



**LUIZ ANTÔNIO BATISTA**

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS  
DE CAFEIROS *Coffea arabica* L.**

**LAVRAS - MG  
2010**

**LUIZ ANTÔNIO BATISTA**

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE CAFEEIROS *Coffea arabica* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Rubens José Guimarães

**LAVRAS - MG  
2010**

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

Batista, Luiz Antonio.

Características morfofisiológicas de cafeeiros *Coffea arabica* L.  
/ Luiz Antonio Batista. – Lavras : UFLA, 2010.  
66 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.  
Orientador: Rubens José Guimarães.  
Bibliografia.

1. Café. 2. Anatomia. 3. Fisiologia. 4. Morfologia. 5. Potencial  
hídrico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.52044

**LUIZ ANTÔNIO BATISTA**

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE CAFEEIROS *Coffea arabica* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de setembro de 2010

Dr. Evaristo Mauro de Castro	UFLA
Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho	EPAMIG
Dr. Darlan Einstein do Livramento	EPAMIG
Dr. César Elias Botelho	EPAMIG

Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2010**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade para a realização do doutorado.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), pela oportunidade de participar deste curso de doutorado.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), pela concessão de área experimental e informações para a realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Agricultura e Biologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e convivência.

Ao professor Dr. Rubens José Guimarães, pela orientação, amizade, dedicação e seus conhecimentos, que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Ao professor Dr. Evaristo Mauro de Castro, pelo apoio, incentivo e ensinamentos, que me estimularam a prosseguir.

Ao pesquisador Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, pela amizade, companheirismo e ensinamentos, que foram de grande valia para mim.

Aos pesquisadores Dr. Darlan Einstein do Livramento e Dr. César Elias Botelho, pela atenção e ensinamentos e se disporem a participar como membros da banca examinadora.

Aos pesquisadores Dr. Rodrigo Luz da Cunha, Dra Ângela Maria Nogueira e Mário Aparecido Amaral, pela valiosa contribuição.

Aos amigos da pós-graduação, Joeferson, Jessé, Fabrício e Cintia, pela amizade, convivência e ajuda na condução dos trabalhos.

A minha esposa, Ivenyse e Ludmila, minha filha, pelo carinho e paciência que sempre tiveram comigo no decorrer desses anos.

## RESUMO

Atualmente, o estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional de café arábica, sendo responsável por 52% da produção. A região Sul de Minas responde por metade da produção do estado. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento de quinze cultivares selecionadas pelo programa de melhoramento genético do cafeeiro em Minas Gerais (Epamig/UFLA/UFV/Procafe), relacionando sua tolerância e adaptação a ambientes secos. O experimento foi instalado na fazenda experimental da Epamig em São Sebastião do Paraíso, Sul de Minas Gerais, em fevereiro de 2005, no delineamento em blocos casualizados com três repetições e uma planta por parcela. Os resultados mostraram variações nas características avaliadas, como área foliar, comprimento e número de ramos, diâmetro do caule, altura de plantas, potencial hídrico e na espessura dos tecidos foliares e características estomáticas. Aplicou-se o teste de Skott-knott para a comparação das médias. As cultivares que se destacaram em relação às demais foram Topázio MG 1190, Catucaí Amarelo 2 SL, Pau-Brasil MG 1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Palma 2, sendo, portanto, indicadas para a região sul de Minas Gerais. As características anatômicas encontradas nas cultivares avaliadas são fatores indicativos para uma seleção de materiais tolerantes ao déficit hídrico em áreas aptas ao cultivo de café com restrições hídricas.

Palavras-chave: Café. Anatomia. Fisiologia. Morfologia. Potencial hídrico.

## ABSTRACT

Minas Gerais state is currently the greatest arabica coffee producer nationwide, responding for 52% production. South of Minas Gerais region responds for half state production. This work aimed to assess behavior of 15 cultivars selected by coffee plant genetic improvement in Minas Gerais (EPAMIG/UFLA/UFV/PROCAFE), related to its tolerance and adaptation to dry environments. The experiment was installed at EPAMIG experimental farm in São Sebastião do Paraíso, South of Minas Gerais, in february 2005, delineation was in randomized blocs with three replications and one plant per parcel. Results have shown variations in evaluated characteristics such as foliar area, length and number of branches, stem diameter, plant height, hydric potential and foliar tissue thickness and stomastic characteristics. Skott-knott was applied to compare averages. Cultivars which highlighted in relation to other ones were Topázio MG 1190, Catucaí Amarelo 2 SL, Pau-Brasil MG 1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 and Palma 2, therefore they were most indicated for the south region of Minas Gerais. Anatomic characteristics found in cultivars evaluated are indicative factors for selecting material tolerant to hydric deficit in areas able to cultivate coffee under hydric restriction.

Keywords: coffee. Anatomy. Physiology. Morphology. Hydric potential.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Cultivares de <i>Coffea arabica</i> L. avaliadas no experimento instalado na fazenda experimental da Epamig em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, MG, 2010.....	33
Tabela 2	Resumo da análise de variância de área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule de 15 cultivares de café arábica, avaliados no experimento instalado na fazenda experimental da EPAMIG em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, 2010.....	37
Tabela 3	Médias de área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule de 15 cultivares de café arábica em São Sebastião do Paraíso, MG. Primeira época de avaliação. UFLA, Lavras, 2010.....	38
Tabela 4	Médias de área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule de 15 cultivares de café arábica em São Sebastião do Paraíso, MG. Segunda época de avaliação. UFLA, Lavras, 2010.....	39
Tabela 5	Variações no potencial hídrico nas 15 cultivares de <i>Coffea arabica</i> analisadas. UFLA, Lavras, MG, 2010.....	45
Tabela 6	Produção média, em kg/planta, considerando-se os anos de 2008 e 2009, em 15 cultivares de <i>Coffea arabica</i> L., em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, MG, 2010.....	47
Tabela 7	Variações na espessura dos tecidos foliares (em $\mu\text{m}$ ) e na proporção em plantas de 15 diferentes cultivares de <i>Coffea arabica</i> . UFLA, Lavras, MG, 2010.....	50
Tabela 8	Diferenças nas características estomáticas de 15 cultivares de <i>Coffea arabica</i> . UFLA, Lavras, MG, 2010.....	54

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	Exigências climáticas do cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> L.) .....	12
2.2	Morfologia do cafeeiro .....	13
2.3	Influencia do clima no cafeeiro .....	15
2.4	Principais cultivares melhoradas de <i>Coffea arabica</i> L. ....	18
2.4.1	‘Bourbon Amarelo IAC 06’ .....	19
2.4.2	‘Mundo Novo IAC 379-19’ .....	20
2.4.3	‘Catuaí Vermelho IAC 99’ .....	20
2.4.4	‘Obatã Vermelho IAC 1669-20’ .....	21
2.4.5	‘Icatu Precoce IAC 3282’ .....	22
2.4.6	‘Rubi MG 1192’ e ‘Topázio MG 1190’ .....	23
2.4.7	‘Catucaí Amarelo 2 SL’ .....	24
2.4.8	Derivados do híbrido de Timor .....	25
2.4.8.1	‘Catiguá MG 2’ .....	25
2.4.8.2	‘Pau-Brasil MG 1’ .....	25
2.4.8.3	‘Catimor UFV 5390’ .....	26
2.4.8.4	‘Paraíso MG H 419-1’ .....	26
2.4.9	‘Sabiá 3989’ .....	26
2.4.10	‘Siriema Vermelho’ .....	27
2.4.11	‘Palma 2’ .....	27
2.5	Potencial hídrico .....	28
2.6	Anatomia foliar .....	29
2.7	Aspectos da interação genótipos <i>x</i> ambientes .....	30
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1	Características avaliadas .....	33

3.2	Análises estatística .....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4.1	Crescimento vegetativo .....	37
4.1.1	Área Foliar (AR).....	40
4.1.2	Comprimento de Ramos plagiotrópicos (CR).....	40
4.1.3	Número entre-nós (NE).....	41
4.1.4	Altura de plantas (AP) .....	42
4.1.5	Diâmetro de caule (DC) .....	43
4.2	Potencial hídrico foliar.....	44
4.3	Produção de café beneficiado (kg/planta) .....	46
4.4	Anatomia foliar.....	48
5	CONCLUSÕES .....	57
	REFERÊNCIAS .....	58
	ANEXO .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

O agronegócio café gera, no Brasil, cerca de 3 bilhões de dólares/ano, correspondendo a, aproximadamente, 6% das exportações brasileiras. O parque cafeeiro nacional ocupa área de 2,3 milhões de hectares com, aproximadamente, 5,53 bilhões de pés, sendo 70% do total produzido de *Coffea arabica* L. e de 30% de *Coffea canephora* Pierre.

A produção brasileira no ano safra 2010/11 foi estimada em 47,274 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, mantendo o país na posição de maior produtor e exportador mundial. O centro-sul é a principal região cafeeira do país e os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná somam mais de 90% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

Um dos fatores responsáveis por esse sucesso tem sido a utilização de cultivares altamente produtivas. A obtenção dessas cultivares provém de um contínuo trabalho de melhoramento do cafeeiro, que teve início com a criação da Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas, em 1933. A partir da década de 1970, outras instituições, como Epamig, UFLA, UFV e IBC/Procafé, em Minas Gerais; Incaper, no Espírito Santo e o IAPAR, no Paraná, passaram também a atuar no melhoramento genético do cafeeiro. Essa continuidade de pesquisa tem sido um fator preponderante na seleção e na evolução das cultivares de café recomendadas para o plantio comercial.

A adoção, pelos cafeicultores, de novas cultivares de *Coffea arabica* L. com alto potencial genético de produção, aliada à melhor qualidade de bebida, foi um dos fatores que mais contribuíram para o aumento da produtividade e da rentabilidade da cultura, bem como a expansão de novas fronteiras da cultura.

Novas cultivares estão sendo lançadas com novas combinações de caracteres dos genótipos existentes, obtendo-se ganhos genéticos e fenotípicos

significativos e o surgimento de novas cultivares com características próprias de vigor, produção, qualidade (peneira e bebida), arquitetura da planta mais apropriada à colheita mecanizada, resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk et Br) e longevidade. Dessa forma, outros fatores podem auxiliar nessas avaliações, como, por exemplo, características morfofisiológicas que podem resultar de variações ambientais.

As características anatômicas podem ser mais exploradas nas avaliações de novas cultivares, pois as interferências externas, de acordo com o ambiente em que as plantas estão inseridas, podem promover modificações na anatomia, bem como plantas com estrutura interna favorável para algumas situações de campo poderão ser selecionadas já no início do melhoramento genético.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo avaliar as características agronômicas e anatômicas de quinze cultivares visando relacionar com tolerância ao estresse hídrico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Exigências climáticas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

O cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) é uma planta tropical de altitude, adaptada ao clima úmido com temperaturas amenas e, normalmente, é afetado nas suas fases fenológicas pelas condições meteorológicas, especificamente pela distribuição pluviométrica, temperatura do ar e variação fotoperiódica, interferindo, desse modo, na fenologia, na produtividade e qualidade da bebida

Regiões nas quais a temperatura média situa-se entre 18 e 22°C e com índice pluviométrico anual entre 1.200 mm e 1.800 mm. com distribuição regular de chuvas, são consideradas favoráveis ao cultivo do cafeeiro arábica. Quanto à deficiência hídrica anual, o cafeeiro suporta bem o limite máximo de 150 mm, principalmente se esta coincide com o período de dormência da planta, porém, não se estendendo até a fase de floração e início da frutificação (THOMAZIELLO et al., 2000). As melhores condições para o cultivo do café são temperatura média anual de 19 a 21°C e precipitação de 1.400 a 1.500 mm anuais, bem distribuída no período de primavera, verão e outono. No inverno, o ideal é que sofra pequeno déficit hídrico, principalmente em agosto/setembro, com temperaturas na faixa de 16 a 18°C (MATIELLO, 2008).

Em decorrência da variação sazonal, não é possível estabelecer um nível ótimo de precipitação anual para o cafeeiro. Isso ocorre porque o atendimento às exigências hídricas do cafeeiro depende de alguns fatores, como a distribuição anual das chuvas, as condições de energia térmica durante as estações do ano e, conseqüentemente, o ritmo anual da evapotranspiração potencial (ALFONSI, 2000).

## 2.2 Morfologia do cafeeiro

A parte aérea da planta de café se desenvolve em uma única haste ortotrópica, a partir da retomada do desenvolvimento do eixo embrionário, durante a germinação, até que a muda atinja de oito a dez pares de folhas (CARVALHO et al., 2008). As gemas localizadas nas axilas foliares, geralmente em número de cinco a seis, são denominadas de seriadas e a primeira gema do conjunto é chamada cabeça de série. A presença de gemas seriadas é que confere ao cafeeiro a capacidade de formação de novas brotações ortotrópicas. As gemas seriadas localizadas nos internódios dos ramos plagiotrópicos ( axilas das folhas) originarão ramos e frutos, enquanto as gemas cabeça de série originarão apenas ramos plagiotrópicos secundários ou de maior ordem, o que influenciará diretamente o potencial produtivo da planta (RENA; MAESTRI, 1986). Portanto, maior número de ramos plagiotrópicos, associado ao maior diâmetro de copa, contribuirá para maior produção dessas plantas.

Existe somente uma gema cabeça-de-série na axila de cada folha presente no nó ao longo da haste principal e, a partir de cada nó, existe apenas um par de ramos plagiotrópicos. Os ramos plagiotrópicos de primeira ordem, ou ramificações primárias, se desenvolvem na axila das folhas, presentes a partir do oitavo ou do décimo nó do ramo principal. As ramificações primárias, assim como as de ordem superior, possuem gemas cabeça-de-série com capacidade de se diferenciar em ramificações secundárias e gemas seriadas que dão origem a folhas, ramos secundários ou botões florais, a depender do estímulo ambiental (ALVES, 2008 ).

O fruto do cafeeiro é uma drupa elipsoide contendo dois locus e duas sementes. Após a fecundação, inicia-se a formação dos frutos (fase chumbinho) e eles se expandem rapidamente, até atingir o tamanho máximo por volta de dezembro. Após esta fase inicia-se a granação dos frutos, que compreende os

meses de janeiro a março. A partir dessa fase, entre abril e junho, inicia-se a maturação dos frutos, evoluindo até a fase de cereja, com os frutos amarelos ou vermelhos (CARVALHO et al., 2008).

As folhas, em plantas adultas, normalmente, estão presentes somente nos ramos plagiotrópicos, no mesmo plano e em posições opostas. A lâmina foliar de 12 a 24 cm é delgada e ondulada de forma elíptica, apresentando pequenas variações entre as variedades. A cor das folhas jovens é um importante descritor para as cultivares do grupo Mundo Novo (ALVES, 2008).

A lâmina foliar possui uma ou mais camadas de células externas que constituem a epiderme, especializada na absorção de luz. A epiderme é revestida por uma camada de cutícula ( formada por cutina, ceras e pectinas ) que reduz a perda espontânea de água e protege contra danos mecânicos. Apresenta grande diversidade anatômica e morfológica e, por estar em contato direto com o ambiente, está sujeita a modificações estruturais, em decorrência de vários fatores ambientais, entre eles a luz. Contém diferentes tipos de células, tais como a dos estômatos, do parênquima paliçádico e lacunoso. A transpiração estomática é responsável por mais de 90% da água transpirada (CARVALHO et al., 2008).

A densidade estomática é definida como o número de estômatos por unidade de área de uma face foliar, sendo fortemente modificada por fatores ambientais.

As alterações nas relações hídricas no cafeeiro são de extrema importância, pois, mesmo pequenas modificações nas condições hídricas podem reduzir intensamente o crescimento, ainda que esses sinais não possam ser visíveis morfológicamente, como murcha de folhas ou qualquer outro sinal de estresse hídrico (SILVA et al., 2008). Portanto, características da estrutura interna das folhas podem ser importantes para identificação quanto ao nível de tolerância ao déficit hídrico.

Fatores ambientais influenciam diretamente a anatomia foliar, sendo a condição hídrica um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento foliar (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009) e a anatomia foliar se destaca nas relações com a produção vegetal (SILVA; ALQUINI; CAVALLET, 2005). A anatomia foliar do cafeeiro demonstra plasticidade para fatores como as condições de radiação, alterando as espessuras do parênquima paliçádico e esponjoso, dimensões estomáticas, entre outras (NASCIMENTO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2005; RAMIRO et al., 2004).

Trabalhando com avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘Catuaí’ e ‘Siriema’ submetidas ao estresse hídrico, Grisi et al. (2008) não encontraram modificações na anatomia foliar. Entretanto, nessas mesmas condições, encontraram diferenças nas espessuras do clorênquima, limbo, além da densidade e das dimensões estomáticas de outras cultivares e essas características permitiram diferenciar a capacidade de tolerância, com vantagem para os genótipos ‘Siriema’ e ‘Catuaí’.

Portanto, a identificação de cultivares com maior potencial de tolerância ao estresse hídrico é de extrema importância para a expansão das fronteiras do cultivo do café arábica em regiões com restrições hídricas no estado de Minas Gerais e no nordeste brasileiro.

### **2.3 Influencia do clima no cafeeiro**

Nas regiões cafeeiras tradicionais do Paraná, São Paulo, Sul de Minas, Zona da Mata de Minas, parte dos cerrados de Minas e Espírito Santo, as chuvas excedem o volume de 1.200 mm/ano, indicando boas condições hídricas, principalmente pela boa distribuição nas fases críticas de consumo de água pela cultura (FERNANDES; SANTINATO; FERNANDES, 2008).

Análise dos dados comparativos do balanço hídrico climatológico de várias regiões produtoras do Brasil sugere que a produção econômica do cafeeiro arábica suporta bem deficiências hídricas de até 150 mm anuais, principalmente quando a estação seca coincide com a maturação e a colheita (CAMARGO, 1985). Sabe-se, no entanto, que os extremos de temperatura do ar influenciam o crescimento, os processos fisiológicos e a produtividade do cafeeiro. No entanto, estudos evidenciam que várias fases biológicas têm seu desenvolvimento e/ou crescimento reduzidos e até paralisados totalmente em condições de temperaturas extremas (CAMARGO; SALATI, 1966; FRANCO, 1956, 1961).

Em regiões nas quais se registram temperaturas médias acima de 30°C ocorrem danos às folhagens e, na fase de florescimento, essas condições podem provocar o abortamento dos botões florais e a conseqüente perda de produção. Temperaturas médias anuais acima de 23°C promovem rápido desenvolvimento e maturação dos frutos, acarretando maiores perdas na qualidade. Porém, em regiões nas quais as temperaturas médias anuais são inferiores a 18°C, a exploração econômica da cafeicultura poderá ser inviabilizada, pois o cafeeiro não tolera baixas temperaturas (CAMARGO, 1985).

A exigência hídrica do cafeeiro varia de acordo com as fases fenológicas da planta e, no período de vegetação e frutificação, que ocorre de outubro a maio, o cafeeiro precisa de umidade disponível no solo. A alta produtividade do cafeeiro está condicionada a uma boa distribuição de chuvas no período de indução e desenvolvimento dos botões florais (fevereiro a junho), à pequena deficiência hídrica no período de repouso da planta (julho a agosto) e à ocorrência de períodos chuvosos no início de outubro, que induz uma floração com temperaturas amenas, favoráveis ao pegamento das flores (MATIELLO et al., 2002).

Em cafeeiros sob deficiência hídrica moderada o crescimento das raízes é menos inibido que o crescimento dos ramos. Conseqüentemente, os cafeeiros com sistema radicular mais profundo resistem satisfatoriamente a períodos de estiagem mais longos (ALVES, 2008).

O crescimento da parte aérea do cafeeiro varia sazonalmente e a fase de crescimento vegetativo ocorre nos meses de setembro a março, período de temperaturas relativamente altas e chuvas abundantes. A fase de repouso vegetativo ocorre a partir de fins de maio até setembro, coincidente com o período seco e frio (DAMATTA, 2004).

A fase de crescimento vegetativo do cafeeiro caracteriza-se pelo desenvolvimento das gemas terminais, gemas florais, folhas, entrenós, frutos e abertura das flores. Na fase de repouso ocorre a maturação reprodutiva dos ramos para a próxima safra, maturação dos frutos e a formação das gemas florais (CARVALHO et al., 2008). O período de “dormência” do cafeeiro pode estar associado a baixas temperaturas ou à seca, sendo necessário para a sincronização das fases de crescimento e maturação, o que permite que as gemas florais respondam a estímulos externos e reiniciem o crescimento (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

No Brasil, apresenta o florescimento na primavera, a frutificação no verão, a maturação no outono e a colheita no inverno. Nas principais áreas cafeeiras do centro-sul do Brasil, em latitudes superiores a 20°S, o clima chuvoso na primavera e no verão, seguido de uma estação relativamente seca no outono e no inverno, favorece significativamente a frutificação e a produção do cafeeiro. A disponibilidade hídrica é de suma importância no crescimento de frutos na fase de expansão rápida, também chamada de “chumbinho”, pois a expansão celular pode ser restringida pelo déficit hídrico. As fases críticas, como a formação dos “chumbinhos” e a granação dos frutos, são beneficiadas pelas

chuvas da primavera e do verão; a maturação e a colheita, por sua vez, são favorecidas pelo outono e pelo inverno, que são relativamente secos.

A maior demanda de carboidratos pelo cafeeiro acontece na fase de granação dos frutos, o que acontece nos meses de temperaturas mais elevadas e com veranicos, que contribuem para redução da fotossíntese (DAMATTA; RENA, 2002). O tamanho final do fruto cereja pode ser afetado caso ocorra um déficit hídrico no período de expansão rápida dos frutos, comprometendo a produção. A sobrecarga de frutos provoca a seca dos ramos e a morte das raízes e, caso esteja associado a temperaturas muito altas e déficit hídrico acentuado, causa depauperamento nas plantas, exigindo anos consecutivos de recuperação (RENA; CARVALHO, 2003).

Na fase de colheita e menores taxas de crescimento, que acontece de junho a setembro, a necessidade de água é pequena e o solo pode ficar mais seco (até quase o ponto de murcha), sem, contudo, oferecer grandes prejuízos para a planta. Uma deficiência hídrica nesse período estimula o abotoamento do cafeeiro e conduz, ainda, a uma florada mais uniforme no reinício das chuvas. Matiello et al. (2002) comentam que, em regiões de inverno mais quente, não é necessário interromper a irrigação para promover o estresse hídrico.

Em cafezais sob condição de sombreamento ocorre decréscimo na transpiração, ou seja, os estômatos podem permanecer abertos, permitindo maior entrada de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, contribuindo para uma maior eficiência no uso de água pelas plantas, resultando em maior longevidade e produção (DAMATTA; RENA, 2002).

#### **2.4 Principais cultivares melhoradas de *Coffea arabica* L.**

Os trabalhos de melhoramento do cafeeiro são executados até os dias atuais no Brasil, o que resultou na obtenção de ganhos consideráveis em

produtividade, sendo um dos mais expressivos entre todos os programas de melhoramento vegetal. Dinamizado pelos melhoristas do IAC em vários locais e avaliado por um grande número de colheitas, estimou-se um potencial de produção das cultivares melhoradas em cerca de 295% superior à cultivar *Typica*, a primeira a ser plantada no Brasil, nas mesmas condições de plantio e solo e sob os mesmos tratamentos culturais (CARVALHO, 1985).

#### **2.4.1 ‘Bourbon Amarelo IAC 06’**

Esta cultivar pode ter se originada da mutação de ‘Bourbon Vermelho’ ou, também, surgido como produto de recombinação do cruzamento natural entre ‘Bourbon Vermelho’ e ‘Amarelo de Botucatu’. Em 1945, por meio de uma seleção de plantas no município de Jaú (SP), realizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas, obteve-se o material genético da cultivar Bourbon Amarelo (FAZUOLI et al., 2008).

A planta desta cultivar é de porte alto, podendo alcançar altura média de 2,6 m e diâmetro de copa de 2,3 m. A coloração das folhas novas é verde-clara ou bronze. Os frutos são amarelos e as sementes, de tamanho médio. A principal característica refere-se à precocidade de maturação de seus frutos que, de acordo com a região, pode variar de 20 a 30 dias, em relação à ‘Mundo Novo’. A produção média é cerca de 30% a 50% menor do que as cultivares Mundo Novo, Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. No entanto, a qualidade da bebida é reconhecidamente superior às demais cultivares de *C. arabica*, sendo indicada para plantio em condições especiais. Convém ressaltar que o grupo Bourbon Amarelo é altamente suscetível à ferrugem, exigente em nutrição e apresenta menor vigor vegetativo que o grupo Mundo Novo (FAZUOLI et al., 2008).

As linhagens recomendadas com possibilidade para o plantio em regiões de maiores altitudes e com temperaturas médias menores são: IAC J2, IAC J6, IAC J9, IAC J10, IAC J19, IAC J20, IAC J22 e IAC J24.

#### **2.4.2 ‘Mundo Novo IAC 379-19’**

Essa cultivar corresponde a uma recombinação resultante de um cruzamento natural entre as cultivares Bourbon Vermelho e Sumatra, encontrada no município paulista de Mineiros do Tietê. Sementes desses cafeeiros foram plantadas no município de Mundo Novo, hoje Urupês, SP, onde foram selecionadas as plantas matrizes que deram origem à cultivar Mundo Novo (FAZUOLI et al., 2008).

As linhagens selecionadas dessa cultivar caracterizam-se por elevada produtividade, aliada a um alto vigor vegetativo, mas susceptíveis à ferrugem. As plantas têm porte alto, com formato de copa cilíndrica com diâmetro de 2,30 m. O sistema radicular é bem desenvolvido. A cor das folhas jovens pode ser verde-clara ou bronze; os ramos secundários são abundantes, porém, com baixa tolerância à ferrugem e à seca, sendo indicada para espaçamentos largos, solos férteis ou para áreas de altitude média e alta e controle da ferrugem. Em 1999, cada uma das antigas linhagens da cultivar Mundo novo foi registrada, no Registro Nacional de Cultivares (RNC), como sendo uma nova cultivar, passando a ser denominada ‘Mundo Novo IAC 374-19’ e ‘Mundo Novo IAC 376-4’ (FAZUOLI et al., 2008).

#### **2.4.3 ‘Catuaí Vermelho IAC 99’**

A cultivar Catuaí Vermelho originou-se de recombinação, a partir de um cruzamento artificial entre cafeeiros selecionados de ‘Caturra Amarelo’, de

prefixo C 476-11 e ‘Mundo Novo CP 374-19’, realizado em 1949. O objetivo era transferir para a cultivar Mundo Novo o alelo dominante caturra (Ct), o qual conferia menor porte, por meio da redução do comprimento dos internódios. Na população F3, selecionaram-se plantas com frutos de cor vermelha (CARVALHO et al., 2008).

O termo catuaí, em guarani, significa "muito bom" (CARVALHO; MONACO, 1967). As principais características das melhores linhagens das cultivares Catuaí Vermelho são: porte baixo, plantas cilíndricas, compacta e internódios curtos, com diâmetro de copa em torno de 2,00 m, elevada produtividade e alto vigor vegetativo; de maturação tardia e desuniforme, frutos vermelhos e sementes de tamanho médio. É indicada para o plantio adensado ou em renque, adaptada a áreas secas, quentes e a regiões montanhosas, com tratos culturais de menor nível tecnológico. A ramificação secundária é abundante, com um sistema radicular desenvolvido. As folhas novas são de cor verde-clara e as adultas, verde-escuras brilhantes. As cultivares indicadas são Catuaí Vermelho IAC-15, 24, 44, 51, 81, 99, 144 (CARVALHO et al., 2008).

#### **2.4.4 ‘Obatã Vermelho IAC 1669-20’**

A cultivar tem origem no cruzamento da cultivar Villa Sarchi com o híbrido de Timor (CIFC 832/2), o qual gerou o híbrido F1 (H 361/4), realizado pelo Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), em Oeiras, Portugal. Progênes F2 deste híbrido foram introduzidas em Campinas, SP, em 1972, continuando, assim, a seleção por várias gerações, nas quais ocorreram cruzamentos naturais com a cultivares Catuaí Vermelho e ou Catuaí Amarelo, utilizadas como testemunhas nos experimentos. Essa cultivar é resultante de uma provável hibridação natural de um cafeeiro de H 361/4 com outro da cultivar Catuaí Vermelho, tendo sido lançada pelo IAC em 2000. Tem como

características ser de porte baixo, internódio de tamanho médio, cor verde nas folhas novas, frutos grandes e vermelhos de maturação tardia, apresentando produtividade média e elevada resistência à ferrugem (CARVALHO et al., 2008).

#### 2.4.5 ‘Icatu Precoce IAC 3282’

Com a introdução, no Brasil, na década de 1970, da ferrugem do cafeeiro, doença causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, que afeta drasticamente a produção, os pesquisadores do IAC constataram a grande suscetibilidade dos germoplasmas dos *Coffea arabica* existentes no Brasil a essa doença. No final da década de 1950, quase vinte anos antes de a doença se instalar no país, realizou-se uma hibridação interespecífica, com o objetivo de transferir alelos que controlam a doença, encontrados em espécies de *Coffea canephora* para a *C. arabica*. A nova cultivar resultante, denominada Icatu que, em tupi-guarani, significa “bonança”, é um cruzamento interespecífico entre *C. Canephora* e *C. arabica*, destacando-se como um dos materiais de origem interespecífica mais promissores obtidos no Brasil (FAZUOLI et al., 1981, 1983; MONACO; CARVALHO; FAZUOLI, 1974).

Na obtenção dessa cultivar foram realizados três retrocruzamentos para a espécie *C. arabica*, utilizando-se como progenitores recorrentes cafeeiros selecionados da cultivar Mundo Novo (FAZUOLI, 1986). As plantas dessa cultivar são de porte alto, copa cilíndrica com diâmetro grande de 2,50 m; a coloração das folhas, quando novas, é variável, indo do verde ao bronze-claro até ao bronze-escuro (FAZUOLI, 2008).

Costa (1978) avaliou diversas características da cultivar Icatu e observou moderada tolerância à ferrugem e resistência à maioria das raças fisiológicas do patógeno, com características de resistência horizontal. A cultivar

Icatu também é indicada como fonte de resistência a nematoides (FAZUOLI et al., 1981) e *Colletotrichum coffeanum* (CARVALHO; MONACO; VANDERVOSSSEN, 1976).

O sistema radicular da espécie arábica é bastante desenvolvido, característica adquirida da espécie *C. Canephora*, utilizada no primeiro cruzamento. De produção tardia, média a elevada, porém, baixa produção inicial, assemelha-se à das melhores seleções de Mundo Novo (FAZUOLI, 1977; MORAES et al., 1974).

A cultivar Icatu Amarelo foi obtida de seleções, após cruzamento natural de plantas das cultivares Icatu e Bourbon Amarelo ou Mundo Novo Amarelo, ocorrido em um experimento da seção de genética do IAC. Após duas gerações de seleções a partir desse germoplasma híbrido é que se obteve o 'Icatu Amarelo' (FAZUOLI et al., 1981; MONACO; CARVALHO; FAZUOLI, 1974). São características da cultivar ter frutos de cor amarela e ser indicada para espaçamento largo em regiões de baixas altitudes e quentes, sem problemas de déficit hídrico, pois é sensível à seca.

#### **2.4.6 'Rubi MG 1192' e 'Topázio MG 1190'**

As cultivares Rubi e Topázio são oriundas do cruzamento entre as cultivares Catuaí e Mundo Novo, realizado no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), na década de 1960 e introduzida pelo Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária (Epamig-UFLA-UFV), em Minas Gerais, nos anos 1970. A cultivar Rubi apresenta formato de copa cilíndrica, planta de porte baixo e a maturação dos frutos pouco mais precoce e uniforme, apresentando folhas novas com coloração predominantemente bronze (CARVALHO et al., 2008).

A cultivar Rubi possui frutos, quando maduros, de coloração vermelha, o que a diferencia da cultivar Topázio, de coloração amarela. As demais

características comuns às cultivares são: altura entre 2 e 2,5m e diâmetro médio de copa de 2,2 m. É de elevada produtividade e alto vigor vegetativo, não exibindo seca de ramos nem perda de vigor após elevadas produções. Foi lançada comercialmente sob a designação de ‘Rubi MG 1192’, para as mesmas condições da cultivar Catuaí (ADÃO, 2002).

A cultivar Topázio apresenta porte baixo, com altura por volta de 2,0 m e diâmetro médio de copa de 2,2 m. O número de ramificações secundárias é abundante e as folhas, quando novas, são, predominantemente, de cor bronze-escura. É de excelente produtividade e alto vigor vegetativo, não apresentando depauperamento precoce depois de elevadas produções. Os frutos são de coloração amarela. Foi liberada para o plantio comercial como ‘Topázio MG 1190’, para as mesmas condições da cultivar Catuaí (CARVALHO et al., 2008).

#### **2.4.7 ‘Catuaí Amarelo 2 SL’**

A origem mais provável das cultivares do grupo Catuaí é o aproveitamento de um cruzamento natural Icatu e Catuaí, ocorrido nos experimentos do Instituto Brasileiro do Café (IBC), em São José do Vale do Rio Preto, RJ. A primeira seleção foi efetuada, em 1988, no IBC, em cafeeiros da cultivar Icatu Vermelho, cujas sementes eram provenientes de Londrina e foram plantadas naquele município do estado do Rio de Janeiro. Progênies (F3) dessas seleções foram selecionadas na Fazenda Experimental de Varginha, MG, do MAPA/Fundação Procafé. Desse melhoramento, atualmente em geração F6, originaram-se as cultivares que foram denominadas de Catuaí, uma combinação das palavras icatu e catuaí (CARVALHO et al., 2008).

Em geral, as cultivares do grupo Catuaí apresentam resistência moderada à ferrugem, elevado vigor vegetativo e alta produtividade.

A cultivar Catucaí Amarelo 2 SL tem porte baixo a médio, crescimento vegetativo vigoroso e frutos amarelos de maturação média.

#### **2.4.8 Derivados do híbrido de Timor**

##### **2.4.8.1 ‘Catiguá MG 2’**

A Cultivar Catiguá MG 2 surgiu de um cruzamento artificial entre as cultivares Catucaí Amarelo IAC 86 e Híbrido de Timor (UFV 440-10), em trabalho realizado pela equipe de melhoristas da Epamig/UFV, em 1980.

As plantas são de porte baixo, cônicas, de ramificação secundária abundante, e com diâmetro de copa de 2,0 m. A cor das folhas novas é bronze e verde e elas são ligeiramente lanceoladas, estando posicionadas em ângulo reto em relação ao ramo, em formato de espiha de peixe. Resistentes às raças de ferrugem do cafeeiro, seus frutos são de coloração vermelha intensa de elevada produtividade e originando bebida de excelente qualidade (CARVALHO et al., 2008).

##### **2.4.8.2 ‘Pau-Brasil MG 1’**

A cultivar Pau-Brasil MG 1 é um cruzamento entre as cultivares Catucaí Vermelho IAC 141 e Híbrido de Timor UFV 442-34, desenvolvido por pesquisadores da Epamig/UFV, nas fazendas experimentais da Epamig em Patrocínio e São Sebastião do Paraíso, MG. As plantas são de porte baixo, cônicas, ramificações secundárias abundantes, diâmetro de copa de 2,0 m, alto vigor vegetativo, elevada produtividade e ótima qualidade de bebida. É recomendada para plantios adensados e para o cultivo orgânico por ter resistência à ferrugem do cafeeiro (CARVALHO et al., 2008).

#### **2.4.8.3 ‘Catimor UFV 5390’**

A cultivar Catimor é um cruzamento entre ‘Caturra Vermelho CIFC 19/1’ e ‘Híbrido de Timor CIFC 832/1’, obtido no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), Oeiras, Portugal, em 1967. Sementes da geração F2, provenientes do híbrido, foram enviadas, a partir de 1971, para várias entidades de pesquisa no Brasil, tais como o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Epamig e UFV, onde recebeu o nome de Catimor (COSTA et al., 2007).

A principal característica desses materiais genéticos é a de serem altamente resistentes à ferrugem do cafeeiro.

#### **2.4.8.4 ‘Paraíso MG H 419-1’**

O cruzamento artificial, realizado na UFV, entre as cultivares Catuaí Amarelo IAC 30 e Híbrido de Timor UFV 445-46, proveniente de Oeiras, Portugal, resultou na origem da cultivar Paraíso MG 419-1, em sua primeira geração, ou F1. As gerações seguintes foram avaliadas pela Epamig na fazenda experimental de São Sebastião do Paraíso. Apresenta alta tolerância à ferrugem do cafeeiro. As plantas são de porte baixo, diâmetro da copa de 1,92 m, alto vigor vegetativo, alta tolerância à ferrugem, elevada produtividade, frutos amarelos, sendo recomendada para plantios adensados e cultivo orgânico (CARVALHO et al., 2008).

#### **2.4.9 ‘Sabiá 3989’**

A cultivar Sabiá 398 originou-se do cruzamento entre ‘Catimor UFV 386’ e ‘Acaiá’, realizado pelo Instituto Brasileiro do Café e as gerações posteriores selecionadas pelo MAPA/Fundação Procafé. Possui plantas bastante

vigorosas, porte baixo, formato da copa cilíndrica, diâmetro de copa de 2,0 m, ramos plagiotrópicos longos e grossos, internódios curtos, alto vigor vegetativo, moderadamente resistente à ferrugem, frutos vermelhos e elevada produtividade. Está entre as cultivares mais produtivas e adaptada às principais regiões cafeeiras do estado de Minas Gerais. Devido à sua elevada produtividade, é bastante exigente em nutrição mineral e recomendada para plantio em espaçamento largo (CARVALHO et al., 2008).

#### **2.4.10 ‘Siriema Vermelho’**

Esta cultivar é oriunda de um cruzamento interespecífico envolvendo *Coffea racemosa* e *C. arabica*, cultivares Blue Montain e Catimor UFV 417, iniciado no IAC e prosseguiu posteriormente, sendo selecionadas pelo MAPA/Fundação Procafé. As plantas têm porte baixo a médio, de forma cônica e diâmetro de copa de 2,0 m. A produtividade é considerada média, os frutos são vermelhos e a bebida é de muito boa qualidade. Destaca-se, ainda, como característica desta cultivar, a resistência à ferrugem, ao bicho-mineiro e é mais tolerante à seca que a maioria das cultivares de café atualmente plantadas. Por suas qualidades, plantas matrizes estão sendo selecionadas e avaliadas para multiplicação vegetativa via cultura de tecidos (CARVALHO et al., 2008).

#### **2.4.11 ‘Palma 2’**

Esta cultivar é proveniente de cruzamento entre Catuaí Vermelho IAC 81 e Catimor UFV 353, realizado pelo IBC, em Venda Nova do Imigrante, ES, na década de 1974. Gerações posteriores foram selecionadas pelo MAPA/Fundação Procafé, na zona da mata de Minas Gerais, Alto Paranaíba e sul de Minas Gerais. As principais características são o porte baixo, a copa de pequeno

diâmetro, ramos plagiotrópicos bastantes curtos, o que lhe confere um formato cilíndrico. tem alto vigor vegetativo, alta produtividade e resistência moderada à ferrugem, sendo recomendada para sistemas de plantios adensados (CARVALHO et al., 2008).

## **2.5 Potencial hídrico**

O potencial hídrico é uma medida da energia livre da água, podendo ser utilizada para determinar o estado hídrico das células, tecidos, órgãos e planta. No contínuo solo-planta-atmosfera, o movimento da água acontece no sentido do sistema com menor potencial hídrico. A disponibilidade de água para a planta diminui à medida em que diminui o potencial de água no solo. Portanto, a diferença de potencial hídrico entre a planta e a atmosfera resulta na perda de água pela planta, exceto em ambientes saturados com vapor de água (100% de umidade relativa) (MARENCO; LOPES, 2005).

A causa do movimento da água na planta é a diferença entre o potencial do vapor d'água na atmosfera ao redor das folhas e o potencial da água no solo. A maior parte da água absorvida pela planta é perdida por transpiração. O sistema solo-planta-atmosfera possibilita a absorção da água do solo e sua perda para a atmosfera. Verifica-se na folha uma resistência da cutícula e dos estômatos à perda de água na forma de vapor d'água. Esse movimento da água que se verifica das células dos tecidos foliares para a atmosfera é chamado de transpiração (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

A deficiência hídrica provoca redução no volume celular, desidratação do protoplasma, diminuição da turgescência e diminuição do processo de crescimento das plantas (LARCHER, 2004). Folhas que se desenvolvem sob condições de déficit hídrico são, geralmente, menores e de menor área foliar específica.

## 2.6 Anatomia foliar

A estrutura anatômica da folha é composta pelo sistema dérmico que forma a epiderme e reveste a superfície foliar, pelo sistema fundamental que constitui o mesofilo da lâmina foliar e o córtex da nervura mediana e do pecíolo e pelo sistema vascular que constitui os tecidos vasculares das nervuras (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2005), uma importante função fisiológica da epiderme é a de realizar trocas gasosas através dos estômatos, como a liberação de vapor d'água e do oxigênio e a captação de dióxido de carbono para a fotossíntese (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

Os estômatos são mais comuns e abundantes nas folhas, relacionando-se com as trocas gasosas e a fotossíntese e podem variar de forma na planta: em número por unidade de área, em diferentes órgãos, em diferentes folhas, nas faces abaxial e adaxial das folhas e, ainda, variar sob a influência de características ambientais, como disponibilidade de água, radiação incidente, altitude, temperatura e ventos, sendo um indicador anatômico das diferentes respostas da planta a estímulos ambientais (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Simultaneamente à abertura dos estômatos ocorre a transpiração, que provoca a perda de água pelas plantas. Para otimizar esses processos, as plantas desenvolveram mecanismos que sinalizam para a abertura ou o fechamento dos estômatos em determinadas situações. A abertura será influenciada pela presença de água, de luz, de ausência de dióxido de carbono e de temperaturas amenas, e o fechamento quando ocorrer falta de água, excesso de dióxido de carbono e altas temperaturas. Esse processo ocorre por ação das células-guardas e é dependente do seu estado hídrico (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

O parênquima, em sua morfologia, é relativamente simples, mas complexo em sua fisiologia, sendo atribuídas a ele funções como fotossíntese, respiração, trocas gasosas e armazenamento de substâncias como carboidratos, lipídios e proteínas, dentre outras funções (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

## **2.7 Aspectos da interação genótipos x ambientes**

Robertson (1959) classifica a interação genótipo x ambiente em simples e complexa. A primeira é causada pela diferença de variabilidade entre os genótipos no ambiente e a segunda acontece pela falta de correlação entre o desempenho dos genótipos, apresentando diferentes respostas às variações ambientais.

As respostas diferenciadas das cultivares com a variação do ambiente denominam-se interação genótipo x ambiente. Se essa interação for significativa, indica que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes, uma vez que as respostas fenotípicas estariam diferindo com as variações ambientais (FERRÃO et al., 2007). Ainda esses mesmos autores, estudando essa interação, bem como a adaptabilidade e a estabilidade de produção em 40 genótipos de café conilon, verificaram a existência de diferenças entre os materiais genéticos e o comportamento diferenciado deles em relação aos anos (safras).

A seleção e a recomendação de novas cultivares de café constituem o ápice de um trabalho de melhoramento genético (CARVALHO et al., 2008). Entretanto, o pesquisador deve levar em conta a interação genótipos x ambientes para que a variabilidade dos materiais cultivados não interfira nesse processo de seleção, pois é o componente que mais complica o trabalho do melhorista, por exigir que o melhoramento seja conduzido nas condições em que o genótipo será utilizado (RAMALHO; SANTOS; PINTO, 1989). Portanto, a existência de

respostas diferenciadas de genótipos às variações ambientais tem sido verificada em várias espécies cultivadas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Epamig em São Sebastião do Paraíso, na região sul do estado de Minas Gerais, nas coordenadas 20°55' S de latitude e 46°55' W de longitude, à altitude de 1.040 m. A precipitação média anual é de 1.470 mm, distribuídas de outubro a abril e a temperatura média anual é de 20,8°C. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Lvd).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo cwa, apresentando inverno seco e frio e verão quente e chuvoso. As temperaturas do ar e os regimes de chuvas, durante o período da condução do experimento (2005 a 2008), são apresentados no Anexo.

Foram avaliadas 15 cultivares de *Coffea arabica* L. disponíveis no programa de melhoramento genético do cafeeiro de Minas Gerais (EPAMIG/UFLA/UFV/PROCAFÉ). A relação das cultivares é apresentada na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por 15 cultivares de café arábica, com 3 repetições e parcela constituída por uma planta. O espaçamento utilizado foi de 3,0 X 1,5 m, com uma planta por cova (2.222 plantas por hectare), viabilizado, inicialmente, para o experimento de raízes.

As mudas em estágio de plantio, com 4 a 6 pares de folhas, foram plantadas em fevereiro de 2005.

O experimento foi instalado no campo, seguindo as recomendações do plantio, formação e tratos culturais conforme usualmente utilizado na região.

Tabela 1 Cultivares de *Coffea arabica* L. avaliadas no experimento instalado na fazenda experimental da Epamig em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, MG, 2010

NÚMERO	CULTIVARES
1	Obatã Vermelho IAC 1669-20
2	Catuaí Amarelo 2 SL
3	Paraíso MG H 419-1
4	Pau-Brasil MG 1
5	Palma 2
6	Catuaí Vermelho IAC 99
7	Rubi MG 1192
8	Topázio MG 1190
9	Bourbon Amarelo IAC 06
10	Mundo Novo IAC 379-19
11	Icatu Precoce IAC 3282
12	Catiguá MG 2
13	Siriema Vermelho
14	Sabiá 3989
15	Catimor UFV 5390

A correção do solo e as adubações com NPK foram realizadas de acordo com as recomendações de Guimarães et al. (1999), em função das análises de solo e foliar.

### 3.1 Características avaliadas

**Área foliar (AF):** medida em centímetros quadrados, estimada pela fórmula proposta por Barros et al. (1973) e Huerta (1962) e sendo confirmada por Gomide et al. (1977), ou seja, a multiplicação do comprimento pela maior largura de uma folha de cada par, multiplicado pela constante 0,667.

**Comprimento de ramos plagiotrópicos (CR):** medido em centímetros e expressos em valores médios, no mesmo ramo selecionado para a medida de ramos plagiotrópicos.

**Número de ramos (NR):** realizada a contagem direta dos ramos plagiotrópicos na planta em cada parcela, considerando-se o número médio.

**Altura de plantas (AP):** medida realizada em centímetros, considerando-se a altura a distancia entre o nível do solo e a gema apical da haste ortotrópica.

**Diâmetro do caule (DC):** medida realizada em centímetros, considerando-se que esta foi feita na haste ortotrópica a 10 cm do solo, utilizando-se um equipamento denominado “paquímetro”.

Para as características de área foliar, comprimento e número de ramos plagiotrópicos, altura de plantas e diâmetro do caule foram realizadas duas avaliações sendo a primeira avaliação aos 6 meses e a segunda aos 35 meses após o plantio.

**Potencial hídrico (PH):** o método de determinação do potencial hídrico das plantas utilizado neste trabalho foi o da câmara de pressão, bomba de pressão ou bomba de Scholander, que é um equipamento portátil que permitiu efetuar as medições de campo (SCHOLANDER et al., 1965).

Avaliou-se o potencial hídrico em folhas completamente expandidas, destacadas do quarto nó a partir do ápice dos ramos plagiotrópicos no terço superior das plantas, em dias claros, às seis horas da manhã, segundo a metodologia descrita por Marengo e Lopes (2005). As avaliações do potencial hídrico foram realizadas em julho de 2008.

**Produção de café beneficiado (PC):** as colheitas dos anos de 2008 e 2009 foram realizadas na primeira quinzena de julho, anotando-se o peso de café da roça por planta. A produção foi avaliada por ocasião da colheita (julho de 2008 e julho de 2009), quando 80% dos frutos estavam no estágio cereja.

**Anatomia foliar:** inclui espessura da cutícula adaxial e abaxial das folhas, espessura da epiderme adaxial e abaxial das folhas, parênquima paliádico e parênquima esponjoso, limbo foliar, nervura central das folhas, densidade dos estômatos, diâmetro polar e diâmetro equatorial dos estômatos. Para o estudo anatômico, foram coletadas folhas completamente expandidas do

quarto nó de ramos do terço superior das plantas, fixadas em F.A.A.<sub>70%</sub>, por 72 horas e, após esse período, conservadas em etanol 70%, para posteriores análises, no Laboratório de Anatomia Vegetal, no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, MG. Foram realizadas secções transversais na região mediana das folhas, com auxílio do micrótomo de mesa. Em seguida, as secções foram clarificadas em solução a 50% de hipoclorito de sódio, lavadas em água destilada e submetidas ao processo de coloração com solução de safrablau (safranina 1% e azul de astra 0,1% na proporção de 7:3), tendo as lâminas sido montadas em glicerina a 50% (MELO et al., 2007). Análises referentes à espessura dos tecidos foliares foram feitas a partir de três medições para cada característica analisada, perfazendo um total de 15 medições por amostra.

As secções paradérmicas foram obtidas na epiderme da face abaxial, na região mediana foliar, utilizando-se lâmina de aço. Posteriormente, as secções foram clarificadas em solução a 50% de hipoclorito de sódio, lavadas em água destilada e coradas com safranina 1% (MELO; BARTHOLO; MENDES, 1998), tendo as lâminas sido montadas em glicerina a 50%.

As fotomicrografias foram realizadas utilizando-se uma câmera digital Canon PowerShot A620 acoplada ao microscópio KEN-A-VISION TT18. As análises anatômicas foram realizadas utilizando-se o software Image Tool, da UTHSCSA.

Para as avaliações relativas à caracterização dos estômatos (densidade estomática, diâmetros polar e equatorial) foram observados quatro campos, totalizando 20 campos por tratamento (cinco folhas por tratamento).

As avaliações anatômicas foliares de espessura da cutícula, da epiderme, do parênquima paliçádico e esponjoso, do limbo e da nervura central, bem como a caracterização da densidade, do diâmetro polar e equatorial dos estômatos

foram realizadas em setembro de 2008, no Laboratório de Anatomia Vegetal da UFLA.

### **3.2 Análises estatística**

Os dados foram analisados e submetidos à análise de variância. Utilizou-se o teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade, visando à comparação dos tratamentos. O dispositivo computacional utilizado foi o programa Sisvar.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento vegetativo

A análise das características vegetativas de cafeeiros são importantes indicadores para avaliação de cultivares nas diferentes regiões onde se pretende testá-las.

Observa-se que houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F para as cultivares avaliadas, ou seja, existe pelo menos uma diferença significativa entre as 15 cultivares testadas nesse estudo. Também houve efeito da interação: cultivar \* época de avaliação, quando se avaliou a área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule (Tabela 2).

Tabela 2 Resumo da análise de variância de área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule de 15 cultivares de café arábica, avaliados no experimento instalado na fazenda experimental da EPAMIG em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, 2010

FV	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Comprimento de ramos (cm)	Número entre-nós	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do caule (cm)
Cultivar	319,31*	257,13*	185,12*	1161,96*	0,37*
Bloco	55,76	119,71	24,12*	86,54*	0,06*
Época	6634,23*	7985,33*	1273,88	182070,04	140,37
Cultivar * Época	1795,92*	111,12*	145,97*	156,73*	0,13*
Erro	1369,12	2344,44	301,96	56,05	0,06
CV (%)		11,39	14,21	6,40	7,55

\* =F significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise comparativa entre as cultivares nas épocas de avaliação (primeira e segunda época), no crescimento vegetativo das plantas estão apresentados na tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 Médias de área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule de 15 cultivares de café arábica em São Sebastião do Paraíso, MG. Primeira época de avaliação. UFLA, Lavras, 2010

Cultivares	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Comprimento de ramos (cm)	Número de entrenós	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do caule (cm)
Obatã Vermelho IAC 1669-20	47,85 a	49,91 b	12,25 a	68,66 b	2,26 a
Catucaí Amarelo 2 SL	37,74 b	45,91 b	11,41 a	70,66 b	2,10 a
Paraíso MG H 419-1	31,91 c	36,75 c	9,91 a	66,00 b	1,83 b
Pau-Brasil MG 1	33,86 c	50,83 b	12,83 a	81,66 a	2,46 a
Palma 2	26,55 c	50,08 b	12,75 a	75,00 a	2,20 a
Catuai Vermelho IAC 99	36,34 b	44,75 b	11,41 a	67,33 b	2,03 a
Rubi MG 1192	30,70 c	45,83 b	13,16 a	60,33 b	1,80 b
Topázio MG 1190	29,48 c	48,16 b	13,58 a	70,00 b	2,20 a
Bourbon Amarelo IAC 06	37,39 b	64,65 a	14,33 a	87,00 a	2,16 a
Mundo Novo IAC 379-19	30,36 c	50,83 b	12,83 a	82,66 a	2,16 a
Icatú Precoce IAC 3282	25,11 c	48,41 b	12,75 a	80,66 a	1,93 b
Catiguá MG 2	44,18 a	37,58 c	10,33 a	61,00	1,70 b
Siriema Vermelho	31,02 c	46,83 b	14,16 a	75,00 a	2,03 a
Sabiá 3989	34,66 c	47,01 b	11,65 a	94,00 a	2,10 a
Catimor UFV 5390	27,28 c	28,26 c	10,11 a	45,00 c	1,50 b

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 4 Médias de área foliar, comprimento de ramos, número de ramos, altura de plantas, diâmetro do caule de 15 cultivares de café arábica em São Sebastião do Paraíso, MG. Segunda época de avaliação. UFLA, Lavras, 2010

Cultivares	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Comprimento de ramos (cm)	Número de entre-nós	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do caule (cm)
Obatã Vermelho IAC 1669-20	72,16	69,91	21,16	154,00	4,40
Catucaí Amarelo 2 SL	55,43	61,75	21,25	153,66	4,26
Paraíso MG H 419-1	54,95	60,25	19,91	150,33	4,43
Pau-Brasil MG 1	44,35	70,41	23,50	156,66	4,76
Palma 2	55,58	58,66	17,58	157,33	4,50
Catucaí Vermelho IAC 99	57,71	58,83	20,75	150,66	4,26
Rubi MG 1192	42,68	67,41	21,91	152,00	4,23
Topázio MG 1190	42,39	61,75	21,25	155,00	4,53
Bourbon Amarelo IAC 06	41,32	67,35	18,18	185,00	5,10
Mundo Novo IAC 379-19	46,65	63,08	15,16	170,00	4,83
Icatú Precoce IAC 3282	47,93	84,66	23,58	195,33	5,00
Catiguá MG 2	65,38	65,08	18,50	153,33	4,70
Siriema Vermelho	55,75	60,25	18,41	154,66	4,40
Sabiá 3989	29,41	74,75	19,75	198,33	4,70
Catimor UFV 5390	54,32	54,25	16,36	143,66	3,80

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

#### **4.1.1 Área Foliar (AR)**

Nas avaliações de primeira época da área foliar as cultivares estudadas foram separadas em três grupos distintos quanto ao desenvolvimento dessa característica. Nas avaliações, não houve influência do tipo de porte da cultivar no maior ou menor desenvolvimento das folhas. Ainda nesse contexto as cultivares de porte alto, não necessariamente apresentaram maior desenvolvimento de folhas, ocorrendo no grupo intermediário e inferior quanto a essa característica. Para as avaliações realizadas na segunda época, as cultivares foram separadas em quatro grupos distintos. Nesse aspecto as cultivares de porte alto não necessariamente apresentaram maiores áreas foliares em função de seu porte. No estudo dessa característica vegetativa cabe ressaltar o desempenho entre as épocas das cultivares Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Catiguá MG2, em relação as demais cultivares estudadas.

Sabe-se que a área foliar é importante para a captação de energia luminosa e realização da fotossíntese. Maior área foliar sugere maior superfície de interceptação de luz, o que resulta em taxas fotossintéticas mais elevadas. A quantidade de área foliar é um indicativo de produtividade para a cultura. Segundo Rena e Maestri, (1986), são necessários 20 cm<sup>2</sup> de área foliar para a formação de um fruto.

#### **4.1.2 Comprimento de Ramos plagiotrópicos (CR)**

O crescimento de ramos também apresentou diferenças entre as cultivares estudadas. Os resultados do primeiro ano de avaliação permitem separar as plantas em três grupos distintos. Pode-se observar que os menores comprimentos de ramos foram observados nas cultivares oriundas de Híbrido de Timor: Paraíso MG H 419-1, Catiguá MG 2 e Catimor UFV 5390.

O aumento do comprimento dos ramos plagiotrópicos, quando acompanhado pelo aumento do número de nós, é também uma importante característica a ser considerada na seleção de cultivares superiores, pois pode significar aumento de produção. O maior comprimento de ramos plagiotrópicos, concomitantemente com maior número de nós, significa potencial de frutificação abundante, pela diferenciação de gemas seriadas e cabeça-de-série em frutos (RENA; MAESTRI, 1986). No campo é comum a previsão de safras por meio da avaliação do crescimento (do ano anterior) dos ramos plagiotrópicos (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002).

Para os resultados da segunda avaliação, novamente as cultivares foram separadas em dois grupos quanto as diferenças entre o crescimento dos ramos em comprimento. Nesse caso nota-se que a cultivar Mundo Novo IAC 379/19 apesar de ser classificada como de porte alto, apresentou menor crescimento quando comparado com as demais de porte alto. Inversamente, cultivares de porte baixo, apresentaram maior comprimento de ramos como é o caso: Pau\_Brasil MG1, Rubi MG 1192 e Sabiá 3989, comportamento semelhante ao desenvolvimento de cultivares de porte alto. Dessa forma, sugere-se que essas cultivares possa ter experimentado um crescimento inicial mais rápido, em estruturas de sustentação da produção como é o caso de ramos, quando comparado com as demais de porte baixo para o período avaliado.

#### **4.1.3 Número entre-nós (NE)**

Para as avaliações do número de entre-nós pode-se observar que para a primeira época de avaliação não houve diferenças significativa entre as cultivares utilizadas no estudo. Nas avaliações da segunda época, os resultados mostraram dentre as cultivares de porte alto apenas a Icatu Precoce IAC 3282, apresentou maior número de entre-nós, quando comparado com as demais de

porte alto. Nesse caso o menor comprimento de ramos parece ter influenciado negativamente o número de entre-nós para a cultivar Mundo Novo IAC 379/19. Nas análises das cultivares de porte baixo, podemos observar no caso: Paraíso MG H 419-1, Catuaí Vermelho IAC 99, Topázio MG 1190 e Catucaí Amarelo 2SL apresentaram menores comprimentos de ramos, entretanto o número de entre-nós foi maior.

Freitas (2004), que estudando características fenológicas de cafeeiros arábica no agreste de Pernambuco, verificou que cultivares de porte baixo, como os Catuaís vermelho e amarelo, apresentaram menor comprimento e número de ramos plagiotrópicos em relação as cultivares de porte mais alto. Freitas et al.(2003), analisando cultivares de café arábica em Roraima, aos seis e doze meses após o plantio, verificaram em seu trabalho que os diferentes materiais testados apresentaram o mesmo número de ramos plagiotrópicos.

Esses resultados associados aos resultados obtidos no presente estudo, mostram claramente o comportamento dos diferentes cultivares em função do ambiente que se encontram. Características vegetativas são fortemente influenciadas pelo ambiente e no caso de cafeeiros tal interação é fundamental para estudos e recomendações de cultivares nas diversas regiões produtoras de café.

#### **4.1.4 Altura de plantas (AP)**

As avaliações de altura de plantas mostraram que houve diferenças entre o crescimento dessa característica entre as épocas e cultivares avaliadas bem como no incremento ao longo das avaliações. Os resultados de primeiro ano distinguiram as cultivares em três grupos distintos, especialmente quanto ao porte da cultivar. Assim cultivares como Bourbon Amarelo IAC 06, Mundo Novo IAC 379/19 e Icatu Precoce IAC 3282, ocorreram nos grupo de maiores

valores de altura, juntamente com algumas cultivares classificadas como de porte baixo. Fato esse que sugere um maior crescimento dessas outras cultivares similar ao crescimento de cultivares de porte alto, ou seja, também apresentaram um rápido crescimento inicial. Para a segunda época de avaliação, apenas as cultivares de porte alto: Bourbon Amarelo IAC 06 e Icatu Precoce IAC 3282 apresentaram comportamento típico de crescimento de cultivares de porte alto, com maiores valores de altura quando comparado com as demais.

Observa-se que a cultivar Icatú Precoce IAC 3282 enquadra-se nos grupos de maior altura e diâmetro de caule, fato já constatado por Fazuoli (1986). Dias (2003), estudando o crescimento vegetativo de 25 cultivares de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) em Lavras, MG, observou ampla variação para a altura média de plantas, destacando-se as cultivares de porte alto, como os Icatu vermelho e amarelo, além do Mundo Novo IAC 376-4 e o Acaiá Cerrado MG 1474, porém não observou diferenças significativas no incremento percentual na altura média das plantas. Segundo Adão(2002), o desenvolvimento em altura das plantas, nas condições de plantios adensados, serve como parâmetro na escolha de cultivares para plantios nessas condições.

#### **4.1.5 Diâmetro de caule (DC)**

Na análise dos resultados de diâmetro de caule observa-se que em relação à época de avaliação, as cultivares de porte alto apresentaram maiores valores quando comparado com as demais, ficando no grupo de maiores valores para essa característica, diferindo estatisticamente do segundo grupo menores tamanhos de diâmetro de caule. A exceção ocorreu para a cultivar Icatu Precoce IAC 3282. Para as avaliações de segunda época, nota-se a separação das cultivares em mais grupos, quanto às diferenças entre as médias obtidas. Nesse caso não houve uma separação esperada em função do porte da cultivar, onde no

grupo que se concentrou as cultivares de porte alto, também ocorreram as cultivares: Sabiá 3989, Siriema Vermelho, Catiguá MG 2 e Pau-Brasil MG 1.

Freitas (2004) menciona que o incremento no diâmetro de caule de cafeeiros em formação é uma característica genética bem definida, observado na fase adulta. Conforme Adão (2002), o diâmetro do caule é fortemente influenciado por diversos fatores tais como: qualidade de mudas no plantio, espaçamento, luminosidade, nutrição, características físicas e químicas do solo, entretanto, pode haver uma proporcionalidade entre diâmetro de caule e altura de planta. No presente estudo as plantas em estádios iniciais de crescimento, globalmente apresentaram essa distinção de maiores e menores diâmetros, diminuindo esse comportamento ao longo do desenvolvimento das plantas. Nesse contexto cabe ressaltar o baixo desempenho dessa característica para a cultivar Catimor UFV 5390, caracterizada por uma baixa estabilidade de produção.

#### **4.2 Potencial hídrico foliar**

Os resultados da análise comparativa do potencial hídrico são apresentados na Tabela 5.

O comportamento do potencial hídrico mostrou diferenças significativas, a 5%, para as cultivares analisadas, caracterizando dois grupos distintos. Em um grupo de menor potencial hídrico, os valores médios variaram de -1,57 a -1,10 MPa e, em outro, de maior potencial hídrico, os valores variaram de -1,0 a -0,60 MPa.

Tabela 5 Variações no potencial hídrico nas 15 cultivares de *Coffea arabica* analisadas. UFLA, Lavras, MG, 2010

<b>Cultivar</b>	<b>Potencial hídrico <math>\psi</math> (MPa)</b>
Obatã Vermelho IAC 1669-20	-0,80 b
Catucaí Amarelo 2SL	-0,90 b
Paraíso MG H 419-1	-1,33 a
Pau-Brasil MG 1	-0,60 b
Palma 2	-1,40 a
Catuai Vermelho IAC 99	-1,57 a
Rubi MG 1192	-1,10 a
Topázio MG 1190	-1,17 a
Bourbon Amarelo IAC 06	-1,00 b
Mundo Novo 379/19	-1,00 b
Icatu Precoce IAC 3282	-0,87 b
Catiguá MG 2	-1,20 a
Siriema Vermelho	-1,30 a
Sabiá 3989	-1,20 a
Catimor UFV 5390	-0,90 b

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

Destaca-se o grupo das cultivares com maior potencial hídrico, formado pelas cultivares Pau-Brasil MG 1 e Obatã Vermelho IAC 1669-20 (valores foram próximos a -0,6 MPa e -0,80 MPa, respectivamente) (Tabela 4), juntamente com as cultivares Mundo Novo IAC 379-19, Icatu Precoce IAC 3282, Catimor UFV 5390, Catucaí Amarelo 2 SL e Bourbon Amarelo IAC 06, que tiveram potenciais hídricos, em média, até -1,0 MPa. Silva et al. (2008) verificaram, na cultivar Catuaí Vermelho, sob condições de irrigação, valores de potencial hídrico foliar bastante superiores aos encontrados no presente trabalho. Contudo, sem irrigação, a maioria das cultivares estudadas demonstrou valores muito próximos aos encontrados no trabalho de Silva et al. (2008). Valores de potencial hídrico na ordem de -1,5 MPa parecem pouco afetar a fotossíntese em condições de campo (GOLBERG et al., 1988; DAMATTA et al., 2007). Assim, pode-se afirmar que, provavelmente, não ocorreu estresse hídrico nem efeitos na

fotossíntese, pois todas as cultivares em estudo apresentaram valores de potencial hídrico até -1,5 MPa, com exceção da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99. Entretanto, acredita-se que possam ter ocorrido diferenças no crescimento, decorrentes da redução no potencial hídrico, visto que a água é um componente essencial para a expansão celular (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Dessa forma, estádios como o desenvolvimento dos frutos podem ser prejudicados e as cultivares com maior potencial hídrico podem se mostrar mais aptas ao desenvolvimento normal e à produção em condições de déficit hídrico.

### **4.3 Produção de café beneficiado (kg/planta)**

A produção média, em kg/planta, das cultivares, considerando-se os anos de 2008 e 2009, é apresentada na Tabela 6. Para comparações entre as cultivares, procedeu-se à análise de médias utilizando o teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares estudadas, o que pode ser visto na Tabela 6, com a formação de três grupos distintos, no primeiro ano de produção (2008) e em dois grupos distintos, no segundo ano (2009).

Tabela 6 Produção média, em kg/planta, considerando-se os anos de 2008 e 2009, em 15 cultivares de *Coffea arabica* L., em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, MG, 2010

Variedades	Produção (kg/pl)		Média
	2008	2009	
Obatã Vermelho IAC 1669-20	4,13a	3,00a	3,56
Catucaí Amarelo 2SL	4,20a	2,07a	3,13
Paraíso MG H 419-1	1,67b	2,73a	2,20
Pau-Brasil MG 1	4,23a	2,37a	3,30
Palma 2	3,50a	4,17a	3,83
Catuai Vermelho IAC 99	1,97b	2,27a	2,12
Rubi MG 1192	2,23b	3,07a	2,65
Topázio MG 1190	4,33a	2,73a	3,53
Bourbon Amarelo IAC 06	0,50c	0,70b	0,60
Mundo Novo IAC 379/19	0,40c	1,03b	0,71
Icatu Precoce IAC 3282	2,33b	3,30a	2,81
Catiguá MG2	2,13b	2,20a	2,16
Siriema Vermelho	2,00b	1,53b	1,76
Sabiá 3989	0,23c	0,37b	0,30
Catimor UFV 5390	1,50b	2,00a	1,75

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

No primeiro grupo, os maiores valores de produção foram observados para as cultivares Topázio MG 1190, Catucaí Amarelo 2 SL, Pau-Brasil MG 1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Palma 2, que produziram, em média, cerca de 4 kg/planta no primeiro ano. No segundo ano de produção (2009), essas cultivares mantiveram-se no grupo das mais produtivas, apesar de tratar-se de ano de baixa produção em função da bienalidade de produção, que é uma característica fisiológica própria dos cafeeiros. Essas cinco cultivares citadas tiveram, no ano de 2009, produtividade média de 2,87 kg por planta, ou seja, queda de 28,25%, com destaque para a cultivar Palma 2, que apresentou aumento de 19,14% em 2009, sendo, provavelmente, menos influenciada pelas condições climáticas e pela bienalidade.

Verifica-se, ainda na Tabela 6, que, no ano de 2009, outras cultivares fizeram parte do grupo mais produtivo, como as cultivares Paraíso MG H 419-1, Rubi MG 1192, Icatu Precoce IAC 3282, Catuaí Vermelho IAC 99, Catiguá MG 2 e Catimor UFV 5390, obtendo acréscimo de produção, destacando-se dentre estas as cultivares Rubi MG 1192 e Icatú precoce IAC 3282 com produção acima de 3 kg/planta. Nas condições de São Sebastião do Paraíso, as cultivares que menos se adaptaram, com menores produções por planta, foram Bourbon Amarelo IAC 06, Mundo Novo IAC 379-19, Siriema Vermelho e Sabiá 3989.

Sabe-se que as cultivares Catuaí Vermelho IAC 99 e a Rubi estão entre as mais plantadas e produtivas na região de São Sebastião do Paraíso. Neste estudo, elas confirmaram essa tendência, estando dentre as mais produtivas, com produção crescente de 1,97 kg/planta, no primeiro ano, para 2,27 kg/planta no segundo ano, para a cultivar Catuaí Vermelho e de 2,23 kg/planta, para 3,07 kg/planta para a cultivar Rubi, podendo ser utilizadas como parâmetro de referências para outras cultivares, pois são mais conhecidas e adaptadas à região em estudo.

Com estes resultados, verifica-se a possibilidade de influência do ambiente sobre as cultivares, corroborando, dessa forma, as afirmações de Bartholo e Chebabi (1985), que sugeriram a instalação de um mesmo ensaio em múltiplos locais, quando se visa a seleção de novas cultivares de cafeeiros.

#### **4.4 Anatomia foliar**

Os resultados da anatomia foliar das cultivares em estudo permitem inferir tendências que explicam as variações no potencial hídrico das mesmas. A cultivar Bourbon Amarelo IAC 06, dentre as que apresentaram maior potencial hídrico, se encontra entre as cultivares com maior espessura de cutícula de ambas as faces da epiderme, enquanto a cultivar Catiguá MG 2, com as menores

espessuras da cutícula, está na faixa com os menores potenciais hídricos (Tabelas 5 e 7). Devido à sua natureza lipídica, a cutícula mais espessa tem a propriedade de evitar a perda de água por transpiração, constituindo-se num importante mecanismo de tolerância ao déficit hídrico (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Dessa forma, um maior espessamento da cutícula permite às cultivares maior tolerância ao estresse hídrico, enquanto um menor espessamento da cutícula indica baixa adaptabilidade a essas condições. Diferenças nas espessuras foliares são características dos genótipos e foram verificadas para diferentes espécies e híbridos de café sob estresse hídrico (RAMIRO et al., 2004).

Tabela 7 Variações na espessura dos tecidos foliares (em  $\mu\text{m}$ ) e na proporção em plantas de 15 diferentes cultivares de *Coffea arabica*. UFLA, Lavras, MG, 2010

Cultivares	CTA	CTB	EAD	EAB	PPA	PES	LIM	NER
Bourbon Amarelo IAC 06	4,6 a	4,5 a	20,9 b	16,1 a	75,0 a	165,8 b	295,0 c	1257,4 b
Catiguá MG2	3,4 c	2,8 b	24,4 a	17,1 a	68,8 b	160,6 b	285,1 c	1320,4 a
Catimor UFV 5390	5,0 a	3,5 b	23,0 a	15,4 a	72,9 a	176,8 b	304,6 b	1229,6 b
Catuaí Vermelho IAC 99	4,1 b	3,9 a	20,9 b	17,3 a	65,1 b	170,6 b	292,1 c	1195,8 b
Catuaí Amarelo 2SL	4,8 a	4,0 a	21,2 b	15,9 a	67,6 b	186,2 a	305,4 b	1231,9 b
Icatu Precoce IAC 3282	4,3 b	4,5 a	20,2 b	16,0 a	69,4 b	159,6 b	281,9 c	1219,5 b
Mundo Novo IAC 379/19	4,9 a	4,1 a	19,9 b	17,6 a	64,5 b	162,2 b	281,6 c	994,6 d
Obatã Vermelho IAC 1669-20	4,5 b	4,1 a	19,6 b	16,3 a	76,8 a	192,0 a	321,2 b	1391,6 a
Palma 2	5,1 a	4,4 a	24,4 a	17,6 a	81,0 a	206,4 a	346,8 a	1124,7 c
Paraíso MGH 419-1	5,0 a	4,5 a	18,3 b	16,7 a	68,4 b	170,1 b	291,0 c	1179,4 c
Pau-Brasil MG 1	4,3 b	4,5 a	20,1 b	16,5 a	60,6 b	162,7 b	276,4 c	1085,1 d
Rubi MG 1192	4,9 a	4,7 a	19,7 b	15,6 a	63,2 b	155,8 b	272,0 c	1170,9 c
Sabiá 3989	5,1 a	4,1 a	20,7 b	15,4 a	73,0 a	195,8 a	322,1 b	1152,5 c
Siriema Vermelho	4,8 a	4,6 a	20,3 b	16,9 a	72,3 a	182,5 a	309,4 b	1301,2 a
Topázio MG 1190	5,2 a	4,3 a	24,9 a	15,7 a	76,9 a	149,3 b	284,1 c	1074,0 d

CTA = espessura da cutícula da face adaxial das folhas; CTB = espessura da cutícula da face abaxial das folhas; EAD = espessura da epiderme da face adaxial; EAB = espessura da epiderme da face abaxial; PPA = espessura do parênquima paliçádico; PES = espessura do parênquima esponjoso; LIM = espessura do limbo; NER = espessura da nervura central. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, para  $P < 0,05$ .

A epiderme da face adaxial demonstrou modificações, sendo que, das cultivares que exibiram maior espessura de epiderme, apenas a Catimor UFV 5390 está na faixa de maior potencial hídrico (Tabelas 5 e 7).

A epiderme da face abaxial não se modificou nas diferentes cultivares, à exceção das cultivares Catiguá MG2 e Catimor UFV 5390, que tiveram cutículas menos espessas (Tabela 7). Grisi et al. (2008), estudando a caracterização de folhas de duas cultivares de cafeeiro sob condições de estresse hídrico, não observaram diferenças significativas para os valores da epiderme abaxial. A incidência de radiação, de forma geral, é maior na face adaxial das folhas e, por isso, as respostas da face abaxial não são facilmente observadas, como acontece na face adaxial. Segundo Grisi et al. (2008), a cutícula parece ser mais importante para a redução da transpiração do que a espessura da epiderme. As cultivares Catiguá MG 2, Topázio MG 1190, Palma 2 e Catimor UFV 5390 demonstraram maiores espessuras de epiderme adaxial, sendo que as três primeiras se encontram dentre as de menor status hídrico.

A espessura do parênquima paliçádico exibiu diferenças entre as cultivares analisadas, conforme pode ser visto na Tabela 7. As cultivares de maior potencial hídrico, Bourbon Amarelo IAC 06 e Catimor UFV 5390, juntamente com as cultivares Obatã Vermelho IAC 1669-20, Sabiá 3989, Topázio MG 1190, Siriema Vermelho e Palma 2, de menores potenciais hídrico, tiveram os maiores resultados para a espessura do parênquima paliçádico. As cultivares Catiguá MG 2, Rubi MG 1192, Paraíso MG H 419-1 e Catuaí Vermelho IAC 99, de menores potenciais hídricos, apresentaram também menor espessura de parênquima paliçádico. O parênquima paliçádico está intimamente relacionado com a fotossíntese e um maior desenvolvimento desse tecido pode permitir maior fixação de CO<sub>2</sub> com uma abertura dos estômatos em curto espaço de tempo (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009), fazendo que a eficiência do uso

da água aumente por reduzir a transpiração e, assim, tendo maiores condições de sobreviver e de reproduzir em um ambiente de estresse hídrico (JONES, 1992).

O parênquima esponjoso aumentou em espessura apenas nas cultivares Catucaí Amarelo 2 SL, Obatã Vermelho IAC 1669-20, Sabiá 3989, Palma 2 e Siriema Vermelho, de potenciais hídricos mais baixos (Tabelas 5 e 7). Dessa forma, as cultivares de maior potencial hídrico, Bourbon Amarelo IAC 06 e Catimor UFV 5390, parecem ter maior desenvolvimento do parênquima paliçádico em detrimento do parênquima lacunoso. Assim, pode-se sugerir que essas plantas proporcionaram uma fotossíntese mais rápida do que o fato de potencialmente armazenar o CO<sub>2</sub> no parênquima esponjoso (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

A maior espessura do limbo foliar, verificada na cultivar Palma 2, deveu-se, provavelmente, às maiores espessuras apresentadas pelas cutículas, epidermes e parênquimas paliçádico e esponjoso. Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), alterações ocasionadas pelo estresse hídrico estão relacionadas a outros fatores, como altas temperaturas e radiação excessiva. Plantas de café submetidas a condições de maior intensidade de radiação, sem sombreamento, apresentaram maiores médias da espessura do limbo foliar, o que é típico de folhas de sol que respondem primariamente a uma limitação hídrica do que pelo excesso de temperatura (NASCIMENTO et al., 2006). Maiores espessuras do limbo foliar são características que visam minimizar o aquecimento foliar com do aumento da espessura dos parênquimas clorofilianos, a fim de que haja absorção, canalização e dispersão da energia, não prejudicando as atividades foliares. Segundo os mesmos autores, células alongadas no parênquima estão relacionadas à redução na resistência do mesofilo ao dióxido de carbono e correlacionadas com aumento de fatores que são potencialmente limitantes do processo fotossintético, como a atividade enzimática, o transporte de elétrons e a condutância estomática.

Analisando-se a espessura da nervura central (Tabela 7), constatou-se que as cultivares Catiguá MG 2, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Siriema Vermelho apresentaram maior espessura da nervura, sendo superiores às demais, inclusive às cultivares Bourbon Amarelo IAC 06 e Catimor UFV 5390, de maior potencial hídrico. Cultivares de menor potencial hídrico, como Mundo Novo IAC 379-19, Pau-Brasil MG 1 e Topázio MG 1190, apresentaram também menor espessura da nervura. O aumento da nervura central pode ser relacionado com um maior fluxo de fotossintatos e água na planta. Assim, é possível a translocação de mais água necessária à manutenção da turgidez celular nas folhas, fato essencial para o correto metabolismo. O maior espessamento do floema permite maior translocação de carboidratos, que são importantes para a manutenção do crescimento da planta e para o desenvolvimento dos frutos em uma relação fonte-dreno (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Para o diâmetro polar dos estômatos, não houve diferenças significativas para as cultivares estudadas, da mesma forma que para a relação diâmetro polar/equatorial (Tabela 8). Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), os estômatos de formato elipsoide, que apresenta maior valor em relação ao diâmetro polar, indica maior funcionalidade. Para o diâmetro equatorial dos estômatos, os maiores valores foram encontrados nas cultivares Sabiá, Topázio MG 1190, Siriema Vermelho e Icatu Precoce IAC 3282. Entretanto, esse aumento não foi significativo para alterar a funcionabilidade, pela relação DP/DE.

Tabela 8 Diferenças nas características estomáticas de 15 cultivares de *Coffea arabica*. UFLA, Lavras, MG, 2010

Cultivares	DP	DE	DP/DE	DEN
Bourbon Amarelo IAC 06	24,3 a	16,9 b	1,5 a	244,7 a
Catiguá MG2	24,9 a	17,1 b	1,5 a	179,7 c
Catimor UFV 5390	23,2 a	16,0 b	1,5 a	216,0 b
Catuaí Vermelho IAC 99	24,9 a	16,7 b	1,5 a	197,8 c
Catucaí Amar. 2 SL	25,7 a	16,7 b	1,6 a	225,5 b
Icatu Precoce IAC 3282	23,6 a	17,3 a	1,4 a	191,6 c
Mundo Novo IAC379-19	23,9 a	16,7 b	1,4 a	161,8 d
Obatã Vermelho IAC1669-20	32,5 a	16,1 b	2,0 a	206,3 b
Palma 2	25,4 a	16,4 b	1,6 a	208,2 b
Paraíso MGH 419-1	25,7 a	17,0 b	1,5 a	184,1 c
Pau-Brasil MG 1	24,2 a	16,6 b	1,5 a	211,8 b
Rubi MG 1192	24,3 a	16,6 b	1,5 a	187,3 c
Sabiá 3989	25,8 a	18,1 a	1,4 a	217,0 b
Siriema Vermelho	26,3 a	17,7 a	1,5 a	169,4 d
Topázio MG 1190	25,5 a	17,9 a	1,4 a	189,2 c

DP = diâmetro polar dos estômatos (em  $\mu\text{m}$ ); DE = diâmetro equatorial dos estômatos (em  $\mu\text{m}$ ); DP/DE = relação entre os diâmetros estomáticos; DEN = densidade estomática ( $\text{n}^\circ$  por  $\text{mm}^2$ ).

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), condições ambientais, como estresse hídrico alteram o tamanho e a densidade dos estômatos, no intuito de auxiliar a planta na tolerância dessa condição. Em ambientes com menor disponibilidade hídrica, verifica-se diminuição no tamanho dos estômatos, para que haja menor perda de água pela transpiração e o simultâneo aumento de sua densidade, contribuindo, assim, para o equilíbrio das trocas gasosas. Esses fatos podem compensar a perda de área foliar, que é comum em plantas sob estresse hídrico, como relatado por Pinto et al. (2008), que verificaram redução na área foliar e no número de folhas de diferentes espécies sob estresse hídrico, fato também relatado por Mendes et al. (2007), que verificaram, ainda, redução na

produção de frutos e sementes do feijão de corda sob estresse hídrico. Os estômatos se destacam na produção vegetal por serem a porta de entrada do CO<sub>2</sub> (SILVA; ALQUINI; CAVALLET, 2005).

A densidade estomática foi maior na cultivar Bourbon Amarelo IAC 06 e um pouco mais reduzida nas cultivares Catimor UFV 5390, Catucaí Amarelo IAC 2 SL, Obatã Vermelho IAC 1669-20, Palma2, Pau-Brasil MG 1 e Sabiá 3989. As menores densidades foram verificadas nas cultivares Mundo Novo IAC 379-19 e Siriema Vermelho. O aumento na densidade estomática pode ser relacionado com maior capacidade das plantas em captar o CO<sub>2</sub> da atmosfera e, dessa forma, aumentar a eficiência fotossintética por permitir que mais desse gás seja fixado (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

DaMatta (2004) cita que uma das maiores restrições para a produção de café sob estresse hídrico pode ser a queda na assimilação de CO<sub>2</sub>, decorrente da restrição na condutância estomática. Dessa forma, as cultivares com maior densidade estomática podem ser mais eficientes em condições de déficit hídrico, pois permitem que mais carbono seja fixado, promovendo, assim, maior desenvolvimento e produção.

Assim sendo, as cultivares apresentam diferentes respostas potenciais ao déficit hídrico e as cultivares Bourbon Amarelo IAC 06 e a Catimor UFV 5390 apresentam-se dentre as de melhor condição hídrica. Com a necessidade de expansão das fronteiras do cultivo de café (BLINSKA et al., 2009), estas podem ser potenciais cultivares para a utilização nas regiões semiáridas do nordeste e do norte de Minas Gerais, gerando empregos e renda, pois essa atividade requer o uso mais intensivo de mão de obra (MELLO; ADAMI; RUDORFF, 2001). Pode, ainda, possibilitar estudos de monitoramento que visem à previsão de safra com essas cultivares nas áreas selecionadas, contribuindo para um melhor desempenho do mercado cafeeiro, que é desejável, como a questão levantada por Moreira, Adami e Rudorff (2004).

Essas cultivares se destacam também por características foliares mais adaptadas a condições de déficit hídrico como cutícula adaxial mais espessa, maior espessura de parênquima paliçádico e maior densidade estomática que permitem que essas plantas reduzam a transpiração e uma maior eficiência fotossintética, sendo potencialmente mais produtivas nas condições de deficiência hídrica.

## 5 CONCLUSÕES

As cultivares Topázio MG 1190, Catucaí Amarelo 2SL, Pau-Brasil MG 1, Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Palma 2 se destacaram em relação às demais, para a produção inicial como mais indicadas para a região de São Sebastião do Paraíso, MG.

As características anatômicas encontradas nas cultivares avaliadas são fatores indicativos para uma seleção de materiais tolerantes ao déficit hídrico em áreas aptas ao cultivo, porém, com restrições hídricas.

A avaliação do potencial hídrico e a caracterização anatômica das plantas poderão ser importantes instrumentos no apoio ao melhoramento genético do cafeeiro, em relação à escolha de cultivares tolerantes ao déficit hídrico.

## REFERÊNCIAS

ADÃO, W. A. **Análise de cultivares do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de características morfológicas e agronômicas**. 2002. 59 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ALFONSI, R. R. Histórico climatológico da cafeicultura brasileira. **Informativo Garcafé**, Garça, n. 52, maio 2000. Disponível em: <<http://www.garcafe.com.br/edic52/5206gead.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2004.

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 35-58.

BARROS, R. S. et al. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 20, n. 107, p. 44-52, jan. 1973.

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

BLINSKA, F. M. M. et al. Custo de produção do café nas principais regiões produtoras do país. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 9, p. 5-20, 2009.

CAMARGO, A. P. de. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 13-26, 1985.

CAMARGO, A. P. de; SALATI, E. Determinação da temperatura letal de folhagem de cafeeiro em noite de geada. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 14, p. 61-63, dez. 1966.

CARVALHO, A.; MONACO, L. C. Genetic relationship of selected coffee species. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 161-165, 1967.

CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; VANDERVOSSSEN, H. A. M. Café Icatú como fonte de resistência a *Colletotrichum coffeanum*. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p. 343-345, 1976.

- CARVALHO, C. H. S. **Relação entre seca de ramos e a morte de raízes de progênies de Catimor UFV 1359**. 1985. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.
- CARVALHO, C. H. S. et al. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. 334 p.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Divulgação da previsão de safra de café 2010-2011**. Brasília, 2010. 15 p.
- COSTA, M. J. N. et al. Resistência de progênies de café catimor à ferrugem. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 121-130, set./out. 2007.
- COSTA, W. N. Relação entre o grau de resistência a *Hemileia vastatrix* e produtividade do café Icatú. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 11, p. 1-19, 1978.
- DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.
- DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.
- DAMATTA, F. M. ; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 55-81, Jan./Mar. 2006.
- DAMATTA, F. M. ; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologia na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 93-135.
- DIAS, F. P. **Caracterização de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de técnicas multivariadas**. 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

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

\_\_\_\_\_. Cultivares de café Arábica de Porte Alto. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 227-254.

\_\_\_\_\_. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p. 86-113.

FAZUOLI, L. C. et al. Avaliação de progênie e seleção no cafeeiro Icatú. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 16, p. 179-189, 1983.

FAZUOLI, L. C. et al. Seleção do café Icatú em Mococa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9., 1981, São Lourenço. **Anais...** São Paulo: SBC, 1981. p. 178-181.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476 p.

FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. 702 p.

FRANCO, C. M. Descoloração em folhas de cafeeiros, causada pelo frio. **Bragantia**, Campinas, v. 15, p. 131-135, 1956.

\_\_\_\_\_. Lesão do colo do cafeeiro causada pelo calor. **Bragantia**, Campinas, v. 20, p. 345-652, 1961.

FREITAS, F. N. et al. Cultivares de café promissores em Roraima. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: Consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café, 2003. p. 232-233.

FREITAS, Z. M. T. S. **Características fenológicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em pós plantio no agreste de Pernambuco**. 2004. 52 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

GOLBERG, A. D. et al. Effects and after-effects of water stress on chlorophyll fluorescence transi-entsin *Coffea canephora* Pierre and *Coffea arabusta* Capot and Aké Assi. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 32, n. 1, p. 11-16, 1988.

GOMIDE, M. B. et al. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 118-123, jul./dez. 1977.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuaí' e 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.

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

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Culturas intercalares. In: \_\_\_\_\_. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 247-257.

HUERTA, S. A. Comparacion de métodos de laboratorio y de campo, para medir el área foliar del cafeto. **Cenicafé**, San José, v. 13, n. 1, p. 33-42, 1962.

JONES, H. G. **Plants and microclimate**. Cambridge: Cambridge University, 1992. 428 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 451 p.

MATIELLO, J. B. Critérios para a escolha da cultivar de café. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 129-140.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA-PROCAFÉ, 2002. 387 p.

MELLO, E. V. Cafeicultura no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 565-646.

MELO, B. de; BARTHOLO, G. F.; MENDES, A. N. G. Café: variedades e cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 92-96, 1998.

- MELO, H. C. et al. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoeheia**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 145-153, 2007.
- MENDES, R. M. S. et al. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.
- MONACO, L. C.; CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Germoplasma do café Icatú e seu potencial no melhoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p. 103.
- MORAES, R. M. et al. Determinação de sólidos solúveis em café arábica e canephora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p. 374.
- MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 223-231, mar. 2004.
- NASCIMENTO, E. A. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 852-857, maio/jun. 2006.
- PINHEIRO, H. A. et al. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, London, v. 96, n. 1, p. 101-108, Jan. 2005.
- PINTO, C. M. et al. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. São Paulo: Globo, 1989. 359 p.
- RAMIRO, D. A. et al. Anatomical characterization of leaves from coffee plants resistant and susceptible to leaf miner. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 363-367, 2004.

RENA, A. B.; CARVALHO, C. H. S. Causas abióticas da seca de ramos e morte de raízes em café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 197-222.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade do cafeeiro. Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p. 13-85.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations**: biometrical genetics. New York: Pergamon, 1959. 186 p.

SCHOLANDER, P. F. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, New York, v. 148, p. 339-346, 1965.

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

SILVA, C. A. et al. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro ‘Catuai’ em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21-25, jan./fev. 2008.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Interrelações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 183-194, jan./fev. 2005.

THOMAZIELLO, R. A. et al. **Café arabica**: cultura e técnicas de produção. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000. 81 p. (Boletim Técnico, 187).

**ANEXO**

Tabela 1A Produtividade média, em sacas beneficiadas/hectare, considerando-se os anos de 2008 e 2009, em 15 cultivares de *Coffea arabica* L., em São Sebastião do Paraíso. UFLA, Lavras, MG, 2010

CULTIVARES	2008	2009	Média produção sacas/ha
	Produção sacas/ha	Produção sacas/ha	
Obatã Vermelho IAC 1669-20	38,24	27,8	33,02
Catucaí Amarelo 2 SL	38,9	19,5	29,20
Paraíso MGH 419-1	15,46	25,0	20,23
Pau-Brasil MG 1	39,16	14,8	26,98
Palma 2	32,4	38,9	35,65
Catuaí Vermelho IAC 99	18,24	21,3	19,77
Rubi MG 1192	20,64	28,7	24,67
Topázio MG 1190	40	18,5	29,25
Bourbon Amarelo IAC 06	4,6	6,5	5,55
Mundo Novo IAC 379-19	3,7	9,3	6,50
Icatu Precoce IAC 3282	21,6	30,6	26,10
Catiguá MG 2	19,72	20,4	20,06
Siriema Vermelho	18,51	13,9	16,21
Sabiá 3989	2,31	2,8	2,56
Catimor UFV 5390	13,9	18,5	16,20

Tabela 2A Dados médios mensais de precipitação (mm) e temperatura (C°), em São Sebastião do Paraíso, MG, de 2005 a 2008. UFLA, Lavras, MG, 2010

Ano	Caracteres	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2005	Precipitação	344,1	102,7	128,2	75,3	202,4	14,1	38	3,6	98,7	95,3	294,1	161,3
2005	Temperatura	24,3	23,7	24,5	23,4	19,9	19,4	18,1	20,4	22,1	24,7	22,9	22,7
2006	Precipitação	289,8	206,4	190,9	38	2,6	12	0	20,6	42,3	183,6	291,6	447
2006	Temperatura	23,6	23,9	23,7	21,8	18,2	18,4	18,6	20,6	21,3	22,6	23	23,9
2007	Precipitação	526,3	288,6	131,2	81,6	84	7	86,6	0	32	62,1	144,6	154,6
2007	Temperatura	23,5	23,8	23,9	22,9	19	18,4	18,4	20,1	22,7	23,8	23,1	23,8
2008	Precipitação	549,3	164,6	197,9	174,4	74,8	43,8	0					
2008	Temperatura	23	23,4	22,7	21,9	18,5	19	17,8					