    | 45,5 / 37        | 226,5                       | 1,0                 | 3           |
| 3      | 12,5  | 59,5             | 209,58                      | 1,28                | 4           |
| 4      | 11    | 28,5 / 43        | 91,52                       | 1,47                | 3           |
| 5      | 15    | 42,5 / 43,7      | 147,5                       | 0                   | 3           |
| 6      | 11,5  | 69,8             | 178,63                      | 0,65                | 3           |
| 7      | 15,5  | 58,5             | 103,5                       | 1,45                | 3           |
| 8      | 11,5  | 63,55            | 248,51                      | 1,5                 | 2           |
| 9      | 12,5  | 26,5 / 28,3      | 167,52                      | 0,15                | 2           |
| 10     | 10,5  | 44 / 38 / 37,5   | 223,15                      | 1,6                 | 3           |
| 11     | 12    | 32,3 / 45,5 / 35 | 247,12                      | 0,87                | 3           |
| 12     | 12    | 37 / 32          | 135,26                      | 0,55                | 3           |
| 13     | 13,5  | 42,5/36,5        | 149,29                      | 0,43                | 3           |
| 14     | 14,5  | 53,62 / 28       | 185,12                      | 0,98                | 2           |
| Média  | 12,64 | 77,34            | 176,20                      | 0,93                | 2,78        |

Dentre as espécies da avifauna observadas na área, estão beija-flores, bem-te-vis, sanhaços, gaviões, seriemas e canários. Além disso, a presença de tocas de tatus é também observada em locais próximos às árvores.

Por possuírem frutos e flores atrativas, os ingazeiros atraem também insetos, aranhas e morcegos, que podem estar atuando no controle natural das pragas do cafeeiro, segundo informação pessoal do proprietário.

## 5.6.2 Grevílea

A grevílea foi introduzida como espécie consorciada nos cafeeiros quando os mesmos já estavam formados e com aproximadamente 5 anos de idade, o que não impossibilita tal prática, apesar de que cuidados especiais devam ser tomados de modo a evitar danos aos cafeeiros, já que as árvores foram plantadas nas linhas juntamente com os mesmos.

De acordo com Durigan (1986), árvores adultas chegam a atingir normalmente de 20 a 24m de altura com DAP de até 50 cm, o que demonstra que a espécie possui ainda grande potencial de crescimento e valorização de sua madeira, por poder ser utilizada futuramente para usos mais nobres, como para madeira serrada.

A grevílea possui uma dimensão de copa não muito grande, mas pode ser eficaz no caso de ocorrência de geadas, como foi observado por Matiello et al. (1994), em Varginha, também no sul de Minas Gerais.

Outra vantagem oferecida pela espécie é o seu estabelecimento em diversos tipos de solos (arenosos, argilosos, de média fertilidade e ácidos), principalmente profundos, mas não tolerando umidade excessiva (National..., 1980).

Na Tabela 14, pode-se observar as variáveis obtidas das árvores presentes nas parcelas amostrais, de forma a caracterizar as grevíleas componentes do sistema agroflorestral. A altura média observada nas árvores foi de 8,74 m e o DAP médio, de 23,9 cm por árvore. A área de projeção de copa média foi de 26,07 m<sup>2</sup>.

A grevílea apresenta um fuste reto, ideal para utilização de madeira serrada, sendo que das árvores avaliadas no sistema agroflorestral apenas duas apresentaram bifurcações e uma tortuosidade.

**TABELA 14 - Valores de altura (m), diâmetro a altura do peito (DAP), área de copa (m<sup>2</sup>), altura do fuste e número de bifurcações para as árvores de grevilea componentes do sistema agroflorestal.**

| Árvore       | Altura (m)  | DAP(cm)     | Área de copa (m <sup>2</sup> ) | Observações |
|--------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| 1            | 8,5         | 22,3        | 29,68                          |             |
| 2            | 8,0         | 23,2        | 38,47                          |             |
| 3            | 8,7         | 23,9        | 31,66                          |             |
| 4            | 8,2         | 18,8        | 19,6                           |             |
| 5            | 9,0         | 29,0        | 30,67                          |             |
| 6            | 6,7         | 21,6        | 19,5                           |             |
| 7            | 9,2         | 25,4        | 28,94                          | Torta       |
| 8            | 7,7         | 21,6        | 18,73                          |             |
| 9            | 8,5         | 19,7        | 26,41                          |             |
| 10           | 11          | 25,1        | 23,68                          | Bifurcada   |
| 11           | 8,5         | 22,3        | 20,39                          |             |
| 12           | 10          | 28,3        | 24,62                          |             |
| 13           | 9,2         | 27,4        | 30,44                          | Bifurcada   |
| 14           | 9,1         | 26,1        | 22,32                          |             |
| <b>Média</b> | <b>8,74</b> | <b>23,9</b> | <b>26,07</b>                   |             |

O uso da grevilea deve ser preconizado nos casos em que se busca a obtenção de madeira para o uso comercial, já que a forma da árvore a torna ideal para usos múltiplos, ou seja, a utilização da tora de acordo com o seu diâmetro. Quanto maior o diâmetro da tora mais nobre será o uso definido para a madeira, como para a serraria, onde podem-se alcançar melhores preços. Toras de menores dimensões poderão ser utilizadas na própria propriedade, como energia, mourões, produção de carvão e outros.

## 6 CONCLUSÕES

- A arborização afetou características produtivas, fitotécnicas e nutricionais dos cafeeiros e características da fertilidade dos solos estudados.
- A produtividade de "café da roça" foi maior no sistema cafeeiro x ingazeiro e menor nos demais sistemas. A produtividade de "café beneficiado" não apresentou diferenças significativas entre os sistemas agroflorestais e os cafeeiros cultivados a pleno sol.
- Maiores produtividades, de 10,12 e 5,95 sacas de 60 kg/hectare, ou maiores receitas, de U\$609,22 e U\$358,19 por hectare, foram observadas, respectivamente, nos cafeeiros consorciados com ingazeiro e com grevilea, quando comparados com os cafeeiros cultivados a pleno sol.
- A altura e a projeção de copa dos cafeeiros não apresentaram diferenças entre os diferentes sistemas. Os cafeeiros consorciados com ingazeiros apresentaram menor número de ramos plagiotrópicos e diâmetro do caule e maiores valores de área foliar.
- O solo nos cultivos a pleno sol apresentaram maiores valores para matéria orgânica (MO), CTC efetiva ( t ), soma de bases (SB) e Ca em comparação aos SAF's.
- Cafeeiros estabelecidos nos sistemas agroflorestais apresentaram, para a maioria dos nutrientes, maiores teores em seus tecidos foliares.
- Correlações entre variáveis nutricionais e edáficas apresentaram comportamento distinto entre os sistemas.
- Os ingazeiros mostraram-se como espécie potencial ao sombreamento de lavouras cafeeiras, pela conformação de sua copa e por reflexos positivos na produtividade, crescimento e nutrição dos cafeeiros.

- A grevilea deve ser utilizada quando se busca, também, a produção de madeira, já que seu fuste reto a torna favorável ao processamento e, conseqüentemente, à comercialização de sua madeira.

## 7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente estudo mostrou que a introdução do componente arbóreo nas lavouras cafeeiras pode incrementar o sistema de produção de café, conferindo maior estabilidade, benefícios ambientais e até mesmo maior retorno econômico com a colheita do café e a obtenção de madeira das árvores em uma mesma área.

A tendência de maiores incidências de ferrugem nos sistemas arborizados não apresentou-se como fator limitante à adoção da arborização, já que nos cultivos a pleno sol, apesar de menores incidências dessa doença, a produtividade mostrou-se menor do que aquela obtida nos cafeeiros consorciados com grevilea ou o ingazeiro. Com relação à ocorrência da cercosporiose, a incidência apresentou-se sempre com maiores valores nos monocultivos de café ( Vide Capítulo 2 ).

Alterações fisiológicas dos cafeeiros sombreados, como menor número de ramos plagiotrópicos e maior área das folhas, mostraram que o cafeeiro pode adaptar-se bem a este novo ambiente, podendo atingir produtividades semelhantes ou superiores às daqueles cultivados a pleno sol.

Com relação à nutrição dos cafeeiros foi interessante observar que os cafeeiros consorciados com o ingá apresentaram altos teores de nutrientes nas folhas, inclusive acima dos níveis ideais, enquanto aqueles consorciados com grevilea apresentaram maior equilíbrio de nutrientes, quando comparados aos cultivos solteiros.

Condições químicas dos solos apresentaram-se, no geral, com melhores características nos monocultivos, o que pode ter ocorrido devido à demanda nutricional das árvores. Nesse caso específico, maiores espaçamentos entre as árvores poderiam minimizar esses efeitos, sem o comprometimento de todos os benefícios proporcionados pelas mesmas.

Trabalhos futuros sobre esses sistemas podem explorar assuntos relativos a microorganismos do solo e suas interações com as plantas, a fixação de carbono atmosférico, a qualidade dos grãos de café e produtos madeiráveis nesses sistemas, entre outros.

Diante disso, pode-se esperar que um aumento do cultivo de cafeeiros na presença de árvores traga benefícios tanto para o produtor rural quanto para o meio ambiente e a sociedade.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2004. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2003. 496 p.

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

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

ALVES, M. E. B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação.** 1999. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/ Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AUGUSTO, H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. **Crescimento vegetativo do cafeeiro em espaçamentos adensados e suas correlações com produtividade.** In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 14.

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

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961- 1990** . Brasília : MARA, 1992, 84 p.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILLO-BOTERO, C. Avaliação da fertilidade e umidade do solo e fluxo de carbono e nutrientes na serrapilheira em sistema agroflorestal com café. In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2003. p. 274.

CARRELI, M. L. C.; FAHL, J. I., ALFONSI, E. L. Efeitos de níveis de sombreamento no crescimento e produtividade do cafeeiro. In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001. Vitória. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 16.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA /CNPQ; Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p. 288-291

COLOZZI FILHO, A. **Dinâmica populacional de fungos micorrízicos arbusculares no agrossistema cafeeiro e adubação verde com leguminosas**. 1999. 106 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba.

**COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais : 5ª Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Vitor Hugo Alvarez V.( Eds.) Viçosa, MG, 1999. 359p.**

**COSTA, R. S. C. da; LEÔNIDAS, F. C.; RODRIGUES, V. G. S.; GRACIA, A. Influência de diferentes coberturas do solo na concentração de nutrientes nas folhas de café conilon em ouro Preto d'Oeste, Rondônia. In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003. Porto Seguro. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café, 2003. p. 421.**

**DURIGAN, G. Efeitos de quebra-ventos de (*Grevillea robusta* Cunn.) sobre a velocidade do vento. 1986. 74 p. Dissertação ( Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba.**

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (Documento, 11).**

**FERNANDES, D. R. Manejo do Cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 275-302**

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

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 properties*. 2. ed. Madison: ASA, 1982. Pt. 2, p. 247-260.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios gerais e planejamento de sistemas agroflorestais**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998. 26 p. (Circular técnica, 22).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MARTINS, E. M. **Seleção genética e características fisiológicas e nutricionais de procedências de *Grevillea robusta* (Cunn) estabelecidas no Estado do Paraná**. 2000. 125 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Paraná, Curitiba.

MARTINS, M.; ALVARENGA, M. I. N.; MENDES, A. N. G.; OLIVEIRA, S. de. Caracterização de propriedades do solo e estado nutricional de cafeeiros orgânicos desenvolvidos em agricultura familiar no município de Poço Fundo - MG. In : **SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 162.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B.de. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Vítor Hugo Alvarez V., Ed. Viçosa, MG, 1999. p.143-167.

MATIELLO, J. B. ; MIGUEL, A. E ; ALMEIDA, S. R. ; CAMARGO, A. P. de; GUIMARÃES, E. S. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS , 20., 1994, Guarapari. **Resumos...** Brasília : MAARA /PROCAFÉ, 1994. p. 4-5.

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 properties.** 2.ed. Madison:ASA, 1982. Pt.2, p.199-223.

MONTAGNINI, F. (Coord.). **Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos.** 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.

MONTAÑÉZ, L.; HERAS, L.; ABADÍA, J.; SANZ, M. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from Optimum Percentage (DOP). **Journal of Plant Nutrion**, New York, v. 16, n. 7, p. 1289-1308, 1993.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais.** 2003. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MOYSES, E. L. F. D. **Acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pelo cafeeiro ( *Coffea arabica* L.) cv. Catuaí em solução nutritiva com diferentes doses de pH e Zinco.** 1988. 147 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Firewood crops: shrub and tree species for energy production.** Washington, 1980. 237 p.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. **Crescimento e produção de *Coffea arabica*, fertilidade do solo e retenção de umidade em sistema agroflorestal.** In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 116.

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

PEREIRA, J. P.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A. C.; RAMOS, A. L. M. **Consociação da seringueira e cafeeiro em fase terminal. - Efeito no desenvolvimento vegetativo da seringueira e produção do cafeeiro.** In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 116.

PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2003. p. 428.

PASSERI, G. T.; OLIVEIRA, L. E. M. de; NASCIMENTO, E. A. do; MESQUITA, A. C.; MIGUEL, A. A.; DELÚ FILHO, N.; GUERRA NETO, E. G. Avaliação da produção e características biofísicas de plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Clone RRIM 600) e cafeeiro (*Coffea arabica* L. cultivar mundo novo) em diferentes sistemas de cultivo em Varginha - MG. In : SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2003. p. 274.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do Cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-66.

RICCI, M. S. F.; AGUIAR, L. A. de. Influência da adubação verde sobre o crescimento, produtividade e teor de nitrogênio no tecido foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob manejo orgânico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2003. p. 420.

SANTOS, A. J. dos; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x cafeeiro na região norte do Paraná. *Cerne*, Lavras, v. 6, n. 1, 2000. p. 89-100.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 58 p.

VILAS BÔAS, O.; CRUZ, S. F.; GURGEL GARRIDO, L. M. A. **Consortiação de *Pinus elliotti* (var. elliotti) com café (*Coffea arabica*)**. **Agricultura Biodinâmica**, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 27-33, 2000.

VILELLA, W. M. C. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamento de adubação no crescimento, produtividade e qualidade dos grãos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2001. 96 p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras.