



**CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS E
ANATÔMICAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)
E SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)
NA FASE DE ESTABELECIMENTO EM
DIFERENTES CULTIVOS DE LAVRAS-MG**

CLÁUDIO ROBERTO MEIRA DE OLIVEIRA

2002

53198

37680MFN

CLÁUDIO ROBERTO MEIRA DE OLIVEIRA

CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS E ANATÔMICAS DE CAFEIRO
(*Coffea arabica* L.) E **SERINGUEIRA** (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) NA
FASE DE ESTABELECIMENTO EM DIFERENTES CULTIVOS DE
LAVRAS-MG

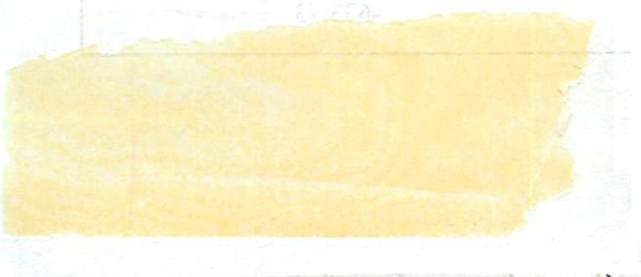
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Profa. Dra. Angela Maria Soares

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2002



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

Oliveira, Cláudio Roberto Meira de

Avaliações biofísicas e anatômicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e
seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. ARG.) na fase de estabelecimento em
diferentes cultivos em Lavras-MG. / Cláudio Roberto Meira de Oliveira. -- Lavras
: UFLA, 2002.

70 p. : il.

Orientadora: Angela Maria Soares.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Café. 2. Seringueira. 3. Consorciação de cultura. 4. Anatomia. 5. Fisiologia
vegetal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-583.5219

-633.73

CLÁUDIO ROBERTO MEIRA DE OLIVEIRA

**CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS E ANATÔMICAS DE CAFEIEIRO
(*Coffea arabica* L.) E SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) NA
FASE DE ESTABELECIMENTO EM DIFERENTES CULTIVOS DE
LAVRAS-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 22 de fevereiro de 2002.

Prof. Dr. Luiz Edson Mota de Oliveira

UFLA

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

UFLA



Prof. Dra. Angela Maria Soares

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus,

por capacitar-me nos momentos difíceis e por dar-me a certeza da vitória; pelas graças concedidas e pela vida;

Aos meus pais, que tanto me deram apoio e amor, Zelandio Miranda de Oliveira e Josedite Meira de Oliveira.

OFEREÇO

Este trabalho é para todos os que com ele contribuíram diretamente e indiretamente, uma vez que a vitória não deve ser vivida sozinha, mais sim compartilhada com os amigos;

Aos irmãos, Vívian e Júnior, e à minha noiva Débora.

DEDICO

“... tudo aquilo que embora reconhecido não se afirma de maneira clara e explícita, continua oculto entre névoas, protegido de todo olhar iluminante capaz de ressaltar o que nele há de estranho, de portentoso, de supremamente incomum e problemático”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por me capacitar nos momentos mais difíceis, pela segurança e pela força concedidas durante a realização deste Curso.

À minha família pelo amor, carinho e ajuda dispensados durante o Mestrado, além das palavras de incentivo e coragem.

Ao Curso de Fisiologia Vegetal pela oportunidade concedida.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo que muito me auxiliou na realização deste trabalho.

À EMBRAPA/ PNP&D CAFÉ e à FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto.

À professora Ângela Maria Soares pela orientação.

Aos professores Luiz Edson Mota de Oliveira e Néelson Delu Filho pela coorientação e valiosos ensinamentos.

Aos professores Renato Luiz Grizi Macedo e Evaristo Mauro de Castro pela ajuda e valiosas informações.

Aos professores Renato Paiva, Amauri A. de Alvarenga, José D. Alves e Marcelo Murad pela convivência e atenção durante a realização deste curso, e aos demais professores de outros departamentos pelos conhecimentos transmitidos.

Ao amigo e companheiro João Paulo pela presteza e ajuda ímpar na condução deste trabalho, e a Fabiano pela ajuda na finalização.

Aos amigos e funcionários, Tanhan, Izonel, Joel, Evaristo, Lena, Mauro e Odorêncio, pela amizade e serviços prestados.

Aos colegas de 2000 do Curso de Fisiologia Vegetal, Erivaldo, Sandra, Gabriela e Juliana, e também aos amigos de república, Geveraldo, Cláudio (Sorin) e André.

BIOGRAFIA

CLÁUDIO ROBERTO MEIRA DE OLIVEIRA, filho de Zelandio Miranda de Oliveira e de Josedite Meira de Oliveira, nasceu na cidade de Livramento de Nossa Senhora, Estado da Bahia em 14 de Março de 1977.

Em 1994 concluiu o curso profissionalizante de Magistério e, em 1999, obteve o título de Bacharel em Agronomia pela Universidade de Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista, Estado da Bahia.

Em 06 de Março de 2000, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, com área de concentração em Fisiologia Vegetal, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), concluindo-o em 22 de fevereiro de 2002.

RESUMO -----	i
ABSTRACT -----	ii
1 INTRODUÇÃO -----	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO -----	2
2.1 Sistemas agroflorestais: aspectos gerais -----	2
2.2 O consórcio café - seringueira: alguns aspectos ecofisiológicos -----	4
3 MATERIAL E MÉTODOS -----	13
3.1 Aspectos gerais -----	13
3.1.1 Época e localização do experimento -----	13
3.1.2 Condições climáticas do período experimental -----	13
3.1.3 Solo -----	15
3.1.4 Condução do experimento -----	16
3.2 Características avaliadas -----	18
3.2.1 Trocas gasosas -----	18
3.2.2 Potencial hídrico foliar e umidade do solo -----	18
3.2.3 Eficiência fotoquímica do fotossistema II -----	19
3.2.4 Crescimento e ontogenia foliar de plantas de seringueira -----	19
3.3 Características anatômicas -----	20
3.4 Delineamento experimental -----	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	22
4.1 Características fisiológicas -----	22
4.1.1 Microclima -----	22
4.1.2 Potencial hídrico foliar e umidade do solo -----	24
4.1.3 Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema II -----	27
4.1.4 Variação diurna das condições microclimáticas, trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema II -----	30
4.1.5 Crescimento e ontogenia foliar de plantas de seringueira -----	40
4.2 Características anatômicas -----	45
5 CONCLUSÕES -----	50
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	51

RESUMO

OLIVEIRA, Cláudio Roberto Meira de. **CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS E ANATÔMICAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) E SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) NA FASE DE ESTABELECIMENTO EM DIFERENTES CULTIVOS DE LAVRAS-MG: UFLA, 2002. 70p. (Dissertação - Mestrado)***

A utilização do cafeeiro em sistemas agroflorestais pode representar uma alternativa para a manutenção de um microclima adequado ao desenvolvimento da lavoura. A seringueira é uma espécie arbórea que tem sido empregada em cultivos consorciados com o cafeeiro. O presente estudo teve como objetivo avaliar as influências do sistema de consórcio nas trocas gasosas, eficiência fotoquímica do fotossistema II e características anatômicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv Rubi e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) na fase de estabelecimento em diferentes cultivos de Lavras- MG. Foram realizadas avaliações periódicas do potencial hídrico foliar, fotossíntese, transpiração, condutância estomática e eficiência fotoquímica do fotossistema II. Foram também realizadas avaliações da anatomia foliar. Em geral, a taxa de fotossíntese apresentou-se maior nas seringueiras, sendo observadas diferenças quando comparados aos cafeeiros. Fato similar foi observado para a transpiração e a condutância estomática. Um microclima caracterizado por níveis de radiação mais baixos e uma baixa demanda evaporativa da atmosfera são favoráveis ao processo fotossintético do cafeeiro. Os resultados obtidos para a razão Fv/Fm indicam uma maior sensibilidade das seringueiras à fotoinibição durante a estação seca. O estudo anatômico mostrou uma estrutura isobilateral nas folhas de seringueira e evidenciou que o sistema de cultivo nessa fase ainda não desempenha uma influência sobre a anatomia dos cafeeiros. Em geral, nessa fase do desenvolvimento os resultados obtidos não evidenciaram influência do sistema de cultivo no comportamento das espécies.

* Comitê Orientador: Profa. Angela Maria Soares -UFLA (Orientadora), Prof. Luiz Edson Mota de Oliveira- UFLA, Prof. Néelson Delu Filho- UFLA (Co- orientadores).

ABSTRACT

OLIVEIRA, Cláudio Roberto Meira de. **BIOPHYSICAL AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) AND RUBBER TREE (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) ON THE ONSET OF DIFFERENT CULTIVATION AT LAVRAS – MG. UFLA, 2002. 70p. (Dissertation - Master in Agronomy - Plant Physiology) ***

The use of coffee agroforestry systems could be an alternative for the maintenance of an adequate microclimate for the culture development. The rubber tree has been used intercropped with the coffee. This study aimed to evaluate the influences of the intercropped system on gas exchange, photochemical efficiency of photosystem II and anatomical characteristics of the coffee (*Coffea arabica* L.), cv Rubi and rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) in the beginning of different cultivation at Lavras-MG. It was taken periodic evaluations of the leaf water potential, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and photochemical efficiency of photosystem II. It was also studied the leaf structure in both species. In general, the photosynthesis rates were higher for the rubber tree, being also observed differences when compared with the coffee alone. A similar fact was again observed for the transpiration and the stomatal conductance. A microclimate characterized by low levels of radiation and a low evaporative demand of the atmosphere were favorable in the photosynthetic process of the coffee. The results obtained for Fv/Fm ratio indicated a higher sensibility of the rubber tree to the photoinhibition during the dry season. The anatomic study showed a isobilateral structure in the rubber tree leaves and evidenciated that the intercropped system in the initial phase did not influence the coffee leaf structure. In general, in that developmental phase, the results had not evidenciated an influence of the cropping system in the species behavior.

* Guidance Committee: Profa. Angela Maria Soares- UFLA (Adviser), Prof. Luiz Edson Mota de Oliveira- UFLA, Prof. Néelson Delú Filho- UFLA. (Co-advisers)

1 INTRODUÇÃO

A região sul de Minas Gerais é conhecida como grande produtora de café, sendo responsável pela metade da produção do Estado, produzindo quase 50% do café do Brasil. As constantes mudanças climáticas e oscilações de mercado quanto à oferta do produto levaram muitos agricultores a adotarem medidas que não somente protegessem sua lavoura contra as intempéries, como também fossem capazes de gerar uma renda extra à cafeicultura.

O plantio consorciado do café com outras culturas, sejam elas anuais ou perenes, tornou-se uma prática comum e fácil de ser encontrada em muitas propriedades. O plantio do cafeeiro com culturas perenes tem proporcionado benefícios mútuos para ambas as culturas, uma vez que o cafeeiro fica protegido contra as intempéries, a área cultivada apresenta um microclima adequado ao seu desenvolvimento, além de proporcionar condições propícias ao desenvolvimento da outra cultura.

Muitas espécies perenes têm sido empregadas no plantio consorciado com o cafeeiro, dentre elas a grevilea, o ingá e vários tipos de leguminosas. A seringueira, espécie arbórea, que além do látex produz também madeira de boa qualidade, tem sido cultivada com êxito fora de sua região tradicional de cultivo, a região Norte, devido principalmente a problemas com o fungo causador do mal-sulamericano das folhas. No Brasil, as experiências de seu cultivo consorciado com o cafeeiro têm sido positivas e indicadas por diversos pesquisadores, uma vez, que além da proteção dada ao café, também servem como fonte de renda aos produtores pela produção de látex e de carvão.

No sul de Minas Gerais, o cultivo da seringueira com cafeeiro tem se mostrado promissor. Assim, pesquisas em diferentes fases do desenvolvimento do sistema de plantio podem vir a contribuir para uma maior compreensão das

alterações nas condições do ambiente e sua influência no comportamento das plantas.

O presente estudo integra o programa de pesquisa “Avaliação do Comportamento de Plantas de Seringueira e Cafeeiros Consorciados em Diferentes Condições Edafoclimáticas de Minas Gerais”. Para o desenvolvimento desse estudo, partiu-se da hipótese de que plantas em consórcio podem apresentar respostas fisiológicas distintas das de plantas em monocultivo devido às modificações do microclima da área associadas aos sistemas de cultivo. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do sistema de cultivo nas trocas gasosas, na eficiência fotoquímica do fotossistema II, no crescimento e anatomia foliar de cafeeiros e seringueiras em consórcio e monocultivo, na fase de estabelecimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas agroflorestais: aspectos gerais

Muitos autores têm empregado diferentes conceitos para sistemas agroflorestais. Entre eles, Dantas (1994) afirma que estes sistemas envolvem no mínimo duas espécies, sendo uma delas perene, em que os produtos são variados e o ciclo de vida do sistema é mais longo do que um ano. O mesmo autor ainda ressalta que os sistemas agroflorestais são estrutural e funcionalmente mais complexos do que os monocultivos.

Assis Júnior et al. (2000) definem sistemas agroflorestais (SAFs) como uma combinação integrada de árvores, arbustos, cultivos agrícolas e/ou animais na mesma área, de maneira simultânea ou seqüencial, que busquem a otimização da agregação de valores sócio-econômicos, culturais e ambientais, com potencial

para constituírem uma modalidade sustentável de uso e manejo dos recursos naturais.

Segundo Alvin (1989), um sistema agroflorestal envolve a associação, no tempo e/ou espaço, de duas ou mais espécies em uma mesma área, sendo pelo menos uma delas uma lenhosa perene, e caracteriza-se pela ocorrência de interações ecológicas e econômicas entre seus componentes. Face a essas definições, pode-se notar que nestas associações acentuam-se, no tempo e no espaço, as alterações dos fatores do meio e da competição entre as espécies.

Ao se implantar um sistema agroflorestal, visa-se obter vantagens biológicas e econômicas, porém há também algumas conseqüências desfavoráveis no emprego deste sistema. Dentre as vantagens, entre outras, cita-se o aumento da utilização do espaço, a redução da variação do microclima e a criação de um ambiente sombreado, o que pode ser interessante para o desenvolvimento de diferentes espécies. Entre as desvantagens, observam-se aumento da competição, efeitos de alelopatia, danos mecânicos resultantes do cultivo e da colheita. Os danos e benefícios devem ser, naturalmente, considerados na orientação desses sistemas.

Como apresentado acima, nestes sistemas de cultivo, duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas, são exploradas concomitantemente no mesmo terreno, não sendo necessariamente plantadas ao mesmo tempo, mas durante parte de seu ciclo de desenvolvimento. Nessas condições, verificam-se interações dos componentes do sistema agroflorestal com fatores do microclima, que determinam uma condição de interceptação da energia radiante, da precipitação e do comportamento do vento, propiciando, assim, um microclima mais adequado para o desenvolvimento das espécies envolvidas (Monteith et al., 1991).

Lopes (1985) afirma que para se adaptar a um cultivo múltiplo, a espécie deve manter um balanço positivo de carbono, ou seja, fotossíntese positiva sob

estresse luminoso. Plantas submetidas a condições de baixa luminosidade podem ter algumas opções de adaptação como:

- a) redução da taxa transpiratória;
- b) aumento da área foliar, para promover uma grande superfície de interceptação e absorção de radiação;
- c) aumento da taxa fotossintética por unidade de área foliar e por unidade de energia luminosa.

O sombreamento observado nos SAFs evita que os altos níveis de radiação observados em um dia típico de verão, em regiões tropicais, provoquem danos ao aparelho fotossintético de muitas plantas pela produção excessiva de NADPH e ATP, causando fotoinibição. Apesar de muitas espécies serem plantadas em cultivos puros, os cultivos mistos vêm aumentando significativamente; com isso surge a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que venham a contribuir para a compreensão das estratégias que as espécies apresentam para poderem se adaptar a diferentes formas de cultivo, isto é, ao monocultivo e ao consórcio, portanto, ao potencial de utilização de diferentes espécies em sistemas agroflorestais.

2.2 O consórcio café - seringueira: alguns aspectos ecofisiológicos

A prática agroflorestal tem sido empregada em diferentes regiões produtoras de café, tanto na fase inicial de implantação da cultura, quando é associado com espécies que atuam como quebra-vento ou sombreamento provisório, por exemplo, com o milho; quanto em sua fase produtiva, em que é geralmente combinado com espécies de maior porte que fornecem sombra, como a seringueira. Existem diferentes tipos descritos na literatura de sistemas agroflorestais praticados com o cafeeiro, sendo o sistema em renque, isto é, tipo de plantio em que as árvores são plantadas perpendicularmente à direção dos

ventos dominantes, e o sistema permanente periférico ou quebra-vento, que consiste no plantio de árvores nas margens das lavouras, os mais comuns e encontrados nas regiões produtoras de café do país.

A consorciação cafeeiro x seringueira tem sido estudada, recomendada e utilizada com vantagens para ambas as culturas, em algumas regiões produtoras de café e borracha no Brasil (Fancelli, 1986 e 1990; Pereira, 1992; Pereira et al., 1994; Veneziano et al., 1994; Pereira et al. 1998) e em outros países, como Java (Dijkman, 1951; Institut, 1992). Esses sistemas agroflorestais café x seringueira aparecem como uma alternativa altamente promissora, pois consiste em uma forma de uso do solo capaz de promover sua cobertura e recuperação, além de possibilitar a diversificação e produção, proporcionando estabilidade econômica ao agricultor, normalmente na pequena propriedade rural. Este sistema atende a requisitos sociais, ecológicos e econômicos, além de concorrer para suprir o déficit de borracha natural no país (Pereira et al., 2000).

Ressalta-se que, nos dias atuais, grande parte da produção mundial de borracha natural ocorre em pequenas propriedades que cultivam a seringueira em sistemas agroflorestais. De acordo com Pereira (1992), a seringueira admite o seu cultivo em associação com outras culturas. As vantagens de práticas agroflorestais com a seringueira residem na redução dos custos de implantação do seringal e melhoria no aproveitamento de nutrientes através da diferença de níveis de exploração do solo pelos sistemas radiculares da seringueira e plantas associadas, com melhor aproveitamento da radiação luminosa e cobertura do solo.

Fancelli (1990) e Pereira (1992) relatam que em todo o país observa-se a ocorrência de três esquemas de associação da seringueira com o cafeeiro. No primeiro esquema, a seringueira substitui gradativamente os cafezais antigos e decadentes, favorecendo-se pelo efeito do quebra-vento propiciado pelos cafeeiros, além de se beneficiar do efeito residual das adubações dadas a esta

cultura; no segundo, o cafeeiro, com dez a quinze anos, em espaçamento específico, é empregado como cultura de formação do seringal (intercalado a cada três linhas de cafeeiros), sendo erradicado por ocasião do início da sangria. No último esquema, ambas as culturas entram simultaneamente em consórcio permanente com benefícios mútuos.

A temperatura mais favorável ao cultivo da seringueira está compreendida entre 27 e 33°C, sendo esta faixa da temperatura também, a mais favorável ao processo fotossintético. Temperaturas ambiente acima de 35°C ocasionam o fechamento estomático, resultando em baixas taxas fotossintéticas e altas taxas respiratórias (Rao et al., 1998).

O limite máximo de deficiência hídrica anual acima do qual a seringueira não produz ainda não está bem estabelecido, porém Ortolani et al. (1983) citam, inicialmente, 150mm, enquanto Costa et al., (1997) definem que valor limite seria de 250 mm.

Além da temperatura e disponibilidade hídrica no solo, o déficit de pressão de vapor (DPV) é também um fator que contribui para a variabilidade da produção nas diferentes zonas agroclimáticas. A combinação entre um baixo déficit de pressão de vapor e uma alta disponibilidade de água no solo são essenciais para que a seringueira mantenha boas condições hídricas. As variações diurnas no DPV atmosférico estão relacionadas inversamente com a produção de látex devido a mudanças na pressão de turgor nos vasos lactíferos, estando as variações anual e regional da produção de borracha associadas com a intensidade e duração do estresse hídrico (Rao, 1993).

Vijayakumar et al. (1998), trabalhando com irrigação da seringueira na Índia, observaram altas taxas fotossintéticas em plantas que receberam uma irrigação constante. Plantas que estavam sem receber água apresentaram uma queda de mais de 50% na taxa fotossintética. Baixos valores de potencial hídrico (Ψ_w) podem afetar o processo fotossintético por danos causados principalmente

ao transporte de elétrons e à fosforilação oxidativa (Boyer, 1973). Os efeitos da deficiência hídrica também podem estar relacionados à diminuição na taxa de regeneração da ribulose 1,5 bisfosfato, estando associados com a baixa fosforilação ou à falta de Pi no estroma (Farquhar & Sharkey, 1982).

A seringueira, sendo uma planta heliófila, é considerada um eficiente conversor de energia solar em carboidratos (Macedo et al., 2000). Rodrigo et al. (2001) relatam que em termos de luz absorvida, as plantações de seringueira requerem entre 4-5 anos para conseguir a máxima interceptação de luz e, antes dos 30 meses de crescimento, conseguem interceptar apenas 40% da radiação pela copa. Estes autores ainda destacam que a eficiência no uso da radiação (RUE) tende a ser maior em plantas consorciadas do que em monocultivo.

A espécie *Coffea arabica* é originária dos vales das regiões montanhosas da Abissínia (Etiópia), a altitudes compreendidas entre 1000 e 2500 m, latitude 6° a 9° N e longitude 34° a 40° E. A temperatura média dessas regiões é de cerca de 20°C, com precipitação bem distribuída e superior a 1600 mm anuais, entremeada por um período seco de 3 a 4 meses. Nessas condições originais, o cafeeiro cresce permanentemente, sob densas florestas tropicais, ao abrigo das altas temperaturas (Rena & Maestri, 1986).

Acredita-se que os primeiros plantios realizados pelos ingleses tentavam simular as mesmas condições para o café daquelas encontradas em seu habitat natural. Assim, as plantações de café foram inicialmente feitas em terras de florestas virgens, depois da derrubada seletiva de algumas árvores e conservação de outras. Esta é uma forte indicação do início do cultivo do café sombreado (Raghuramulu, 2001). A cafeicultura em condições sombreadas é um sistema de cultivo ainda muito utilizado, principalmente em países da América Central, da América do Sul, México, alguns países africanos e asiáticos, destes, principalmente a Índia.

No Brasil, o cafeeiro é cultivado economicamente a pleno sol, com produções economicamente satisfatórias e, geralmente, maiores que as dos plantios sob sombra, desde que a disponibilidade hídrica do solo não seja um fator limitante à sua produtividade (Da Matta, 1995). Entretanto, uma das conseqüências do cultivo do cafeeiro a pleno sol é a superprodução, com o conseqüente esgotamento das plantas durante os primeiros anos, até que o auto-sombreamento diminua este efeito (Voltan, 1992).

Quando o cafeeiro é cultivado a pleno sol, ocorre uma remoção mais rápida dos nutrientes do solo, sendo necessária uma mudança de área ou dos tratos culturais. Na Índia, existem cafezais plantados na mesma área a mais de um século sem sinais de exaustão do solo. A razão para que o solo mantenha suas características e o café continue seu desenvolvimento por muito mais tempo está no plantio do café sombreado (Studer, 2001).

O sistema agroflorestal oferece ao cafeeiro uma maior proteção contra os efeitos adversos do ambiente, proporcionando condições para obtenção de produções mais estáveis, evitando a bianualidade na produção; melhor proteção do solo contra erosão; manutenção de um microclima e umidade mais favoráveis, melhor aproveitamento da matéria orgânica e dos nutrientes nas diferentes camadas do solo pelos sistemas radiculares do café e plantas associadas, que conseguem penetrar em diferentes profundidades (Dantas, 1994).

Chamorro-Trejos et al. (1994), ao fazerem referência ao café plantado em monocultivo, dizem que suas raízes aproveitam apenas os nutrientes das camadas superficiais do solo; o que se encontra nas camadas profundas não é acessível às suas raízes. Assim sendo, caso o café fosse cultivado com plantas de raízes profundas, esses nutrientes se converteriam em folhas que logo cairiam, produzindo uma reutilização dos nutrientes para a sustentabilidade da agricultura.

Como o cafeeiro não é capaz de regular naturalmente a carga de frutos ou, mais especificamente, a razão folha/fruto, a planta cultivada a pleno sol é séria candidata à seca-de-ponteiros, principalmente se ocorrerem veranicos durante o período de enchimento dos grãos (Rena et al., 1998). O sombreamento propiciado em plantios consorciados propicia uma melhor razão folha/fruto, evitando, assim, um florescimento abundante e uma demanda maior de carboidratos para a frutificação.

Freitas (2000) avaliou o efeito de diferentes níveis de luz no comportamento ecofisiológico de cultivares de *Coffea arabica* L. e verificou que a 70% de sombreamento foram observadas as maiores taxas de fotossíntese, apesar de não serem verificadas diferenças entre os cultivares.

Henaó (1966), trabalhando com plantas de café em monocultivo e consorciadas, observou que a alternabilidade bienal da produção, considerada fisiologicamente normal, foi mais pronunciada quando o café foi cultivado em área de pastagem e menos pronunciada quando do seu cultivo com espécies de maior porte.

Jaramillo-Robledo & Valencia-Arízabal (1980) observaram que a modificação do microclima pode influenciar o crescimento do cafeeiro e o número de flores; dentre os elementos climáticos que mais se relacionam com a altura e o comprimento dos ramos, o brilho solar, a evaporação e a temperatura se destacam.

Em relação à precipitação necessária para o cultivo do café, sabe-se que o cafeeiro suporta até 150 mm de déficit hídrico sem prejuízo à produção, desde que não se estenda até a fase da floração (Rena & Maestri, 1986). Em geral, os cultivares de café são afetados quando submetidos a condições de déficit hídrico acentuado, uma vez que a queda na taxa de assimilação de CO₂ pode ocorrer devido ao fechamento estomático, limitando o influxo de CO₂ nas células do mesófilo, podendo essa resposta estomática ser rápida em função da umidade do

ar ou do solo (Turner et al., 1986). No tocante à água presente na atmosfera, Kumar & Tieszen (1980a), avaliando o efeito do estresse hídrico em plantas de café, observaram que à medida que a demanda evaporativa aumenta, as plantas apresentam características indicativas de estresse hídrico, tanto em solos próximos da capacidade de campo quanto naqueles em sua capacidade máxima.

Evidências mostram que a baixa disponibilidade de água no solo, além de prejudicar a fotossíntese devido à restrição ao fluxo de CO₂, afeta também o aparelho fotossintético da planta (Kaiser, 1987). O estudo da fluorescência da clorofila *a* tem sido uma valiosa ferramenta, fornecendo informações sobre os danos causados no aparelho fotossintético em condições de estresse ambiental; sua análise fornece uma poderosa indicação do funcionamento do sistema fotossintético, servindo como indicador intrínseco das reações fotossintéticas nos cloroplastos de plantas (Schreiber et al., 1995). A eficiência do fotossistema II (PSII) pode ser estimada através da razão entre a fluorescência variável (Fv) e a fluorescência máxima (Fm). Esta razão tende a decrescer em plantas submetidas a condições adversas do ambiente (Krause & Weis, 1991).

Segundo Pereira et al. (1998), existem muitos benefícios sobre as plantas de café quando consorciadas com seringueira. Entre eles destacam-se a produção de internódios mais longos, essenciais para a produção de frutos de melhor qualidade; a produção de frutos de maior tamanho; microclima mais ameno ao cafeeiro, com temperatura noturna mais alta e diurna mais baixa; a redução da bienalidade; menor incidência da seca dos ponteiros; aumento do número de ramos plagiotrópicos primários e secundários, aumentando a capacidade produtiva dos cafeeiros. Entretanto, em relação à produção, Chamorro-Trejos et al. (1994) relatam que o cafeeiro, quando cultivado a pleno sol, proporciona maiores produções do que aquelas verificadas em altos sombreamentos.

É interessante determinar a condição ideal de sombreamento, na qual a produção seja minimamente afetada e nem a própria planta tenha prejuízos. A

consorciação do cafeeiro com a seringueira, quando bem planejada, certamente poderá contribuir para a manutenção da luz e de temperatura em níveis adequados para um melhor desenvolvimento e produção do cafeeiro (Macedo et al., 1999).

Kumar & Tieszen (1980b) e Fahl et al. (1994) relatam que o cafeeiro pode ser conduzido em ambientes de baixa luminosidade, uma vez que a irradiância de saturação está compreendida em torno de 300 e 600 $\mu E m^{-2} s^{-1}$ para plantas sombreadas e cultivadas a pleno sol, respectivamente. Níveis de radiação acima de 2200 $\mu E m^{-2} s^{-1}$, comuns em um dia ensolarado nas regiões tropicais, podem causar, além da saturação do aparelho fotossintético, danos por fotoinibição. Essas informações são de interesse para a realização de um manejo adequado das áreas de cultivo em termos de sombreamento, evitando-se, assim, danos às plantas pela baixa ou alta incidência da radiação.

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no desenvolvimento das plantas, participando de diferentes compostos, dentre eles da composição das clorofilas e de enzimas como a Rubisco (Abrams & Mostoller, 1995). Nunes et al. (1993), ao analisarem o efeito da suplementação de nitrogênio na fotossíntese foliar de plantas de café cultivadas a pleno sol, observaram que naquelas tratadas com maiores níveis de nitrogênio as respostas à radiação direta foram melhores que aquelas que receberam uma quantidade inferior. Fahl (1989) também encontrou resultado similar em plantas de café que foram fertilizadas com nitrogênio em vista daquelas não fertilizadas.

A estrutura foliar pode ser um forte indicador da disponibilidade de luz durante as fases de seu crescimento. O aumento dos níveis de luz proporciona aumentos na espessura foliar, massa, epiderme, parênquima e número total de células das folhas (Esau, 1977).

Folhas de sombra possuem estruturas anatômicas e fisiológicas que as capacitam a utilizar baixas intensidades luminosas com eficiência, sendo que a

exposição a altas intensidades luminosas pode destruir os plastídeos da superfície foliar pelo excesso de radiação (Engel & Poggiani, 1991). Abrams & Moostler (1995) e Castro et al. (1998) relatam que as altas intensidades luminosas levam ao desenvolvimento das regiões da paliçada e do mesofilo esponjoso, tendo como resultado folhas mais grossas.

Os estômatos apresentam respostas distintas em relação à luz. Diversos estudos demonstram que o aumento na intensidade luminosa aumenta a frequência estomática por unidade de área foliar (Ashton & Berlyn, 1992; Castro et al., 1998; Holmes & Cowling, 1993).

Muitos trabalhos têm estudado as diferenças na estrutura anatômica da folha das plantas em relação ao ambiente, além de buscarem possíveis respostas para esse comportamento. Medri & Lleras (1980a) avaliaram a anatomia foliar de clones diplóides e poliplóides de seringueira, observando que o nível de ploidia influenciou o comportamento anatômico dessas plantas de forma a ser um indicativo de maior resistência à seca. O estudo de diferentes níveis de luz durante o crescimento de plantas de café também tem sido motivo de muitas pesquisas, dentre elas as de Voltan et al. (1992), que compararam as estruturas anatômicas de cafeeiros expostos a diferentes intensidades luminosas, constatando diferenças nas células do mesofilo, na massa, área foliar e número de estômatos em plantas sombreadas e a pleno sol.

Finalmente, é interessante destacar que Rena & Maestri (1986) ressaltam que a interpretação dos resultados dos experimentos realizados com intensidades de luz em plantas de cafeeiros devem levar em consideração as alterações que ocorrem no ambiente, em decorrência da variação da intensidade luminosa, como a temperatura do solo, do ar e da folha, a umidade do solo do ar e o balanço hídrico da planta. Em geral, as informações encontradas na literatura ressaltam os diferentes efeitos dos SAFs nas plantas e no ambiente, quando comparados aos dos monocultivos. Investigações que possibilitem indicar os

melhores tipos de consórcio são necessárias, pois podem vir a fornecer subsídios para compreensão dos efeitos das variações do ambiente no comportamento fisiológico e anatômico das plantas envolvidas no consórcio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos gerais

3.1.1 Época e localização do experimento

Este estudo foi conduzido de outubro de 2000 a agosto de 2001, na área experimental da Fazenda Vitorinha, da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), situada no município de Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, a 918m de altitude, latitude 21° 14' S e longitude 45° 00' W GRW. A temperatura média anual do ar dessa região é de 19,4 °C e as médias anuais de temperatura do ar, máxima e mínima, são de 26,1°C e 14,8 °C, respectivamente, com precipitação anual de 1529,7 mm (Brasil, 1992). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa com característica de Cwb, apresentando duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março.

3.1.2 Condições climáticas do período experimental

A Figura 1 apresenta os valores diários de temperatura média, máxima e mínima e precipitação referentes ao período experimental, coletados na Estação Climatológica Principal de Lavras, situada a aproximadamente 10 km da área experimental. Observa-se, nesta figura, que o mês de outubro apresentou uma

precipitação total de 25,2 mm (126,0 mm)¹, janeiro teve 147,5 mm (272,4 mm)¹ e fevereiro apresentou 46,8 mm (192,3 mm)¹, sendo esses meses caracterizados por níveis de precipitação inferiores às normais climatológicas.

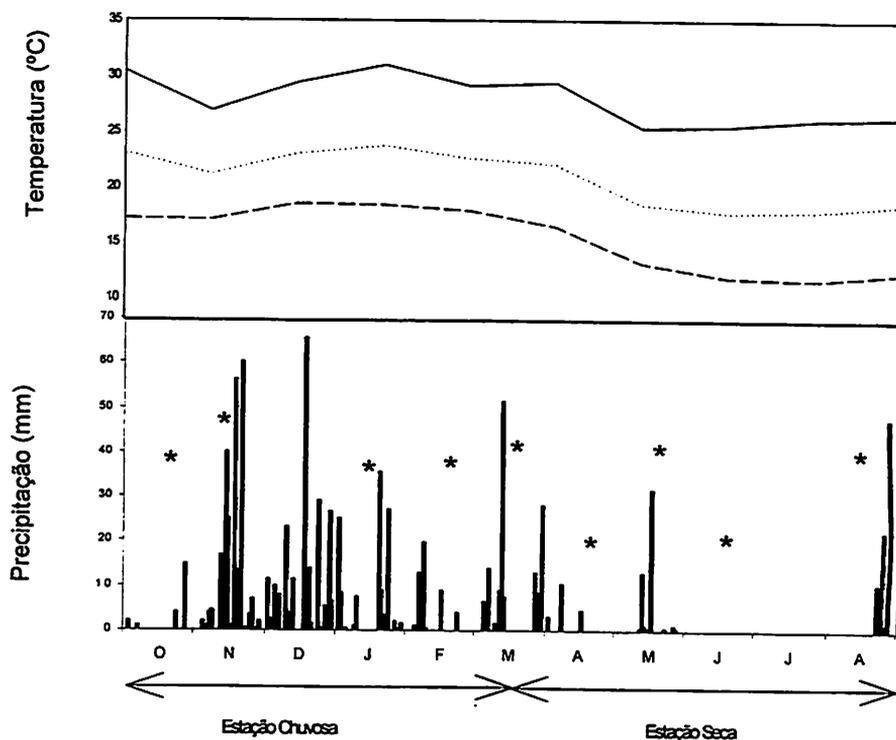


FIGURA 1- Valores diários de temperatura máxima (—), média (...) e mínima (---) e precipitação diária observados durante o período de condução do experimento (outubro/2000 a agosto de 2001). O * indica data de avaliação. Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras.

¹ Os números entre parênteses representam as normais climatológicas 1965-1990. Brasil (1992).

3.1.3 Solo

Para a análise do solo, a área experimental foi dividida em quatro talhões, contendo cada um as seringueiras em monocultivo, o café em monocultivo e dois tipos de consórcio estudados. A análise foi realizada no Laboratório de Solos da UFLA e os resultados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1- Análise de solo da área experimental.

	Café	Seringueira	Consórcio Renque	Consórcio Margem
pH	5,5	5,6	4,9	4,9
P	5,0	2,0	7,0	9,0
K	60,0	39,0	183,0	129,0
Ca	3,6	3,1	2,7	3,3
Mg	0,8	0,9	0,8	0,7
Al	0,1	0,1	0,3	0,2
H+ Al	4,0	3,2	4,5	5,0
S. B.	4,6	4,1	4,0	4,3
t	4,7	4,2	4,3	4,5
T	8,6	7,3	8,5	9,3
M	2,1	2,4	7,0	4,4
V	53,2	56,2	46,9	46,4

* P; K, estão expressos em mg/dm^3 ; Ca, Mg, Al, H+ Al. S. B., t, T em cmol/dm^3 e M e V em %. Departamento de Ciência do Solo, UFLA, 2000.

A Tabela 1 mostra que as áreas escolhidas não diferem muito entre si em termos de nutrientes do solo.

3.1.4 Condução do experimento

Foram utilizados, no presente trabalho, plantios consorciados de café (*Coffea arabica* L.) cv. Rubi e seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.), clone PB235, e também plantios em monocultivo, juntamente com o clone GT1, implantados em 1997 e 1999, respectivamente, na área experimental da fazenda da FAEPE. O experimento foi constituído por cinco tratamentos.

O primeiro tratamento refere-se ao consórcio com plantas de seringueira, clone PB235, através de plantios intercalados nas linhas do cafeeiro (consórcio tipo margem). O segundo tratamento implantado foi constituído de seringueiras (clone PB235) em renques duplos no meio do cafezal (consórcio tipo renque). Os outros tratamentos consistem de plantios em monocultivo de cafeeiros e seringueiras, clones PB235 e GT1.

As seringueiras plantadas nas linhas do café encontram-se no espaçamento de 3m; no plantio em renque, o espaçamento foi de 3m por 4m. Em função da grande desuniformidade de plantio, decorrente de sucessivos replantios, optou-se por avaliar as plantas do clone PB235 e do clone GT1 que apresentaram semelhante desenvolvimento vegetativo, ocupando cada uma delas uma área útil de 21 m² (dispostas no espaçamento original de 7 x 3m). O café foi plantado no espaçamento de 2m por 0,75m em ambos sistemas de cultivo (consórcio e monocultivo).

A Figura 2 ilustra a área de plantio com os tratamentos de seringueiras e cafeeiros.

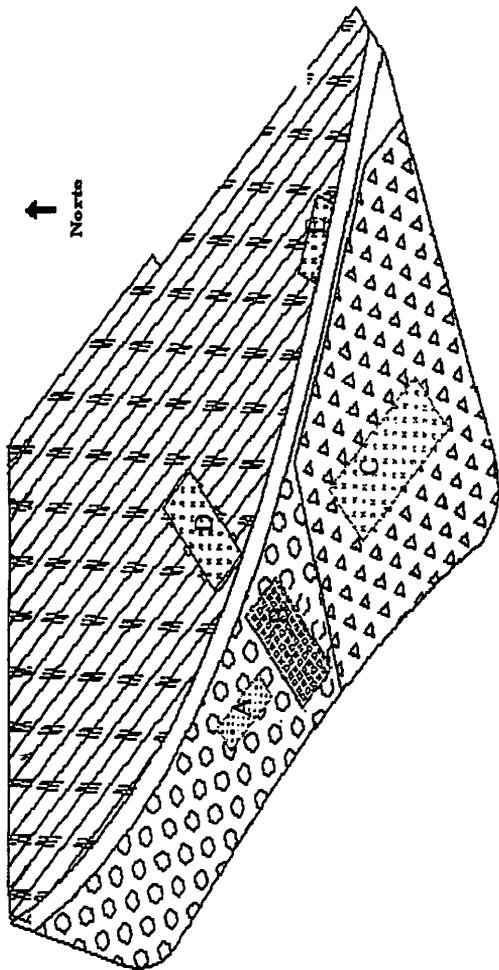


FIGURA 2: Ilustração da disposição dos tratamentos no campo, apresentando os dois tipos de consórcio e os três monocultivos, onde A corresponde à área com o clone GT1; B à área com o clone PB235; C à área com café em monocultivo; D à área do consórcio tipo renque e E à área do consórcio tipo margem.

3.2 Características avaliadas

3.2.1 Trocas gasosas

Durante o período experimental (outubro/2000 a agosto/2001), foram realizadas avaliações de trocas gasosas utilizando um analisador portátil de CO₂ a infravermelho (ADC-LCA4- HODDESDON-UK), às 09, 12 e 15 horas (hora solar), sendo avaliadas as seguintes características: fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ intracelular (Ci), densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), temperatura da folha (Tf) e da cubeta (T) e umidade relativa (UR). A partir dos dados de UR e T, foram obtidos os valores do déficit de pressão de vapor da atmosfera na cubeta (DPV).

Essas avaliações foram feitas em dias típicos, ou seja, predominantemente claros, em intervalos de vinte a quarenta dias, sempre em folhas completamente expandidas do terço médio do cafeeiro e de folhas maduras de seringueira no terço médio da copa, na face abaxial das folhas, e com a mesma orientação cardinal em relação à luz solar incidente, isto é, leste-oeste.

3.2.2 Potencial hídrico foliar e umidade do solo

O potencial hídrico foliar foi avaliado ao amanhecer e ao meio-dia solar, em três plantas de cada espécie e uma folha por indivíduo para cada tratamento, com o auxílio de uma bomba de pressão (Soil Moisture-model 3005), nas mesmas datas das avaliações de trocas gasosas.

Foi avaliado, nas mesmas datas do potencial hídrico, o teor de umidade do solo pelo método gravimétrico, em três repetições por tratamento,

sendo a coleta da amostra de solo realizada na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

3.2.3 Eficiência fotoquímica do fotossistema II

A fluorescência da clorofila *a* foi avaliada por meio de um fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser- Hansatech, King's Lynn, Nor Kfolk, UK). A eficiência fotoquímica do fotossistema II, ou seja, a razão F_v/F_m , onde $F_v = F_m - F_o$, F_m = fluorescência máxima; F_v = fluorescência variável e F_o = fluorescência mínima, foi determinada após as folhas serem pré-condicionadas ao escuro, por 30 minutos, para medição da fluorescência rápida “in vivo”.

As avaliações foram realizadas em folhas completamente expandidas, nas posições descritas para as medidas de trocas gasosas nos horários de 9, 12 e 15 horas (hora solar), nos mesmos dias das avaliações das trocas gasosas. Em relação à posição e à orientação das folhas avaliadas, foi adotado o mesmo critério utilizado para as avaliações de trocas gasosas.

Essas avaliações de trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema (FSII) foram realizadas em quatro plantas de cada espécie, utilizando-se uma folha por planta para cada tratamento.

3.2.4 Crescimento e ontogenia foliar de plantas de seringueira

Para avaliar o crescimento das plantas, foram realizadas avaliações de diâmetro, altura das plantas e estágio foliar nos clones estudados. Essas avaliações foram realizadas em uma frequência semanal para a altura das plantas e ontogenia foliar, enquanto o diâmetro foi medido em intervalos mensais ao longo de todo o período experimental.

A altura da planta foi considerada desde o ponto de enxertia até a região de inserção das folhas apicais, o diâmetro foi tomado a 20 cm do solo. A ontogenia foliar observada a partir dos quatro estádios do ciclo foliar morfogenético da seringueira (Hallé & Martin, 1968).

3.3 Características anatômicas

Depois de um período de 7 meses de avaliação na área experimental, procedeu-se a coleta, aleatoriamente, de 10 folhas em três plantas de cada espécie, em cada tratamento. Nas plantas de café, foram coletadas folhas completamente expandidas, situadas entre o quinto e oitavo nó, a contar do ápice caulinar. Para as plantas de seringueira, foram retiradas folhas completamente expandidas da copa.

O material foi fixado em FAA por 72 horas, seguindo a metodologia de Johansen (1940), e posteriormente conservado em álcool 70° GL, sendo o estudo anatômico baseado no exame microscópico de seções obtidas à mão livre. As seções foram clarificadas em solução com produto comercial hipoclorito de sódio a 20% por um período que variou de três a cinco minutos, em seguida lavadas em água destilada, neutralizadas em água acética 1% e montadas em glicerina a 50%. O corante usado foi a mistura de azul de astra-safranina, seguindo-se os métodos descritos por Bukatsh (1972).

Para as avaliações relativas à caracterização dos estômatos (número médio por mm², diâmetro polar e equatorial), foram feitos cortes paradérmicos na região mediana das folhas na face abaxial e, como corante, empregou-se a safranina hidroalcoólica. A partir das seções transversais foram efetuadas 20 medições, com o auxílio de ocular micrométrica, de 5 plantas, da espessura abaxial, dos parênquimas esponjoso e palicádico, em microscópio de campo claro Carl Zeiss- Amplival.

Em seguida, as lâminas foram observadas em microscópio Olympus CBB, segundo técnica de Labouriau et al. (1961). Em cada região da lâmina foliar foram observados quatro campos, totalizando 40 campos por tratamento (dez folhas por tratamento), sendo 160 campos para a seringueira e 640 campos para o cafeeiro; as fotomicrografias foram obtidas em microscópio Olympus BX60 utilizando filme ASA 100 colorido, no Laboratório de Citologia do Departamento de Biologia- UFLA.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), para todas as características avaliadas. As características de trocas gasosas, eficiência fotoquímica do FSII, crescimento, bioquímicas e físicas foram analisadas em DIC com parcelas subdivididas no tempo, sendo os tratamentos dispostos nas parcelas, e as épocas (meses), nas subparcelas. Os dados da anatomia foliar foram analisados em DIC.

O programa SISVAR 4.3, da Universidade Federal de Lavras, foi utilizado para realização das análises de variância e testes de comparação de médias, sendo estas comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características fisiológicas

4.1.1 Microclima

Na Figura 3 estão apresentados os valores da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) e o déficit de pressão de vapor (DPV), correspondentes às médias para a estação chuvosa e para a estação seca do período experimental, nas diferentes áreas de plantio estudadas, observados às 12 horas. Observa-se que a estação chuvosa foi caracterizada por níveis de radiação que variaram de 1800 a 2200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e déficit de pressão de vapor da atmosfera de 2,5 a 3,1 kPa, condições características de períodos de alta demanda evaporativa da atmosfera. Os maiores valores médios da radiação e do déficit de pressão de vapor da atmosfera foram observados nas seringueiras em monocultivo e no consórcio tipo margem, respectivamente, ao passo que os menores valores foram apresentados pelos cafeeiros e seringueiras em monocultivo, respectivamente.

Para a estação seca, verifica-se que os níveis de radiação variaram de 1100 a 1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e o déficit de pressão de vapor da atmosfera, de 2,1 a 2,6 kPa. Para a radiação nessa estação os maiores valores foram observados no consórcio renque. Em geral, os níveis de radiação observados nessa estação foram menores que aqueles da estação chuvosa. Os valores do déficit de pressão de vapor da atmosfera na estação chuvosa mostraram-se semelhantes aos verificados para a estação seca.

De modo geral, os valores do déficit de pressão de vapor da atmosfera observados mostraram-se maiores nos tratamentos consorciados, enquanto aqueles em monocultivo apresentaram os menores valores. Essa observação

pode ser associada ao maior número de plantas da área de monocultivo, o que propiciou uma maior manutenção da umidade relativa do ar entre as plantas.

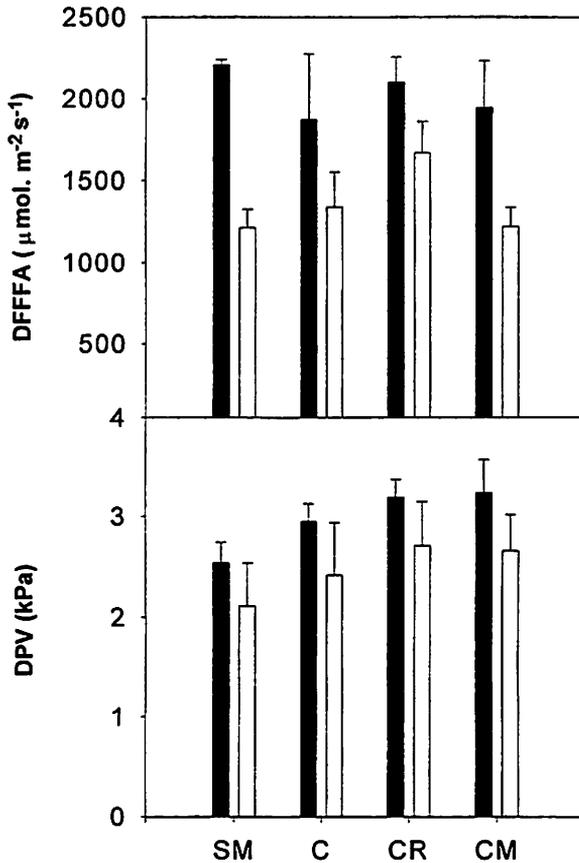


FIGURA 3: Valores médios sazonais da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) e déficit de pressão de vapor (DPV) em plantas de seringueira em monocultivo (SM) e café em monocultivo (C), consórcio café/seringueira tipo renque (CR) e consórcio café/seringueira tipo margem (CM), referentes à estação chuvosa (■) e à estação seca (□), às 12 horas, durante o período experimental. Cada barra corresponde à média ± erro padrão de 24 observações.

Um sistema agroflorestal já desenvolvido apresenta uma maior umidade que aquele em início de desenvolvimento e com área mais aberta. Desse modo, como o DPV depende da temperatura e da umidade relativa do ar, em uma área menos vegetada este valor pode ser maior que em uma área mais vegetada (Monteith et al., 1991).

4.1.2 Potencial hídrico foliar e umidade do solo

A Figura 4 mostra os resultados obtidos para o potencial hídrico foliar e umidade do solo referentes à média da estação chuvosa e da estação seca do período experimental, para os diferentes sistemas de cultivos. A análise desses resultados às 6 horas evidencia que o potencial hídrico nas duas espécies apresentou valores próximos na estação chuvosa, indicando que as espécies permaneceram em condições hídricas similares, sendo os valores compreendidos entre $-0,5$ e $-0,8$ MPa nos cafeeiros do consórcio tipo renque e seringueiras em monocultivo clone PB235. Freitas (2000), avaliando o comportamento ecofisiológico de cafeeiros e seringueiras na região de Patrocínio-MG, encontrou valores de $-1,3$ MPa para a cultivar Rubi na estação chuvosa, ao amanhecer, inferiores aos observados neste trabalho.

Ainda às 6 horas, a observação do potencial hídrico foliar na estação seca mostra valores mais negativos para os cafeeiros, especialmente os consorciados, de modo que aqueles do consórcio tipo renque diferiram significativamente dos demais tratamentos. As seringueiras do clone GT1 plantadas em monocultivo apresentaram o maior potencial hídrico nesta estação. Entre os cafeeiros, os maiores valores foram observados nos cafeeiros em monocultivo, não sendo observadas diferenças significativas entre diferentes sistemas de cultivo.

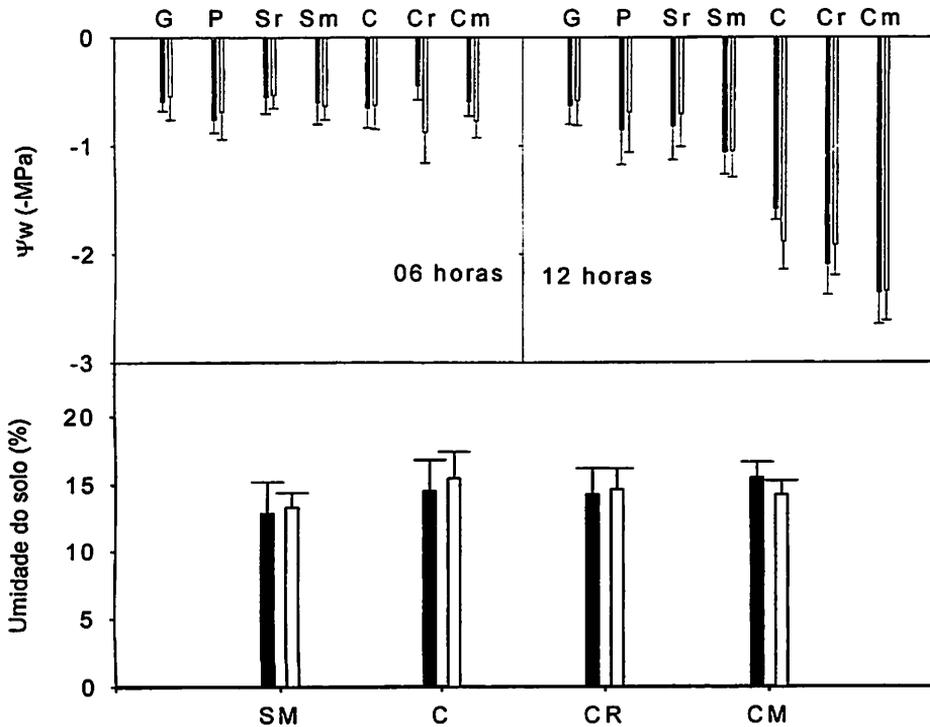


FIGURA 4: Valores médios sazonais do potencial hídrico foliar (Ψ_w) ao amanhecer (6 horas) e ao meio-dia solar (12 horas), referentes à estação chuvosa (■) e à estação seca (□), em plantas de seringueira em monocultivo (P – clone PB235 e G – clone GT1), café em monocultivo (C), café e seringueira consorciados em renque (Cr e Sr), café e seringueira consorciados em margem (Cm e Sm) e umidade do solo em plantas de seringueira em monocultivo (SM) e café em monocultivo (C), consórcio café/seringueira tipo renque (CR) e consórcio café/seringueira tipo margem (CM). Cada barra corresponde à média \pm erro padrão de 24 observações para o potencial hídrico foliar e para a umidade do solo.

A avaliação do potencial hídrico ao meio-dia na estação chuvosa evidencia que os menores valores foram observados em cafeeiros, sendo os valores compreendidos entre -1,5 a -2,5 MPa e entre -0,6 a -1,0 MPa para as seringueiras. Apesar das diferenças de valores observadas, os cafeeiros, bem como as seringueiras, não se diferenciaram nas estações estudadas, sendo observadas diferenças significativas apenas ao se comparar os cafeeiros com as seringueiras.

Apesar de os cafeeiros em consórcio tipo margem apresentarem valores inferiores, não foram observadas diferenças significativas em relação ao sistema de cultivo. Entre as seringueiras também não foram observadas diferenças. A observação dos valores do potencial hídrico às 12 horas na estação seca indica um comportamento similar ao observado na estação chuvosa. Em geral, as plantas do consórcio tipo renque apresentaram os maiores valores do potencial hídrico nesta estação, indicando uma maior manutenção do estado hídrico das plantas. Para as seringueiras, os maiores valores de potencial hídrico podem estar associados a uma menor perda de água, a uma maior capacidade de suas raízes em absorver água das camadas mais profundas do solo, bem como um maior controle estomático da transpiração.

O potencial hídrico ao meio-dia atingiu valores próximos de -3,0 MPa no cafeeiro. Esses valores, segundo Kumar & Tieszen (1980a), são prejudiciais ao cafeeiro. Da Mata et al. (1997a), ao trabalharem com plantas jovens de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* sob condições de estresse hídrico, encontraram valores próximos a esse valor crítico em observações realizadas antes do amanhecer.

Ainda na figura 4, nota-se que a umidade do solo permaneceu entre 15,8 e 14%, não sendo observadas diferenças entre os tratamentos e as estações seca e chuvosa.

4.1.3 Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema II

Os resultados médios sazonais para a fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e eficiência fotoquímica do fotossistema II (razão F_v/F_m), observados às 12 horas para os tratamentos estudados, estão apresentados na Figura 5. Em geral, a fotossíntese líquida observada entre as seringueiras ($4,03$ a $9,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi superior aos valores observados para os cafeeiros ($0,7$ a $4,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Entre os sistemas de cultivo, verificam-se os maiores valores nas plantas de seringueira do consórcio tipo renque, enquanto os menores valores foram observados em cafeeiros do consórcio tipo margem. Estas variações podem ocorrer devido a características ecológicas das espécies ou, provavelmente, porque o cafeeiro é uma planta de subbosque, e a seringueira, uma planta heliófita, como relatado por Macedo et al. (1999). Ressalta-se, ainda, que na estação seca os cafeeiros apresentam taxas de fotossíntese maiores que as observadas na estação chuvosa, contudo não foram observadas diferenças ao se analisarem os diferentes sistemas de cultivo. Para as seringueiras foi observado, um comportamento inverso, que pode ser atribuído às características das espécies, como já citado anteriormente. Além disso, esse comportamento do cafeeiro pode, indicar que um microclima caracterizado por níveis de radiação mais baixos, uma baixa demanda evaporativa da atmosfera e temperaturas mais amenas são favoráveis ao seu processo fotossintético, como já verificados em outros estudos, entre eles os de Kumar & Tieszen (1980b) e Freitas et al. (2000).

Os resultados obtidos para a condutância estomática revelam que as maiores taxas de fotossíntese são associadas a valores mais elevados de condutância, sugerindo um controle da fotossíntese pelos fatores estomáticos. As diferenças na condutância estomática verificadas entre as estações foram mais pronunciadas na estação chuvosa. Os valores de condutância obtidos para as

seringueiras diferiram daqueles observados para os cafeeiros. Os resultados obtidos não apresentaram diferenças significativas entre as espécies na estação seca. Mesmo não sendo observadas diferenças significativas na estação seca, observa-se que as seringueiras em monocultivo clone GT1 apresentaram as menores condutâncias observadas, a exemplo dos cafeeiros do consórcio tipo margem na estação chuvosa.

Em relação aos resultados obtidos para a transpiração, observa-se que os valores obtidos para a estação chuvosa diferem daqueles observados na estação seca, exceto nos cafeeiros consorciados. Na estação chuvosa, observa-se que as seringueiras do consórcio tipo renque diferiram dos demais tratamentos, apresentando a maior taxa transpiratória. A observação dentro do gênero *Coffea* aponta os maiores valores para o tratamento em monocultivo, mesmo sem apresentar diferenças dos demais tratamentos. Deve-se ressaltar que altas taxas de transpiração muitas vezes estão associadas a altas temperaturas e adaptações ecológicas da espécie (Da Mata et al., 1997b). Para a estação seca, não foram observadas diferenças entre os diferentes sistemas de cultivo, mas destaca-se que os menores valores de transpiração foram observados nas seringueiras, em todos os tratamentos.

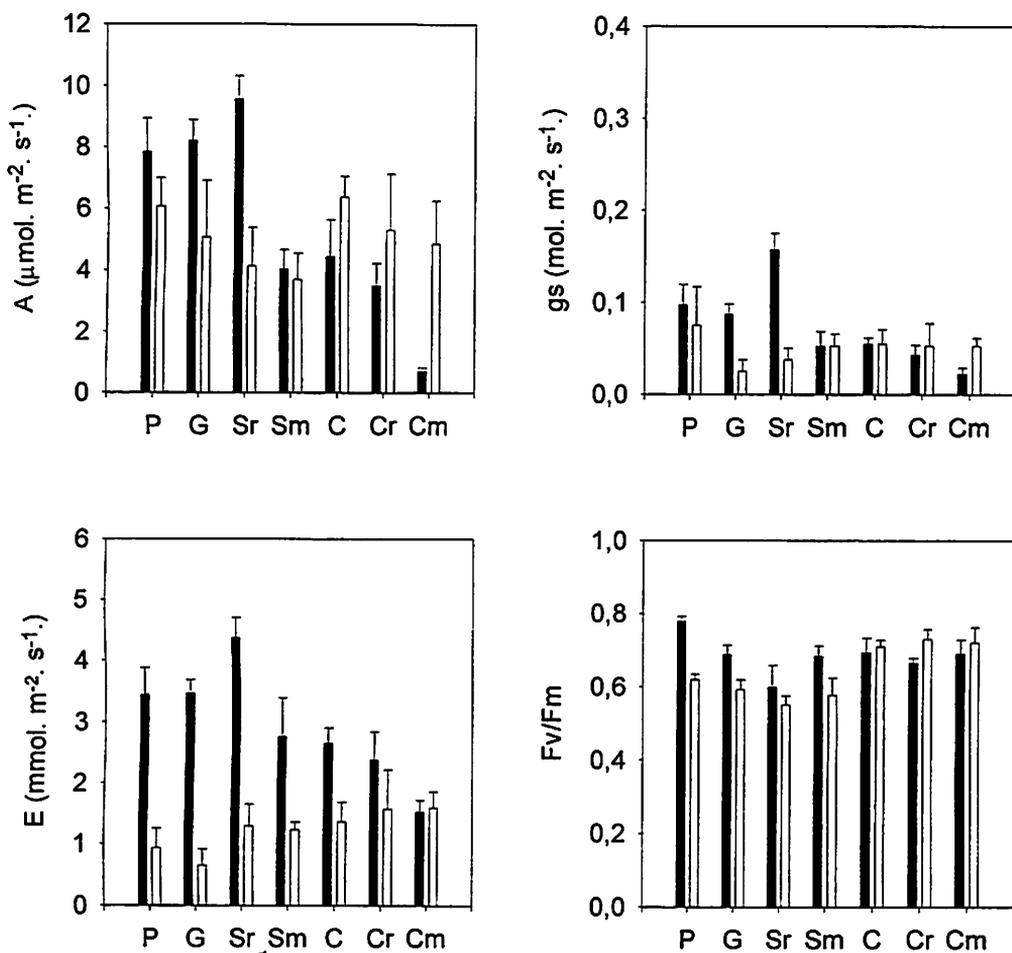


FIGURA 5: Valores médios sazonais da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm), referentes à estação chuvosa (■) e à estação seca (□), às 12 horas, em plantas de seringueira em monocultivo (P-clone PB235 e G-clone GT1), café em monocultivo (C), seringueira e café consorciados em renque (Sr e Cr) e seringueira e café consorciados em margem (Sm e Cm). Cada ponto corresponde à média (\pm erro padrão) de 20 observações.

Observa-se ainda, na Figura 5, que a eficiência fotoquímica do fotossistema II, medida pela razão F_v/F_m , apresentou diferenças para as seringueiras em monocultivo clone PB235 (P), na estação chuvosa, em relação à estação seca. Em geral, na estação chuvosa, as seringueiras apresentaram os maiores valores de F_v/F_m , permanecendo os valores entre 0,60 e 0,78, enquanto foram observados valores entre 0,67 e 0,69 dessa característica para os cafeeiros. Ainda na estação chuvosa, para seringueiras, os menores valores foram verificados em plantas do consórcio tipo renque; entre os cafeeiros, os maiores valores foram verificados em cafeeiros do monocultivo, entretanto não há diferenças quando comparados com os cafeeiros em consórcio. De acordo com Bolhar-Nordenkampf et al. (1989), valores de F_v/F_m entre 0,75 e 0,85 são característicos de plantas não estressadas. Valores mais elevados da razão F_v/F_m indicam um decréscimo na dissipação não fotoquímica da energia radiante pelos centros de reação do fotossistema II (Eastman & Camn, 1995). Em relação à estação seca, observa-se, em geral, um comportamento inverso entre as espécies, isto é, maiores valores são verificados pelos cafeeiros, que diferem das seringueiras. Os valores observados nesta estação variaram entre 0,55 a 0,62 para as seringueiras e entre 0,67 e 0,7 para os cafeeiros. Nesta estação é observada, portanto, uma maior susceptibilidade da seringueira a danos no fotossistema II, sugerindo que uma menor disponibilidade de água no solo prejudica seu desenvolvimento, como salientado por Ortolani et al. (1985) no zoneamento agroclimático para a heveicultura do Estado de Minas Gerais.

4.1.4 Variação diurna das condições microclimáticas, trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema II

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam as variações diurnas das características microclimáticas, de trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema II,

obtidas em duas datas de observação, representativas de dias típicos ou seja predominantemente claros da estação chuvosa (17/03/2001) e da estação seca (24/06/2001).

Nota-se, na Figura 6, que os níveis de densidade de fluxo do fótons fotossinteticamente ativos apresentaram um comportamento similar entre os tratamentos. Em geral, em março foram observados valores mais elevados, que variaram de 1050 a 2300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, do que os observados para o mês de junho, que variaram de 300 a 1700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Em ambas as datas de avaliação, é possível verificar um comportamento similar da radiação ao longo do dia, observando um aumento entre nove e doze horas, seguido de um decréscimo às quinze horas. Entretanto, nota-se, para a área de seringueira em monocultivo, uma redução da DFFFA ao longo do dia no mês de junho, que pode ser associado à passagem de nuvens no momento da medida.

Em relação ao déficit de pressão de vapor da atmosfera, nessa data, verifica-se um aumento ao longo do dia, variando entre 2,2 a 4,7 kPa na estação chuvosa. Os menores valores de DPV nessa data foram observados em plantas de seringueira em monocultivo. Para a estação seca (24/06/01), os valores de DPV obtidos são inferiores aos observados em março, variando de 1,9 a 3,0 kPa, não sendo também verificadas diferenças significativas entre os sistemas de cultivo e espécies. Nesta data, observa-se que as variações no déficit de pressão de vapor respondem às variações da radiação.

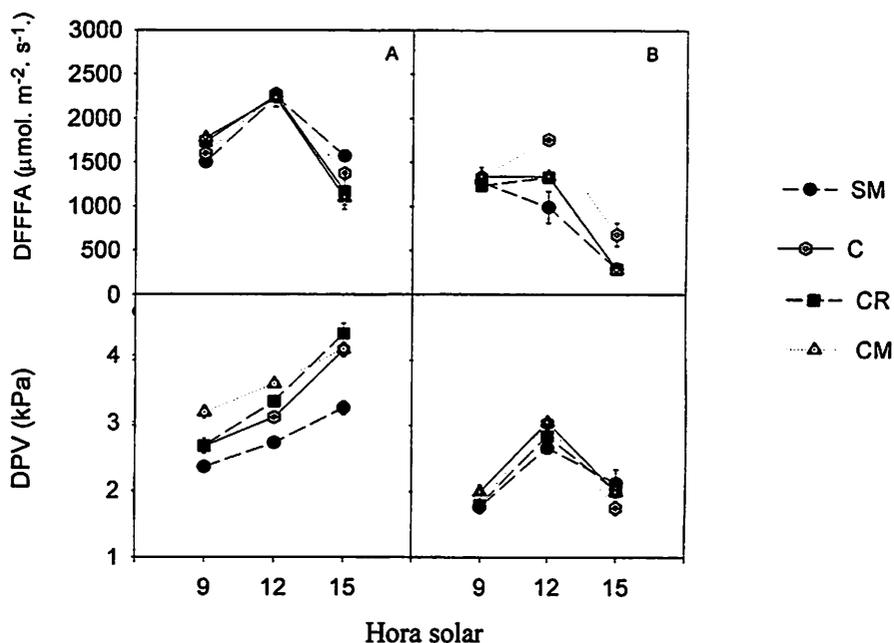


FIGURA 6: Variação diurna da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) e do déficit de pressão de vapor (DPV) em plantas de seringueira em monocultivo (SM) e café em monocultivo (C), consórcio café/seringueira tipo renque (CR) e consórcio café/seringueira tipo margem (CM), em 17/03/2001 (A) e em 24/06/2001 (B). Cada ponto corresponde à média \pm erro padrão de 8 observações.

Os resultados obtidos para essas características evidenciam que o dia 17/03 é caracterizado por uma alta demanda evaporativa da atmosfera, enquanto, em 24/06, tem-se uma condição de menor umidade. Deve-se ressaltar que a data 17/03 segue um dia com precipitação de 47,5 mm e 24/06 é característico de um período sem precipitação (Figura 1). Essas diferentes condições de disponibilidade de água no solo podem ser observadas nos resultados do

potencial hídrico (Tabela 2) e umidade do solo (Tabela 3) obtidos nessas datas de avaliação.

Como pode ser observado na Tabela 2, entre os tratamentos, a média geral do potencial hídrico ao amanhecer, em 17/03/2001, apresentou diferenças significativas entre as espécies nos diferentes tratamentos. Pode-se verificar que as seringueiras em monocultivo, clone PB235 (P), apresentaram os menores valores entre as espécies nesta data; os maiores valores foram observados naquelas espécies dos tratamentos consorciados, destacando-se o consórcio em renque por apresentar maior semelhança entre os valores observados. Ainda nesta mesma data, porém às 12 horas, observa-se uma maior variação do potencial hídrico entre as espécies, sendo os maiores valores apresentados pelas seringueiras (entre - 0,3 e - 1,0 MPa), ao passo que os cafeeiros apresentaram valores em torno de - 1,5 e - 2,6 MPa. Na estação seca, 24/06/2001, o potencial hídrico decresceu em resposta à diminuição de precipitação característica do período (Figura 1), sendo os menores valores observados ao amanhecer, nas seringueiras consorciadas. Entre os cafeeiros, os menores valores foram em plantas do consórcio em renque. Ao meio-dia solar, os potenciais chegaram a valores muito negativos, apesar de não atingirem os valores limitantes para a seringueira (Brunini & Cardoso, 1997). Os valores apresentados pelos cafeeiros foram próximos aos encontrados por Da Mata et al. (1997a) em plantas jovens de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*; contudo, Kumar & Tieszen (1980a) relatam que esta é uma condição prejudicial, uma vez que reduz a condutância estomática e as taxas de fotossíntese.

TABELA 2: Potencial hídrico foliar ao amanhecer (06 horas) e ao meio-dia solar (12 horas) em seringueiras (G – clone GT1 e P – clone PB235) e cafeeiros (C) em monocultivo, seringueira em consórcio tipo renque (SR) e tipo margem (Sm) e cafeeiros em consórcio tipo renque (Cr) e tipo margem (Cm), referentes às datas de avaliação 17/03/2001 e 24/06/2001.

Tratamento	Potencial hídrico foliar (-MPa)			
	17/ 03/ 2001		24/ 06/ 2001	
	06 horas	12 horas	06 horas	12 horas
G	0,38ab	0,32d	0,97ab	1,03c
P	0,57a	0,38d	1,17a	1,43c
C	0,35ab	1,50b	1,03a	2,15b
Sr	0,27b	0,38d	0,72bc	1,30c
Cr	0,30b	1,83b	1,13a	2,23b
Sm	0,25b	1,00c	0,68c	1,28c
Cm	0,35ab	2,62a	1,00a	2,87a

* Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A análise da Tabela 3 mostra que os valores de umidade do solo variaram entre as datas avaliadas, sendo as maiores porcentagens observadas na data referente à estação chuvosa 17/03/2001, e as menores, na estação seca, 24/06/2001. Observa-se uma relação direta entre a umidade do solo e o potencial hídrico foliar.

TABELA 3: Umidade do solo em 17/03/2001 e 24/06/2001, em áreas de plantio de seringueiras (SM) e cafeeiros (Cm) em monocultivo e consórcio café-seringueira tipo renque (CR) e tipo margem (CM).

Tratamento	Umidade do Solo (%)	
	17/ 03/2001	24/ 06/ 2001
SM	16,7a	12,6a
Cm	17,2a	15,2a
CR	17,6a	13,9a
CM	15,7a	13,0a

* Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A análise da variação diurna das diferentes características de trocas gasosas e eficiência fotoquímica do fotossistema II para 17/03/2001, período com alta umidade e alta temperatura, mostra que a fotossíntese tende a decrescer ao longo do dia de maneira mais nítida nas espécies em monocultivo e para o café em condições de consórcio (Figura 7). Esse comportamento revela uma resposta inversa da fotossíntese ao DPV. Em plantas de seringueira em consórcio, os resultados obtidos sugerem uma menor influência do DPV na fotossíntese, resultados que evidenciam uma resposta mais direta à radiação. Em geral, as maiores taxas de fotossíntese foram verificadas para as seringueiras, sendo observados, para os cafeeiros, maiores valores em condições de baixa radiação e menor DPV, condições características do início da manhã. Souza (2001), estudando o comportamento fisiológico de diferentes cultivares de café, observou maiores valores de taxa fotossintética em plantas expostas a menores níveis de radiação.

Para a transpiração, observam-se, em geral, respostas que acompanham a curva da radiação, sendo as maiores taxas observadas para as seringueiras. Esse comportamento é característico de condições em que não há restrições de oferta de água no solo, como indicam os valores observados de potencial hídrico e umidade do solo (Tabelas 2 e 3). Comportamento semelhante foi observado por diversos autores, entre eles Souza (2001); Almeida (2001) e Zanela (2001).

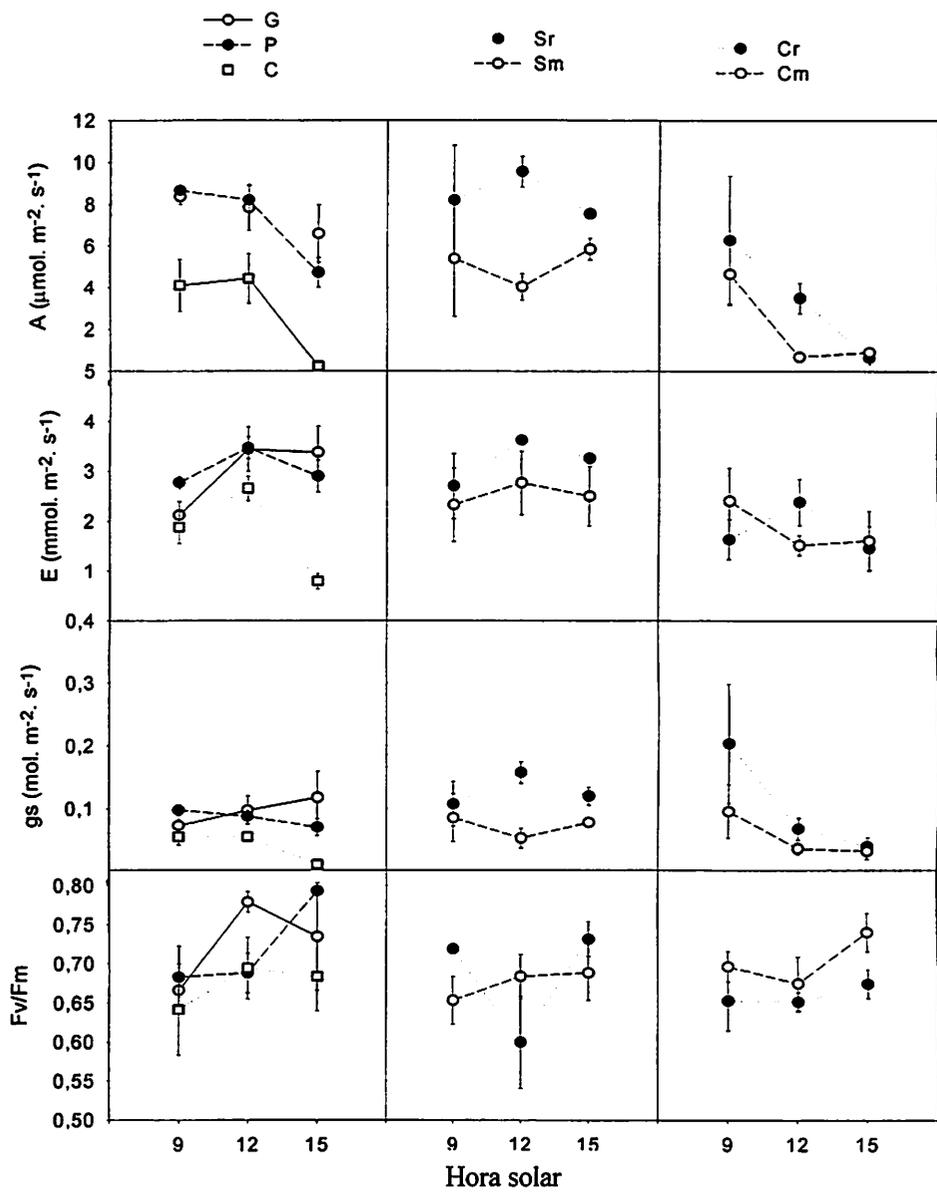


FIGURA 7: Variação diurna da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm) em plantas de seringueira em monocultivo clone GT1 (G) e clone PB235 (P), em consórcio tipo renque (Sr) e tipo margem (Sm) e cafeeiros em monocultivo (C), em consórcio tipo renque (Cr) e tipo margem (Cm) em 17/ 03/ 2001. Cada ponto corresponde à média \pm erro padrão de 4 observações.

Em geral, o comportamento estomático influenciou a fotossíntese, como pode ser observado na variação diurna da condutância estomática e da fotossíntese (Figura 7). Ainda é possível observar que, em resposta ao fechamento estomático, a taxa transpiratória também foi afetada. Resposta similar às observadas nas plantas de seringueira e café foram encontradas por Machado et al. (1994) ao avaliarem as trocas gasosas em plantas de laranja.

Os resultados obtidos para a razão F_v/F_m variaram entre 0,68 a 0,79 para as seringueiras em monocultivo e entre 0,64 a 0,69 para os cafeeiros em monocultivo. Esses resultados indicam, para o cafeeiro, uma condição de estresse que pode afetar o fotossistema II, uma vez que estão abaixo de 0,75, valor indicativo de estresse, quando a planta começa a sofrer algum dano em seu aparelho fotossintético. Para a seringueira em consórcio renque, observa-se uma redução ao meio-dia, provavelmente associada à alta radiação, fato que não afetou a fotossíntese. Nos cafeeiros do consórcio tipo renque, os valores observados foram menores, característicos de estresse, e podem ser associados à alta radiação ao longo do dia. Entretanto, esses resultados não explicam as reduções da fotossíntese, que é mais controlada pela condutância estomática. Groninger et al. (1996) encontraram respostas similares em plantas de “Virgínia Piedmont”, para as quais a razão F_v/F_m variou de 0,65 nas plantas a pleno sol a 0,76 nas plantas com alto nível de sombreamento.

Na Figura 8, que se refere às observações de 24/06/2001, período seco e com baixas temperaturas, observa-se que as plantas de café e seringueira exibem um comportamento similar quanto às taxas fotossintéticas. Às 9 horas, as plantas atingem os valores mais altos, sendo que, nas avaliações posteriores, foram observadas quedas nestes valores. Nesta data, verifica-se que os cafeeiros consorciados apresentaram taxas superiores às dos demais tratamentos, principalmente os cafeeiros do consórcio tipo renque, que diferiram dos demais tratamentos nas avaliações das 9 e 12 horas. Freitas (2000), ao avaliar a variação

da fotossíntese em diferentes cultivares de café em diferentes níveis de sombreamento, encontrou, nas plantas cultivadas a pleno sol, taxas fotossintéticas inferiores àquelas observadas naqueles cultivados com menores intensidades luminosas.

Durante as avaliações, observou-se que ocorre um aumento nos valores de transpiração nos cafeeiros consorciados e seringueiras em monocultivo, ao passo que os demais tratamentos apresentaram uma tendência de queda. Gutiérrez et al. (1994), ao estudarem a regulação da transpiração em plantas de café, observaram que esta característica aumentou linearmente com o aumento da radiação. Os cafeeiros em monocultivo apresentam comportamento similar, acompanhando a curva da radiação.

Os valores de condutância estomática indicam que os cafeeiros consorciados apresentaram valores superiores aos observados nas plantas de café monocultivo e seringueiras em geral. As diferenças na capacidade fotossintética podem estar associadas as diferenças observadas na condutância estomática. De forma similar à fotossíntese, a condutância estomática dos cafeeiros em consórcio apresentou valores superiores aos observados nas outras plantas dos demais tratamentos. Em Cascardo (1991), foi verificado que a condutância estomática de seringueira apresentava altos valores no início da manhã, com decréscimo ao meio-dia. O mesmo autor também verificou um aumento às 15 horas. Tal constatação pode estar relacionada à diminuição no déficit de pressão de vapor. Ellsworth & Reich (1992), ao estudarem o comportamento da fotossíntese e da condutância estomática, observaram que o potencial hídrico foliar em um ano seco não influenciou estas características, ao passo que em condições de um ano úmido, acentuam-se as limitações estomáticas da fotossíntese associadas ao DPV; portanto, nessas condições pode-se atribuir a redução da fotossíntese a elevados valores de DPV.

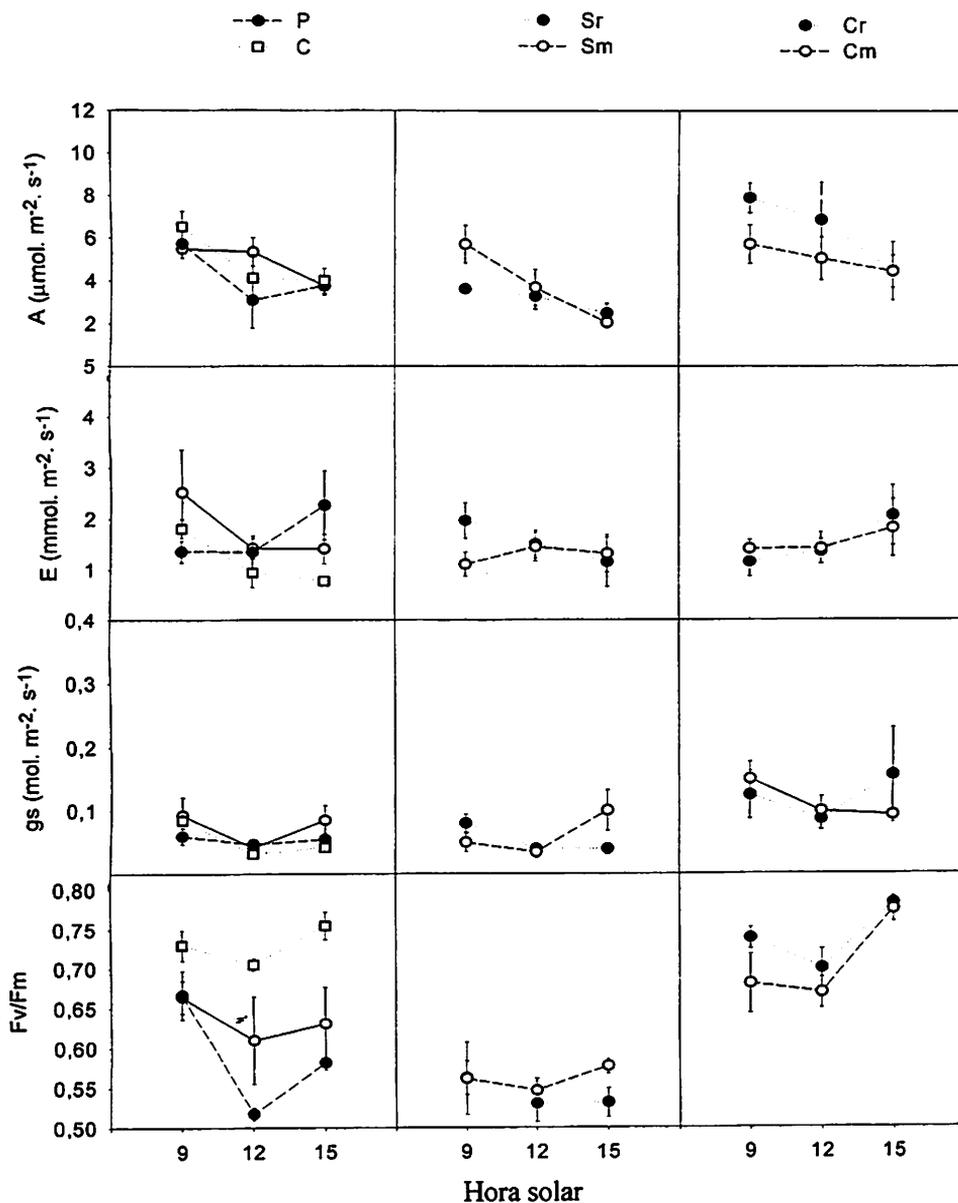


FIGURA 8: Variação diurna da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm) em plantas de seringueira em monocultivo clone GT1 (G) e clone PB235 (P), consórcio tipo renque (Sr) e tipo margem (Sm) e cafeeiros em monocultivo (C) e consórcio tipo renque (C) e tipo margem (Cm) em 24/ 06/ 2001. Cada ponto corresponde à média \pm erro padrão de 4 observações.

As plantas de seringueira apresentaram uma menor razão Fv/Fm quando comparadas aos cafeeiros, sendo observadas diferenças entre as espécies nos horários de avaliação. Nas espécies trabalhadas, observou-se uma diminuição na razão Fv/Fm às 12 horas, com uma recuperação posterior às 15 horas, com exceção dos clones do consórcio renque, indicando que os níveis de radiação observados podem causar algum tipo de dano reversível ao aparelho fotossintético destas plantas.

Em geral, as seringueiras apresentaram os menores valores da razão Fv/Fm ao meio-dia em todos os tratamentos, indicando ser, neste momento do desenvolvimento, uma planta sensível à fotoinibição, porém sem representar um dano irreversível, uma vez que esta se recupera às 15 horas, como pode ser observado na Figura 8. Apesar de ser uma planta heliófila, a introdução da seringueira em uma região com características distintas daquelas do habitat em que se originou pode ter contribuído com este comportamento. Contudo, Lima (1998) observou, em plantas de seringueira do clone RRIM-600, valores da razão Fv/Fm acima de 0,8. Resposta contrária foi apresentada pelo cafeeiro, tanto naqueles crescendo em monocultivo quanto em consórcio com a seringueira, os quais apresentaram uma queda ao meio-dia, com posterior aumento na próxima medida. Da Matta (1995) encontrou, ao submeter plantas de café a tensões abióticas, valores médios de Fv/Fm menores que 0,6.

4.1. 5 Crescimento e ontogenia foliar de plantas de seringueira

A Figura 10 ilustra a evolução da altura e do diâmetro das plantas de seringueira ao longo do período experimental. Em relação à altura, observa-se, independente do sistema de cultivo durante a estação chuvosa (outubro a março), uma taxa de crescimento maior que para o período seco (abril a julho). Um padrão de crescimento similar foi verificado por Rocha Neto (1990) e Soares et al. (1993). Pode-se notar, ainda, que plantas do consórcio tipo renque

apresentam uma altura superior à daquelas dos outros sistemas de cultivo, sendo que essas diferenças podem estar associadas a fatores como a posição das plantas no terreno mais favoráveis ao crescimento e as características das mudas utilizadas no plantio.

Ressalta-se que as menores taxas de crescimento observadas entre abril e junho são associadas à menor disponibilidade de água no solo e à queda da temperatura, característica desse período. As temperaturas baixas reduzem o metabolismo das plantas, diminuindo as taxas de crescimento. Efeitos mais acentuados surgem quando a uma menor disponibilidade de radiação está associada condições limitantes de oferta de água no solo (Menzel & Simpson, 1994).

Pode-se ainda observar, na Figura 10, que o diâmetro das plantas na estação seca, embora haja uma estabilização do crescimento das plantas em termos de altura da parte aérea, continua a aumentar para os diferentes sistemas de cultivo. Um comportamento semelhante foi verificado por Soares et al. (1993) para diferentes sistemas de produção de mudas de seringueira e tratamentos hídricos. O crescimento do diâmetro do caule está associado à capacidade assimilatória líquida da planta. Desse modo, a atividade cambial estimulada por fotoassimilados influencia o aumento do diâmetro, o qual, segundo Naves (1993), guarda uma relação mais direta com a fotossíntese líquida que o crescimento em altura e depende mais dos carboidratos acumulados.

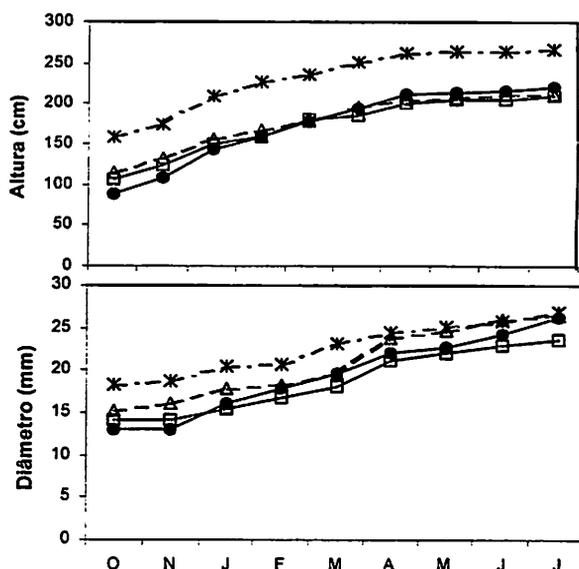


FIGURA10: Altura e diâmetro de plantas de seringueira em monocultivo G-clone GT1 (●), P- clone PB235 (□), em consorcio tipo margem Sm (Δ) e consórcio tipo renque Sr (*). Cada ponto representa 4 observações.

A Figura 11 ilustra a variação da ontogenia foliar ao longo do período experimental. Nas plantas estudadas, os lançamentos foliares, isto é, A, B1 e D, foram avaliados em intervalos semanais. Observa-se que tanto os clones em monocultivo quanto os consorciados apresentaram uma rápida velocidade de maturação foliar na estação chuvosa. Na estação seca, observou-se um decréscimo dessa velocidade que pode estar associado à queda de temperatura observada no período e também à disponibilidade hídrica; fato similar é observado nas plantas consorciadas.

Característica similar à evolução foliar de plantas de seringueira foi constatada por Soares et al. (1993) ao trabalharem com diferentes sistemas de produção de mudas de seringueira. Os autores verificaram que após o período de

inverno, quando se observou uma paralisação do desenvolvimento foliar, um maior número de plantas apresentava lançamentos novos.

No início da estação chuvosa, as seringueiras plantadas em monocultivo (P) apresentaram maiores quantidades de folhas nos estádios A e B1. Os clones plantados em consórcio apresentaram um maior número de folhas no estádio D. Este fato indica um maior período em que as plantas não manifestaram crescimento em altura, enquanto os clones em monocultivo (G) apresentavam-se em fase intermediária à dos anteriores, o que pode explicar o aumento no diâmetro deste clones (Figura 11), sugerindo um maior crescimento em relação às plantas dos demais tratamentos.

Costa et al. (1996) verificaram que alguns clones de seringueira (*Hevea* spp) encontravam-se em fase de queda de folhas e lançamento foliar no fim da estação seca.

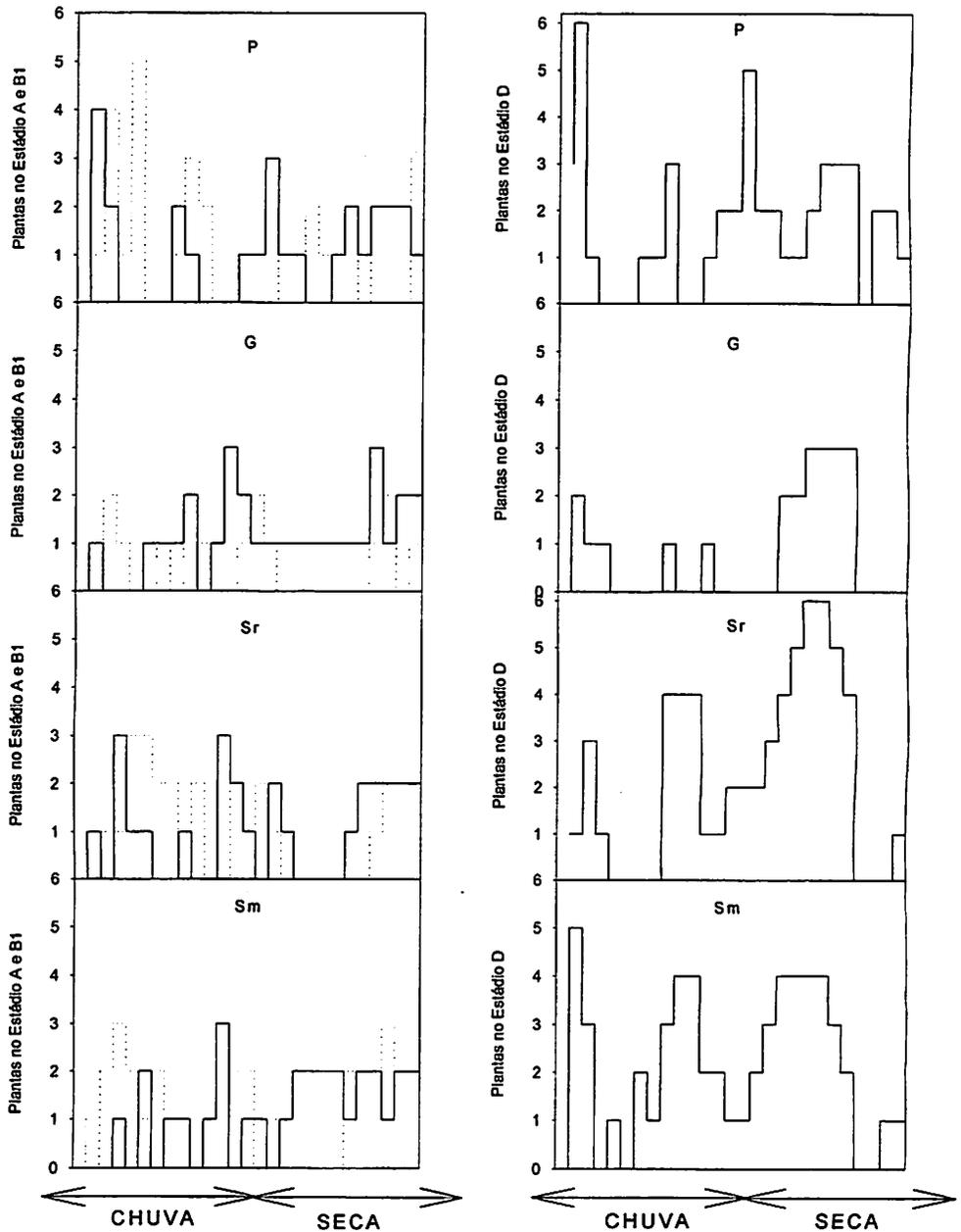


FIGURA 11: Mudanças na ontogenia foliar de clones de seringueira em monocultivo (P e G) e consorciados (Sr e Sm) durante o período experimental. As — representam o estágio A e D; os representam o estágio B1.

4.2 Características anatômicas

Na tabela 4, através do estudo da epiderme da face adaxial, em vista frontal, observa-se, para os diferentes clones de seringueira em monocultivo e consorciados, que o número máximo de estômatos foi atingido nas plantas de seringueira do consórcio margem (M). Nota-se ainda que há um aumento do número de estômatos do clone GT1 (G) em relação ao PB235 (P) nos tratamentos em monocultivo.

Através da observação da Tabela 4, pode-se constatar que o número de estômatos foi maior nas plantas de seringueira (Sm e Sr) consorciadas com cafeeiros. Como observado nas seringueiras do Sm e Sr, esta é uma característica observada em folhas de plantas expostas a pleno sol, fato relatado por muitos autores, entre eles Knecht & O'Leary (1972); Sílvia & Anderson (1985); Castro et al. (1998); Almeida (2001) e Zanela (2001), o que pode indicar um mecanismo de adaptação das plantas às condições de baixa disponibilidade hídrica no solo. Esta característica de acordo com Medri & Lleras (1980b), pode assegurar às plantas o aproveitamento do tempo limitado de umidade relativa alta para realizar trocas gasosas mais eficientemente com o ambiente. Os diâmetros polar e equatorial apresentaram menores valores no tratamento consorciado Sr (Tabela 4).

Ainda no estudo da epiderme da face adaxial, em vista frontal, observa-se, na Tabela 5, que o número total de estômatos por mm^2 nos diferentes tratamentos influenciou as regiões das folhas dos clones, havendo diferenças significativas entre os tratamentos. As plantas de seringueira do consórcio margem (Sm) diferiram significativamente dos demais tratamentos, enquanto as do consórcio renque (Sr) apresentaram os menores valores em diâmetro.

TABELA 4: Número de estômatos por mm² e diâmetros polar e equatorial em clones de seringueira plantados em monocultivo e consorciados.

Tratamento	Nº estômatos/ (mm ²)	Diâmetro polar (µm)	Diâmetro equatorial (µm)
P	286,0d	25,94a	14,0ab
G	348,17b	25,45a	15,25b
Sr	336,33c	23,27b	13,1c
Sm	397,0a	27,28a	19,44a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As folhas de seringueira apresentaram modificação estrutural em relação aos clones nos diferentes sistemas de cultivo. Medri & Lleras (1980a) descreveram a folha de seringueira em clones diplóide e poliplóides, na qual o parênquima paliçádico aparece juntamente com o esponjoso e, logo abaixo, a epiderme inferior, estrutura chamada de dorsiventral ou bifacial. Entretanto, neste estudo, as folhas de seringueira dos clones estudados apresentaram parênquima paliçádico nas duas superfícies (Figura 12), estrutura conhecida como isobilateral; as espessuras dos parênquimas paliçádico e lacunoso também foram diferentes, apresentando valores superiores aos observados por outros autores (Tabela 5).

A análise estatística da variação da espessura do limbo, do parênquima paliçádico e do parênquima lacunoso mostram diferenças, estatisticamente significativas ao se compararem os tipos de cultivo. Medri & Lleras (1980a), ao estudarem clones diplóides e poliplóides de seringueira, também encontraram diferenças nessas características.

TABELA 5: Espessura do limbo (ELi), parênquima palicádico (EPp), lacunoso (EPI), face abaxial (FAB) e adaxial (FAd) de plantas de seringueira em monocultivo e consorciadas, na região de Lavras- MG.

Espécie	Tratamento	ELi (μm)	EPp (μm)	EPI (μm)	FAB (μm)	FAd (μm)
Seringueira	P	324,8a	167,0a	109,3a	21,0b	27,7a
Seringueira	G	320,8a	155,6b	111,8a	23,3a	30,1a
Seringueira	Sr	271,6c	130,5c	95,4b	19,7b	26,1a
Seringueira	Sm	293,7b	154,8b	91,3b	19,3b	28,3a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As células paliçádicas dos cafeeiros dos consórcios em margem e renque (Cm e Cr) não diferiram significativamente daquelas do café em monocultivo (C), fato que indica não estar ocorrendo efeito do sombreamento das seringueiras sobre os cafeeiros. O tecido lacunoso também não apresentou diferenças significativas, uma vez que se trata de um plantio novo, em que existe pouca concorrência pelos fatores ambientais, como pode ser observado na Tabela 6.

TABELA 6: Espessura do limbo (ELi), parênquima palicádico (EPp), lacunoso (Epl), face abaxial (FAB) e adaxial (FAd) de plantas de cafeeiros em monocultivo e consorciadas, na região de Lavras- MG.

Espécie	Tratamento	ELi (μm)	EPp (μm)	EPI (μm)	FAB (μm)	FAd (μm)
Café	C	590,2a	143,2b	375,7a	28,2a	43,1b
Café	Cr	593,3a	150,2a	367,0a	30,0a	46,1a
Café	Cm	607,2a	153,8a	376,1a	29,7a	48,1a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Voltan et al. (1992), ao estudarem a variação da anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas, observaram diferenças entre as plantas cultivadas a pleno sol e em intensidades de luz intermediárias. Neste trabalho, não foram observadas influências das seringueiras nas respostas anatômicas dos cafeeiros nesta fase do cultivo (Tabela 6).

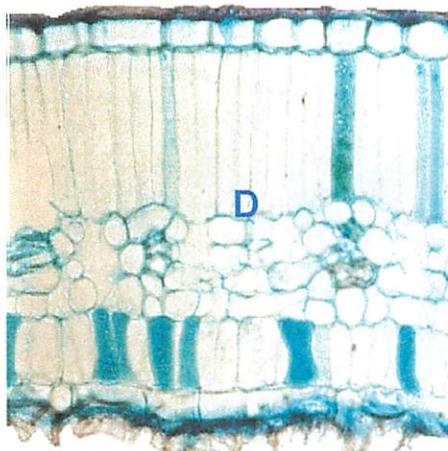
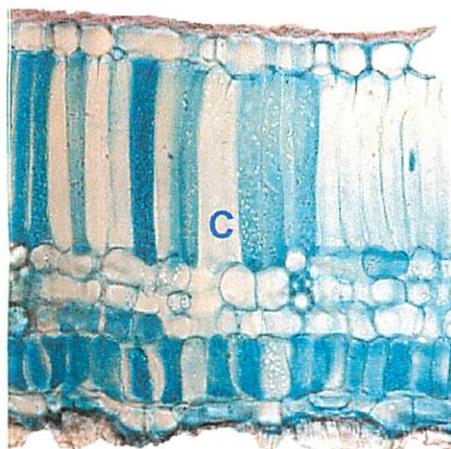
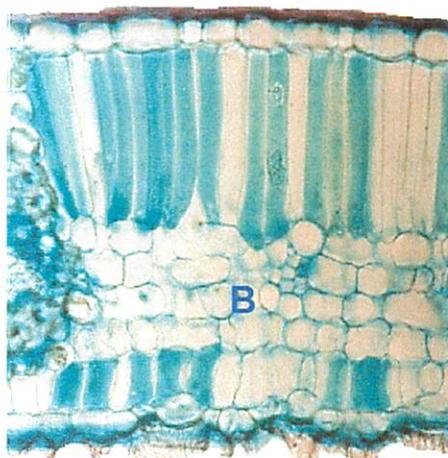
Diversos estudos abordam a questão da intensidade de radiação solar no cafeeiro. Em relação a esta espécie, poucos trabalhos têm descrito a anatomia foliar dessas plantas crescendo em sistema de consórcio e monocultivo. Neste trabalho, não foram observadas diferenças significativas no número de estômatos por mm^2 , no índice estomático, no diâmetro polar e no diâmetro equatorial (Tabela 7). Em relação ao número de estômatos, os autores citados anteriormente encontraram, em cafeeiros cultivados a pleno sol, um número muito inferior aos observados nos cafeeiros estudados neste trabalho (Tabela 7).

TABELA 7: Número de estômatos (NE), índice estomático (IE) e diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) de cultivares de café em monocultivo e consorciados.

Tratamento	NE (mm^2)	IE (%)	DP (μm)	DE (μm)
Cm	406,45a	307,14a	25,39a	15,66a
Cr	426,61a	301,53a	24,94a	15,19a
C	407,74a	287,35a	24,57a	15,17a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, nas Figuras 12 e 13, a seção transversal do mesofilo de plantas de café e seringueira, nas diferentes formas de cultivo, e verifica-se que as seringueiras não foram capazes de influenciar o comportamento anatômico do cafeeiro nesta fase do cultivo.



50µm

FIGURA 12: Seção transversal do mesofilo de folhas de seringueiras em monocultivo A e B (SG e SP, respectivamente); consórcio tipo margem C (Sm) e consórcio tipo renque D (Sr) e cafeeiros do consórcio tipo margem E (Cm); no consórcio tipo renque F (Cr) e em monocultivo G (C), respectivamente.

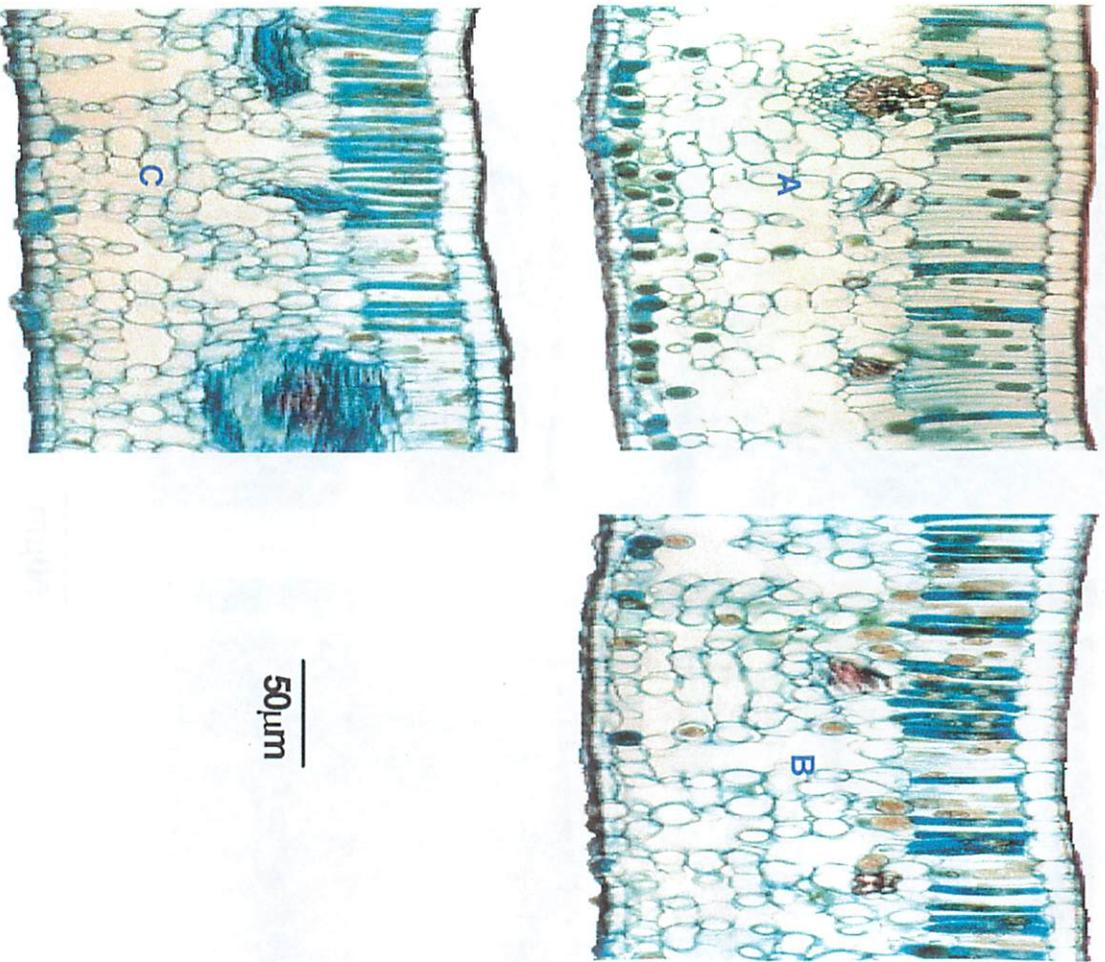


FIGURA 13: Seção transversal do mesofilo de folhas de caféiro de consórcio tipo margem A (Cma); consórcio tipo renque B (Cr) e em monocultivo C (Cm), respectivamente.

5 CONCLUSÕES

As avaliações das trocas gasosas mostraram, em geral, para os clones de seringueira, uma maior taxa de fotossíntese.

Um microclima caracterizado por níveis de radiação mais baixos e uma baixa demanda evaporativa da atmosfera são favoráveis ao processo fotossintético do cafeeiro.

O padrão de crescimento da seringueira não foi influenciado pelos sistemas de cultivo.

As folhas de seringueira apresentaram uma estrutura isobilateral. Nos cafeeiros não foram encontradas evidências que indicassem uma influencia do sombreamento das seringueiras na estrutura foliar.

Em geral, os resultados não permitiram evidenciar efeitos dos sistemas de cultivo no comportamento das plantas estudadas; contudo, foi observado que o consórcio tipo renque apresentou-se mais favorável ao desenvolvimento das seringueiras e às características fisiológicas dos cafeeiros. Por outro lado, ressalta-se a necessidade da continuidade desses estudos para que se possa caracterizar todas as fases do desenvolvimento vegetal nestas formas de cultivo do cafeeiro com a seringueira, fundamentais para uma abordagem da questão do consórcio do cafeeiro com espécies perenes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, M. D.; MOSTOLLER, S. A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. *Tree Physiology*, Vicoria, v. 15, p. 361-370, 1995.

ALMEIDA, L. P. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. Sob diferentes níveis de radiação.** Lavras: UFLA, 2001. 96p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/ Fisiologia Vegetal).

ALVIN, R. O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. *Agrotrópica*. 1: 89-103, 1989.

ASSIS JÚNIOR, S. L; ZANUNCIO, J. C.; KAZUYA, M. C. M.; et al. Sistemas agroflorestais versus monoculturas: resposta da atividade microbiana do solo. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5, FOREST 98, Porto Seguro-Bahia, 2000. *Anais...* Rio de Janeiro, Biosfera, 2000. 4p.

ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. *New Phytologist*, Cambridge, v. 121, p. 587-596, 1992.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, v. 3, p. 497-514. 1989.

BOYER, J. S. **Photosynthesis at lower water potentials.** *Physophical Transactions of the Royal Society Londron*, serie B, v. 273, p.501-512, 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990.** Brasília, 1992. 84p.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. 7, p. 1053-1060. 1998.

BUKATSH, F. Benerkungen zur doppelfarburg astrablau-safranina. *Microkosmos*, v. 61, p. 255. 1972.

CASCARDO, J. C. M. **Comportamento biofísico, nutricional e metabólico de plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), em função da aplicação de gesso e da disponibilidade de água no solo.** Lavras: ESAL, 1991. 123p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).

CASTRO, E. M. de; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, D. M. de; GAVILANES, T. O. T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. *Daphne*, Belo horizonte, v. 8, n.4, p. 31-35. 1998.

CHAMORRO-TREJOS G; GALLO-CARDONA, A.; LÓPES-ALZATE, R. Evaluation economica del sistema agroflorestal café asociado com nogal. *Cenicafé*. Caldas, v. 45, n. 4, p. 164-171, 1994.

COSTA, J. L. R.; SERCILITO, C. M.; OLIVEIRA, L. E. M. de; LIMA, D. U. de; GUERRA NETO, E. G. Avaliação do comportamento fenológico de clones de seringueira (*Hevea* spp) na região de Lavras-MG no período de julho de 1995 a julho de 1996. In.: Seminário de Iniciação Científica da UFJF, 1, Juiz de Fora. 1996. **Resumos...** Minas Gerais: MEC/UFJF, 1996, p. 17.

COSTA, J. D.; MARTINS, A., N.; BERNARDES, N. S.; FURTADO, E. L.; CASTRO, P. R. C.; SILVEIRA, R. I. **Curso sobre a cultura da seringueira.** Campo Grande: EMPAER, 39p. 1997.

Da MATTA, F. M., MAESTRI, M. ; BARROS, R. S. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. *Photosynthetica*, v. 34 , p.257-264. 1997a.

Da MATTA, F. M., MAESTRI, M.; MOSQUIM, P. R.; BARROS, R. S. Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. *Plant Science*, v. 128, p. 43-50. 1997b.

Da MATA, F. M. **Desempenho fotossintético do cafeeiro em resposta a tensões abióticas.** Viçosa: UFV, 1995. 67p (Dissertação de Mestrado).

DANTAS, M. Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais. In.: Congresso Brasileiro sobre sistemas agroflorestais, 1., 1994. Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPF. 522p. (Documentos, 27)

DIJKMAN, M. J. **Hevea: thirty years of research in Far East Florida.** Miami: Universtiy of Miami, 1951. 87p.

EASTMAN, P. A. K.; CAMM, E. L. Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: changes in gas exchange and chlorophyll flourescence. **Tree Physiology**, v. 15, p. 229-235. 1995

ELLSWORTH, D. S.; REICH, P. B. Water relations and gas exchange of *Saccharum* seedlings in contrasting natural light and water regimes. **Tree Physiology**, v.10, p.1-20. 1992.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração da clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes.** São Paulo: EDUSP, 1974. 293p.

FAHL, J. I.; CARRELI, M. L. C.; VEIGA, J.; MAGALHÃES, A. C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of yong coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 69, n, 1, p. 161-169. 1994.

FAHL, J. I. **Influência da irradiância e do nitrogênio na fotossíntese e crescimento de plantas jovens de café (*Coffea arabica* L.).** Campinas, UNICAMP. 84p. 1989 (Tese de Doutorado).

FANCELLI, A. L. Culturas intercalares e coberturas vegetais em seringais. In: **SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO**, 1, Piracicaba, 1986. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 229-243.

FANCELLI, A. L. Seringueira consorciada à culturas anuais perenes. In: **SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO**, 2, Piracicaba: ESALQ, 1990. p. 205-222.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review Plant Physiology**, v.33 ,p.317-345, 1982.

FREITAS, R. B. **Avaliações ecofisiológicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) em diferentes sistemas de cultivo.** Lavras: UFLA, 2000. 57p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/ Fisiologia Vegetal).

FREITAS, R. B.; OLIVEIRA, L. E. M. de; SOARES, A. M. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). In.: Simpósio de Pesquisas Cafeeiras do Brasil (1: 2000: Poços de Caldas, MG). **Resumos expandidos.** Brasília, DF: EMBRAPA/Café; BH: Minasplan, 2000. 2v. (1490p.), p. 76-79.

GRONINGER, J. W.; SEILER, J. R.; PETERSON, J. A.; KREH, H. E. Growth and photosynthetic responses of four "Virginia Piedmont" tree species to shade. **Tree Physiology**, Victoria, v. 16, n. 9, p. 773-778. 1996.

HALLÉ, F.; MARTIN, R. Étude de la croissance rythmique chez L'hevea (*Hevea brasiliensis* Muell Arg. Euphorbia Cées-Crotonidées). **Adansonja**, 8: 475-503, 1968.

HENAO, A. U. Conservacion de suelos en plantaciones de café sin siembra. **Cenicafé**. Caldas, v. 17, n1, p. 17-29, 1966.

HOLMES, P. M.; COWLING, R. M. Effects of shade on seedling growth, morphology and leaf photosynthesis un six subtropical thicket species from the eastern Cape, south Africa. **Forest Ecology and Management**, amsterdam, v. 61, p. 199-220, 1993.

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LE CAOUTCHOUC. Rapport general 1990. Paris: IRCA/CIRAD, 219 p. 1992.

JARAMLO-ROBLEDO, A.; VALENCIA-ARIZTIZÁBAL, G. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchina, Colombia. **Cenicafé**, Caldas, v. 31, n. 4, p. 127-143. 1980.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique.** New York: Mcgraw-Hill, 1940. 523 p.

KAISER, W. M. Effects of water deficits on photosynthetic capacity. **Physiology Plantarum**, v.71, n.1, p 142-149. 1987.

KNETCHT, G. M.; O'LEARY, J. W. The efect of light intensity on stomatal density of *Phaseolus vulgaris* leaves. **Botany**, v. 133, p. 132-134. 1972.

KRAUSE, G. H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991.

KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Photosynthesis in *Coffea arabica*. II. Effects of water stress. **Experimental agricultura**, v. 16, p. 21-27. 1980a.

KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of light and temperatura. **Experimental agricultura**, v. 16, p. 13-19. 1980b.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. C.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahiba* (Vell.). Toledo: comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 33, n.2, p. 237-257. 1961.

LOPES, N. F. Fisiologia do feijoeiro em consorcio cultural. In: **O feijão em cultivos consorciados**. Ed. VIEIRA, C. Viçosa, Editora UFV, p. 4-15, 1985.

LIMA, D. U. **Avaliação sazonal da produção de borracha e do metabolismo do carbono e do nitrogênio em plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cultivadas em Lavras, Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1998. 71p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).

MACEDO, R. L. G.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; VENTORIM, N. Análise técnica do potencial de utilização da seringueira em sistemas agroflorestais permanentes. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 5, FOREST 98**, Curitiba, 1999. **Anais...** Rio de Janeiro, Biosfera, 1999. 4p.

MACEDO, R. L. G.; VENTORIN, N.; CARVALHO, A. J.; DANTAS, F. W. F. Efeitos da colheita do café sobre o estabelecimento da seringueira introduzida em sistemas agroflorestais com o cafeeiro em Lavras-MG. In: **IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 5, FOREST 2000**, Porto-Seguro-Bahia, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro, Biosfera, 2000. 2p.

MACHADO, E. C.; QUAGGIO, J. A.; LAGÔA, A. M. M. A. de; TICELLI, M.; FURLANI, P. R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com clorose variegata dos citrus. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, p. 53-57, 1994.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo. Globo, 1991. Coleção do agricultor. Grãos. (Publicações Globo Rural).

MEDRI, E. M.; LLERAS, E. Comparação anatômica entre folhas de um clone diploide (IAN 873) e dois clones poliploides (IAC 207, 222) de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 1, p.35-47. 1980a.

MEDRI, E. M.; LLERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. **Acta Amazônica**. Manaus, v. 10, n. 3, p. 463-493. 1980b.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R. Passion- fruit. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (ed.). **Handbook of enviromental physiology of fruits crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. V.2: Sub-tropical and tropical crops. p. 225-241.

MONTEITH, J. L.; ONG, C. K.; CORLETT, J. E. Microclimatic interations in agroforestry systems. In.: **Agroforestry: principles and practice**. Jarvis, P. G. (ed.). Amsterdam: Elsevier, 1991. 336p.

NAVES, V. L. **Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa**. Lavras: ESAL. 1993. 76p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).

NUNES, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; DIAS, M. A. Effects of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, p. 893-899. 1993.

ORTOLANI, A. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R.; CAMARGO, M. B. P. e BRUNINI, O. Aptidão agroclimática para regionalização da heveicultura no Brasil. In: **BRASIL**. Ministério da Indústria e do Comércio. Superintendência da borracha/SUDHEVEA. Anais do 1º Seminário brasileiro sobre recomendações de clones de seringueira. Brasília, p. 19-39. 1983.

ORTOLANI, A. A. Aptidão climática para cultura da seringueira em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, BH. v.11, n.121, p.8-12. 1985.

PEREIRA, J. da P. **Seringueira - Formação de mudas, manejo e perspectivas no Noroeste do Paraná**. Londrina, IAPAR, 1992. 60p. (Circular, 70).

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

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation de carboidrate in plants extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v.90, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZANELA, S. M. **Respostas ecofisiológicas e anatômicas ao sombreamento em plantas jovens de diferentes grupos ecológicos**. Lavras: UFLA, 2001. 79p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).

ROCHA NETO, O. G. da. Aspectos ecofisiológicos sazonais da produção de mudas de seringueira (*Hevea spp*), na região sudoeste do Brasil. Efeito de estresses ambientais sobre o estado nutricional, o comportamento estomático e crescimento. São Paulo: UNICAMP, 1990. 125p. (Tese –DS)

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER. Chlorophyll Fluorescence as a Noninstructive Indicator for Rapid Assessment of In Vivo Photosynthesis. In.: **Ecophysiology of Photosynthesis**. Eds. SCHULZE, E. D.; CALDWELL, M. M. Springer-Verlag, Berlin, p. 49-70. 1995.

SILVIA, E. A. M.; ANDERSON, C. E. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Ceres*, v. 32, n.179, p. 1-11. 1985.

SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M. O.; ROCHA NETO, O. G. da. Avaliação do sistema de produção de porta-enxertos de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) sob as condições edafoclimáticas de Lavras- Minas Gerais. *Revista Árvore*, v. 17, n. 2, p. 235-246. 1993.

SOUZA, N. L. de. **Comportamento fisiológico de cultivares de *Coffea arabica* L. submetidos a diferentes níveis de radiação solar.** Lavras: UFLA, 2001. 41p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).

STUDER, E. F. Coffee shade. *Indian Coffee*, v. LXV, n. 4, p. 5-7. 2001.

TURNER, N. Crop water deficits: a decade of progress. *Advances in Agronomy*, New York, v. 39, p. 1-51, 1986.

WELANDER, N. T.; OTTOSSON, B. The influence of low light, drought and fertilization on transpiration and growth in young seedlings of *Quercus robur L.* *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 127, p. 139-151, 2000.

VENEZIANO, W.; MEDRADO, M.J.S.; RIBEIRO, S.I.; LISBOA, S. de M.; MENEZES, L.C.C. de; COSTA, J.N.M.; SANTOS, J. C. F. Associação da seringueira com a cultura do cafeeiro no Estado de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, Porto Velho, 1994. *Anais...* Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. v.1, p.121-133.

VIJAYAKUMAR, K. R.; DEY, S. K.; CHANDRASEKHAR, T. R. Irrigation requeriment of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in the subhumid tropics. *Agricultural Water Management*, v. 35, p.245-259, 1998.

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

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation de carboidrate in plants extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, London, v.90, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZANELA, S. M. Respostas ecofisiológicas e anatômicas ao sombreamento em plantas jovens de diferentes grupos ecológicos. Lavras: UFLA, 2001. 79p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal).