

CARACTERIZAÇÃO DA ANATOMIA FOLIAR DO CAFEIEIRO ARÁBICA APÓS PERÍODOS CHUVOSO E SECO¹

Rachel Benetti Queiroz-Voltan², Carla Fernanda Nardin³, Luiz Carlos Fazuoli⁴, Masako Toma Braghini⁵

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

² Pesquisadora, M. Sc., Centro de Recursos Genéticos Vegetais/IAC, Campinas-SP, rachelqv@iac.sp.gov.br

³ Assistente, M. Sc., Centro de Recursos Genéticos Vegetais /IAC, Campinas-SP, carlanardin@iac.sp.gov.br

⁴ Pesquisador Aposentado, Bolsista Consórcio Pesquisa Café, Dr., Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do café “Alcides Carvalho”/IAC, Campinas-SP, fazuoli@iac.sp.gov.br

⁵ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, B.Sc., Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do café “Alcides Carvalho”/IAC, Campinas-SP, mako@iac.sp.gov.br

RESUMO: A seca é um dos fatores que limitam o desenvolvimento e a produtividade dos cafeeiros. O objetivo desse trabalho foi estudar a anatomia de folhas desenvolvidas em períodos chuvoso e seco, de onze genótipos de *Coffea arabica* L., descritos anteriormente como tolerantes ou sensíveis ao déficit hídrico, visando identificar caracteres estruturais de tolerância à seca. Foram mensuradas diversas características da planta: dimensões e índice estomático; espessura das epidermes e do mesofilo; diâmetro do pecíolo e da nervura principal; espessura do floema e xilema e, diâmetro e frequência de elementos de vasos do xilema na nervura principal e no pecíolo. Diferenças observadas na estrutura foliar dos genótipos avaliados entre as condições de desenvolvimento da folha (períodos chuvoso e seco), indicaram haver uma plasticidade anatômica favorável às condições de seca. As estratégias anatômicas foliares desenvolvidas pelo cafeeiro, no período seco, que foram consideradas como adaptativas foram: maiores espessuras do parênquima paliçádico e do limbo total e, maiores raios do floema e xilema no pecíolo e na nervura principal. Deste modo, Geisha, Semperflorens, BA10, IAC H 8105-7 (‘Catuaí Vermelho IAC 81’ X BA10), IAC H 8421-2 (‘Mundo Novo IAC 471-5’ X BA10) e as cultivares Catuaí Vermelho IAC 81 e Catuaí Vermelho IAC 144 foram considerados os genótipos que apresentaram características anatômicas que favorecem maior tolerância à seca.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea*, adaptações estruturais, mesofilo, tolerância à seca.

CHARACTERISTICS SPECTS OF VARIATION IN LEAF ANATOMY OF ARABIC COFFEE AFTER RAINY PERIODS AND DRY

ABSTRACT: Drought is one of the factors limiting the coffee development and crop yield. The aim of this work was to study the anatomy of leaves grown in the rainy and dry seasons, in eleven *Coffea arabica* L. genetic materials, previously described as tolerant or sensitive under water stress, to identify structural features of drought tolerance. Was measured several plant characteristics: dimensions and stomatal index, thickness of the epidermis and mesophyll, diameter of the petiole and midrib, thickness of the phloem and xylem and frequency and size of vessel elements of xylem in the midrib and the petiole. Differences in leaf structure of genotypes and between conditions of leaf development (rainy and dry), suggested a favorable anatomical plasticity to drought conditions. The anatomical strategies developed by the coffee leaves to adapt to water stress, are: thicker palisade parenchyma and total leaf, thicker phloem and xylem radius in the petiole and midrib. Thus, we consider as the most adapted to drought conditions: Geisha, Semperflorens, BA 10, IAC H 8105-7 (‘Catuaí Vermelho IAC 81’ X BA 10), IAC H 8421-2 (‘Mundo Novo IAC 471-5’ X BA 10) and Catuaí Vermelho IAC 81 and Catuaí Vermelho IAC 144 cultivars.

KEY WORDS: *Coffea*, structural adaptations, mesophyll, drought tolerance.

INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica no solo é um dos principais fatores ambientais que limitam o desenvolvimento das plantas e sua produtividade. O cafeeiro é muito afetado pelo déficit hídrico e, diminuições na oferta de água podem reduzir o seu crescimento, mesmo não sendo visíveis os caracteres externos de deficiência hídrica. Portanto, o conhecimento dos mecanismos que as plantas utilizam para se manterem túrgidas em condições de déficit de água, é importante para a obtenção de cultivares tolerantes à seca. A estrutura foliar geralmente é um bom indicador da disponibilidade de água e luz presente no habitat de uma espécie. Genótipos que ocorrem em ambientes secos e ensolarados geralmente possuem folhas mais espessas, maiores massas específicas e densidade estomática, menores dimensões das células do mesofilo e com poucos espaços intercelulares, cutícula espessa, dentre outros, quando comparados com os desenvolvidos em ambientes úmidos e sombreados.

O estudo da anatomia foliar é relevante porque é nesse órgão onde ocorre a maior taxa de perda de água da planta através da transpiração e evaporação. Este trabalho objetivou estudar a variação da anatomia foliar, de diferentes

materiais genéticos de *Coffea arabica* L., após períodos chuvoso e seco, visando identificar estruturas adaptativas de tolerância à seca em genótipos indicados como promissores para essa condição.

MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas em onze materiais genéticos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), pertencentes ao Banco de Germoplasma do IAC, sendo seis da coleção, três dos experimentos de progênies EP 131 e dois do experimento EP 516, instalados no Centro Experimental de Campinas/IAC-SP. Os materiais genéticos avaliados foram: 1- Semperflorens (Coleção 6), 2- BA10 (Coleção 2), 3- Nacional (Coleção 9), 4- Gláucia (Coleção 7), 5- Geisha (Coleção 1), 6- 'Catuaí Vermelho IAC 81' (Coleção 4); 7- IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA10) EP 131 planta 91, 8- IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA10) EP 131 planta 188, 9- 'Catuaí Vermelho IAC 81' EP 131 planta 31; 10- 'Catuaí Vermelho IAC 144' EP 516 planta 678; 11- IAC Catuaí SH3 ('Catuaí Vermelho IAC 46' X BA10) EP 516 planta 2450 (em geração avançada de seleção). A escolha por esses materiais genéticos foi baseada nos resultados obtidos por Mazzafera e Carvalho (1987), Almeida et al. (2007) e observações efetuadas por pesquisadores do Centro de Café 'Alcides Carvalho' em plantas do Banco de Germoplasma do IAC, que apresentaram características de tolerância à seca. Além disso, também foram incluídos nas análises do presente trabalho os genótipos Nacional e Gláucia, que apresentaram sensibilidade em observações de campo.

Foram coletadas cinco folhas totalmente expandidas do terço superior de cada planta, de ramos plagiotrópicos, localizados na face voltada para o norte. As folhas foram retiradas do 3º nó do ramo, a partir do ápice, em dois períodos do ano de 2011, chuvoso (abril) e seco (setembro). Segmentos de 0,25 cm² foram retirados da região mediana do limbo e da região da nervura principal e também, segmentos de 0,5 cm do pecíolo. Estas amostras foram fixadas em solução de formaldeído-ácido acético-álcool etílico 50%, desidratadas em série alcoólica-etélica, incluídas em parafina e seccionadas em micrótomo rotativo manual a 10 µm. As lâminas foram coradas com safranina-azul de alcian e analisadas com o auxílio de um microscópio óptico acoplado a uma câmera digital.

Estimou-se a densidade de estômatos e das células epidérmicas na face abaxial, para se obter o índice estomático (IE) que, segundo Cutter (1986), é um valor razoavelmente constante, afetado em grande parte somente pela umidade. Os diâmetros polar e equatorial dos estômatos também foram mensurados. As espessuras das faces da epiderme e do mesofilo foram mensuradas e, do somatório destas, obteve-se a espessura total do limbo. Estimou-se também o diâmetro do pecíolo e da nervura principal e nestes, o diâmetro da medula e os raios do córtex, floema e xilema da face abaxial. O diâmetro e a frequência de elementos de vasos do xilema foram estimados no pecíolo e na nervura principal. O diâmetro do elemento de vaso foi mensurado a partir das suas paredes internas, no vaso localizado na região central de cada campo óptico amostrado. Foram obtidas 50 medidas aleatórias por genótipo de cada estrutura anatômica em cada época do ano, utilizando-se o 'software Motic Image Plus'. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As folhas de cafeeiro sofrem alterações na sua morfologia interna e externa, em resposta às variações ambientais. Observaram-se diversas alterações na sua estrutura, entre as folhas desenvolvidas no período chuvoso e naquelas desenvolvidas após um período de baixa disponibilidade hídrica (período seco) e entre os materiais genéticos.

Neste trabalho, a maioria dos genótipos apresentou maior índice estomático (IE) no período de seca, com exceção dos genótipos Semperflorens e do Geisha que tiveram diminuição do IE. O IE dos genótipos IAC H 8105-7, 'Catuaí Vermelho IAC 144' e IAC Catuaí SH3, não diferiram entre os períodos (Tabela 1). As dimensões dos estômatos foram menores no período seco, embora não tenham sido significativas em alguns genótipos. Além do IE ser menor no período de seca nos genótipos Semperflorens e Geisha, os estômatos também apresentarem menores dimensões.

No período seco, ocorreu um maior espessamento em ambas as faces da epiderme nos genótipos Semperflorens, BA 10 e IAC Catuaí SH3, enquanto que no genótipo Gláucia, as epidermes foram menos espessas (Tabela 2). Quase todos os genótipos aumentaram a espessura do parênquima paliçádico no período seco, com exceção do genótipo Nacional que diminuiu e, dos genótipos Gláucia, IAC H 8421-2 e IAC Catuaí SH3 que não variaram, representando uma resposta anatômica adaptativa desfavorável. A espessura do parênquima esponjoso também aumentou no período seco nos genótipos Semperflorens, Nacional, Geisha, IAC H 8105-7, 'Catuaí Vermelho IAC 144', e nas duas plantas de 'Catuaí Vermelho IAC 81' (coleção e EP 131), porém, diminuiu no genótipo Gláucia (Tabela 3).

O aumento da espessura total do limbo dos genótipos no período seco foi devido principalmente ao aumento da espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso, exceto no Nacional, que foi devido ao aumento do parênquima esponjoso (Tabela 3). Por outro lado o cafeeiro Gláucia apresentou uma espessura total do limbo menor devido a uma diminuição do parênquima esponjoso. Os genótipos da coleção: Semperflorens, BA 10, Geisha, 'Catuaí Vermelho IAC 81' e 'Catuaí Vermelho IAC 81' do EP 131, foram os que apresentaram uma espessura maior do parênquima paliçádico no período seco e maior espessura total do limbo. As folhas do cafeeiro Semperflorens eram menores do que as folhas dos demais, característica esta, muitas vezes vantajosa em condições de seca. O cafeeiro Gláucia, no período seco, apresentou diversos caracteres anatômicos desfavoráveis ao estresse hídrico, tais como: diminuição da espessura da epiderme em ambas as faces e do mesofilo e, conseqüentemente, da espessura total do limbo. O aumento na espessura do mesofilo, resulta em maior resistência de difusão nos espaços intercelulares.

Tabela 1. Índice estomático (IE) e diâmetros polar e equatorial dos estômatos de materiais genéticos de *Coffea arabica* L., estimados no período de chuva (abril) e de seca (setembro) do ano de 2011.

Materiais Genéticos ⁽¹⁾	Diâmetro dos estômatos (µm)							
	IE		Polar				Equatorial	
	Chuva	Seco	Chuva		Seco		Chuva	Seco
Coleção	1	18,39 abcB	16,76 aA	32,14 bcB	29,80 bA	23,77 bB	19,66 bcA	
	2	19,16 bcA	21,83 cB	30,85 bA	29,53 bA	22,54 bB	19,61 bcA	
	3	18,62 abcA	22,40 cB	29,17 abA	29,72 bA	19,86 aA	19,94 cA	
	4	18,00 abA	22,76 cB	27,75 aA	27,61 aA	19,41 aA	18,50 aA	
	5	20,09 cB	18,61 abA	28,70 aB	26,88 aA	19,61 aB	18,86 abA	
	6	17,04 aA	18,95 bB	28,13 aB	27,28 aA	18,64 aA	18,19 aA	
EP 131	7	20,54 aA	21,71 aA	27,06 aA	27,21 aA	17,89 aA	18,48 aA	
	8	18,85 aA	22,05 aB	30,18 bB	28,17 aA	20,80 cB	18,94 aA	
	9	18,76 aA	21,15 aB	29,07 bB	27,80 aA	19,19 bB	18,35 aA	
EP 516	10	21,14 bA	20,66 bA	28,02 aA	28,84 aA	19,84 aB	18,97 aA	
	11	19,11 aA	18,82 aA	29,09 bA	28,87 aA	19,54 aB	18,87 aA	

⁽¹⁾ 1- Semperflorens (Coleção 6), 2- BA 10 (Coleção 2), 3- Nacional (Coleção 9), 4- Gláucia (Coleção 7), 5- Geisha (Coleção 1), 6- 'Catuaí Vermelho IAC 81' (Coleção 4), 7- IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10) EP 131 planta 91, 8- IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) EP 131 planta 188, 9- 'Catuaí Vermelho IAC 81' EP 131 planta 31; 10- 'Catuaí Vermelho IAC 144' EP 516 planta 678, 11- IAC Catuaí SH3 ('Catuaí Vermelho IAC 46' X BA 10) EP 516 planta 2450. Letras minúsculas iguais na vertical entre os materiais genéticos de cada local e, maiúsculas iguais na horizontal entre os períodos de chuva e seco, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O diâmetro do pecíolo aumentou no período seco em cinco genótipos (Semperflorens, Geisha, IAC H 8105-7, IAC H 8421-2 e IAC Catuaí SH3,) e diminuiu em três (BA 10, Nacional e Gláucia). O diâmetro na nervura principal também aumentou nos genótipos Semperflorens, IAC H 8421-2, 'Catuaí Vermelho 81' (EP 131) e 'Catuaí Vermelho IAC 144' e, diminuiu nos genótipos BA 10 e Nacional (Tabela 4). O cafeeiro Semperflorens foi o que apresentou a maior variação entre os períodos chuvoso e seco, tanto no pecíolo, quanto na nervura foliar, indicando ser um genótipo com características anatômicas favoráveis para tolerar um estresse hídrico. No período seco, os genótipos da coleção que apresentaram um raio maior de floema no pecíolo foram Semperflorens e Geisha, e nos ensaios EP 131 e EP 516 foram os genótipos IAC H 8105-7 e IAC Catuaí SH3, respectivamente. Os maiores raios do xilema foram observados no período de seca no cafeeiro Geisha, da coleção e nos genótipos IAC H 8105-7 e IAC Catuaí SH3, dos experimentos EP 131 e EP 516, respectivamente. Porém, na nervura principal, o maior raio do floema foi observado no genótipo 'Catuaí Vermelho IAC 81' (EP 131), enquanto que o raio do xilema foi maior nos genótipos Geisha, IAC H 8105-7 e IAC H 8421-2. É importante assinalar que o espessamento dos feixes vasculares possibilita um maior fluxo de seiva elaborada e de água e sais minerais na época seca, conferindo a essas plantas, características adaptativas favoráveis em condições de restrição hídrica.

A frequência de elementos de vasos do xilema (VF) diminuiu no período seco no genótipo Semperflorens, no pecíolo e na nervura principal, enquanto que no cafeeiro Nacional diminuiu somente no pecíolo (Tabela 5). O VF aumentou no período seco no pecíolo dos genótipos: Gláucia, 'Catuaí Vermelho IAC 81' (coleção), IAC H 8105-7, IAC H 8421-2 e 'Catuaí Vermelho IAC 144' e, na nervura foliar no Nacional, IAC H 8105-7, 'Catuaí Vermelho IAC 81' (EP 131) e 'Catuaí Vermelho IAC 144'. Segundo Carlquist (1977), elementos de vasos mais estreitos resistem mais a altas pressões na coluna d'água. Portanto, quanto maior a frequência de vasos e menor o seu diâmetro, menor a chance de haver embolia de ar devido ao estresse hídrico, prejudicando seriamente a condução da água e sais minerais na planta.

O genótipo Geisha, descrito como tolerante por Fazuoli et al. (2012) e como intermediário por Almeida et al. (2007) e, o genótipo Semperflorens descrito como tolerante por Almeida et al. (2007), apresentaram diversas características anatômicas de tolerância ao período de baixa disponibilidade hídrica, tais como: maiores espessuras do parênquima paliçádico, do limbo total, do raio do floema e do xilema, tanto no pecíolo como na nervura principal. Porém, o diâmetro do vaso do xilema, que era estreito no período chuvoso no genótipo Semperflorens, aumentou no período seco, enquanto que no genótipo Geisha, permaneceu inalterado. As dimensões dos estômatos diminuíram no período seco nos dois materiais, bem como o índice estomático.

O genótipo BA10 descrito como tolerante à seca por Mazzafera e Carvalho (1987) e como intermediário por Almeida et al. (2007), desenvolveu um parênquima paliçádico e um limbo foliar mais espesso no período seco e, menor diâmetro dos vasos do xilema na nervura foliar. A espessura dos feixes vasculares também diminuiu no período seco e o índice estomático aumentou.

A cultivar Catuaí Vermelho IAC 81, descrita por Almeida et al. (2007) como sendo de tolerância intermediária à seca, neste trabalho, apresentou um aumento no índice estomático e menores diâmetro dos estômatos no período seco. Tiveram também um aumento do parênquima paliçádico e do limbo total neste período porém, o raio do xilema do pecíolo e do limbo foliar diminuíram. A frequência de vasos do xilema aumentou na seca, enquanto que o diâmetro diminuiu.

Os híbridos F1 IAC H 8105-7 e IAC H 8421-2, originários dos cruzamentos BA10 X 'Catuaí Vermelho IAC 81' e BA10 X 'Mundo Novo IAC 471-5', respectivamente, considerados como tolerantes ao estresse hídrico por Almeida et al. (2007), divergiram nas características anatômicas favoráveis à estas condições. Apenas o genótipo IAC H 8421-2 apresentou aumento no índice estomático e redução das dimensões dos estômatos, enquanto que em relação à espessura da folha, somente o IAC H 8105-7 aumentou o parênquima paliçádico e o limbo total. Ambos genótipos aumentaram o raio dos feixes vasculares no pecíolo, enquanto que na nervura foliar houve aumento dos feixes vasculares apenas no genótipo IAC H 8421-2 no período seco. A frequência de vasos do xilema do pecíolo aumentou nos dois híbridos, mas na nervura foliar o aumento ocorreu apenas no híbrido IAC H 8105-7.

O genótipo IAC Catuaí SH3, embora originado de um híbrido de 'Catuaí Vermelho IAC 46' com BA10 (tolerante), não apresentou alterações anatômicas favoráveis no período seco. Do mesmo modo, os genótipos Nacional e Glúcia, também não apresentaram as alterações anatômicas descritas acima como favoráveis para tolerar as condições de seca e, confirmaram as observações preliminares de campo de serem materiais sensíveis.

Tabela 2. Espessura (μm) das epidermes adaxial e abaxial de materiais genéticos de *Coffea arabica* L., estimadas no período de chuva (abril) e de seca (setembro) do ano de 2011.

Materiais Genéticos ⁽¹⁾	Epiderme				
	Adaxial		Abaxial		
	Chuva	Seco	Chuva	Seco	
Coleção	1	25,53 abA	27,68 bB	20,38 aA	21,81 abB
	2	25,76 abcA	28,21 bB	22,38 aA	23,65 bB
	3	26,86 bcA	27,58 bA	21,07 aA	21,22 aA
	4	26,99 bcB	24,42 aA	23,06 aB	21,38 aA
	5	25,17 aA	26,65 bB	23,21 aA	21,83 abA
	6	27,08 cA	26,91 bA	22,24 aB	20,52 aA
EP 131	7	24,75 aA	25,99 bB	21,38 aA	22,37 bA
	8	27,19 bA	26,84 bA	22,79 bB	21,33 bA
	9	24,26 aA	24,52 aA	21,17 aB	19,31 aA
EP 516	10	26,25 aA	26,45 aA	22,14 bA	20,37 aA
	11	25,56 aA	26,87 aB	19,95 aA	22,03 bB

⁽¹⁾ 1- Semperflorens (Coleção 6), 2- BA 10 (Coleção 2), 3- Nacional (Coleção 9), 4- Glúcia (Coleção 7), 5- Geisha (Coleção 1), 6- 'Catuaí Vermelho IAC 81' (Coleção 4), 7- IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10) EP 131 planta 91, 8- IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) EP 131 planta 188, 9- 'Catuaí Vermelho IAC 81' EP 131 planta 31; 10- 'Catuaí Vermelho IAC 144' EP 516 planta 678, 11- IAC Catuaí SH3 ('Catuaí Vermelho IAC 46' X BA 10) EP 516 planta 2450. Letras minúsculas iguais na vertical entre os materiais genéticos e, maiúsculas iguais na horizontal entre os períodos de chuva e seco, não diferem entre si pelo Tukey a 5%.

Tabela 3. Espessuras (μm) dos parênquimas paliçádico e esponjoso e do total do limbo, de materiais genéticos de *Coffea arabica* L., estimadas no período de chuva (abril) e de seca (setembro) do ano de 2011.

Materiais Genéticos ⁽¹⁾	Parênquima				Total do Limbo		
	Paliçádico		Esponjoso		Chuva	Seco	
	Chuva	Seco	Chuva	Seco			
Coleção	1	49,35 aA	65,52 cB	129,89 aA	157,77 bcB	225,14 aA	272,78 bcB
	2	54,85 bA	72,92 dB	135,23 abA	143,88 bA	238,22 bA	268,67 bcB
	3	50,81 aB	45,05 aA	129,55 aA	170,46 cB	228,28 abA	264,32 bB
	4	58,97 cA	57,01 bA	141,86 bB	117,04 aA	250,88 cB	219,85 aA
	5	49,96 aA	78,08 dB	134,86 abA	158,03 bcB	233,20 abA	284,59 cB
	6	47,88 aA	76,12 dB	134,26 abA	150,34 bB	231,47 abA	273,89 bcB
EP 131	7	51,85 bA	57,27 aB	129,69 bA	138,99 aB	227,67 bA	244,62 aB
	8	60,32 cA	60,03 aA	134,51 bA	140,65 aA	244,81 cA	248,85 aA
	9	45,52 aA	69,24 bB	121,56 aA	163,50 bB	212,51 aA	276,58 bB
EP 516	10	49,65 aA	55,66 bB	134,66 aA	158,20 bB	232,70 aA	260,67 bB
	11	50,95 aA	48,01 aA	134,28 aA	129,36 aA	230,73 aA	226,26 aA

⁽¹⁾ 1- Semperflorens (Coleção 6), 2- BA 10 (Coleção 2), 3- Nacional (Coleção 9), 4- Glúcia (Coleção 7), 5- Geisha (Coleção 1), 6- 'Catuaí Vermelho IAC 81' (Coleção 4), 7- IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10) EP 131 planta 91, 8- IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) EP 131 planta 188, 9- 'Catuaí Vermelho IAC 81' EP 131 planta 31; 10- 'Catuaí Vermelho IAC 144' EP 516 planta 678, 11- IAC Catuaí SH3 ('Catuaí Vermelho IAC 46' X BA 10) EP 516 planta 2450. Letras minúsculas iguais na vertical entre os materiais genéticos e, maiúsculas iguais na horizontal entre os períodos de chuva e seco, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Mensurações médias (μm) do diâmetro (d) do pecíolo e da nervura foliar principal e das espessuras do floema (rf) e do xilema (rx) da face abaxial de materiais genéticos de *Coffea arabica* L., estimadas após os períodos de chuva (abril) e de seca (setembro) do ano de 2011.

Materiais Genéticos ⁽¹⁾	d		Rf		Rx		
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	
PECÍOLO							
Coleção	1	1584,50 aA	2087,10 bcB	92,68 aA	137,05 cB	132,61 aA	176,84 bB
	2	2280,60 dB	1860,00 bA	130,81 cB	117,69 bA	229,77 dB	162,08 bA
	3	2163,90 cdB	1977,90 bcA	131,79 cB	97,55 aA	187,34 cB	141,02 aA
	4	1878,40 bB	1660,50 aA	97,74 aA	92,86 aA	178,46 cB	164,82 bA
	5	1718,00 aA	1914,70 bB	110,06 bA	145,47 cB	157,19 bA	225,49 cB
	6	2034,00 cA	1952,60 bcA	114,58 bA	115,65 bA	175,38 cB	160,13 bA
EP 131	7	1969,20 bA	2246,20 cB	116,29 bA	139,02 cB	195,73 bA	222,37 cB
	8	1841,50 aA	1987,90 aB	102,97 aA	116,30 aB	171,98 aA	181,64 bB
	9	2070,30 cA	2098,20 bA	120,11 bA	126,05 bA	202,88 bB	160,31 aA
EP 516	10	2044,30 bA	2003,60 aA	105,34 aA	107,62 aA	200,69 bB	157,07 aA
	11	1870,60 aA	1994,60 aB	109,22 aA	130,16 bB	182,08 aA	185,42 bA
NERVURA FOLIAR							
Coleção	1	789,00 aA	1081,60 cB	54,30 bA	68,06 bB	85,05 aA	116,89 abB
	2	1126,80 eB	1030,90 bcA	69,62 cA	67,08 bA	152,50 cB	126,94 bA
	3	1035,20 dB	981,60 abA	64,68 cA	67,60 bA	132,82 bB	108,74 aA
	4	914,50 bA	926,06 aA	45,50 aA	50,61 aB	124,69 bA	122,24 bA
	5	974,10 cA	1033,20 bcA	56,09 bA	63,56 bB	123,53 bA	143,07 cB
	6	1097,50 eA	1092,70 cA	64,46 cA	67,54 bA	126,98 bB	119,55 abA
EP 131	7	1180,50 cA	1228,60 bA	73,01 cA	70,23 aA	155,16 bA	162,65 cA
	8	916,70 aA	1126,10 aB	55,40 aA	62,44 aB	135,13 aA	146,47 bB
	9	1072,20 bA	1157,90 aB	65,93 bA	78,82 bB	137,88 aB	124,71 aA
EP 516	10	992,10 aA	1112,30 bB	65,85 bA	69,23 bA	128,50 aB	117,90 aA
	11	998,60 aA	1016,60 aA	58,79 aA	59,65 aA	127,28 aA	124,82 aA

⁽¹⁾ 1- Semperflorens (Coleção 6), 2- BA 10 (Coleção 2), 3- Nacional (Coleção 9), 4- Gláucia (Coleção 7), 5- Geisha (Coleção 1), 6- 'Catuaí Vermelho IAC 81' (Coleção 4), 7- IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10) EP 131 planta 91, 8- IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) EP 131 planta 188, 9- 'Catuaí Vermelho IAC 81' EP 131 planta 31; 10- 'Catuaí Vermelho IAC 144' EP 516 planta 678, 11- IAC Catuaí SH3 ('Catuaí Vermelho IAC 46' X BA 10) EP 516 planta 2450. Letras minúsculas iguais na vertical entre os materiais genéticos de cada local e, maiúsculas iguais na horizontal entre os períodos de chuva e seco, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No que se refere aos resultados obtidos neste trabalho, sugere-se que os genótipos Geisha, Semperflorens, BA 10, IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10), IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) e os genótipos das cultivares Catuaí Vermelho IAC 81 e Catuaí Vermelho IAC 144, apresentaram características anatômicas favoráveis para tolerar condições de seca tais como maiores espessuras do parênquima paliádico, do limbo total e do raio dos feixes vasculares do pecíolo e na nervura principal.

CONCLUSÕES

Sugerimos que os materiais genéticos que apresentam, no período seco, maiores espessuras do parênquima paliádico, do limbo total e do raio dos feixes vasculares do pecíolo e na nervura principal da folha, são aqueles que apresentam características anatômicas favoráveis para tolerar o déficit hídrico. Dentre os genótipos estudados, os que apresentam plasticidade anatômica que podem conferir potencial de tolerância ao estresse hídrico são: Geisha, Semperflorens, BA 10, IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10), IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) e as cultivares 'Catuaí Vermelho IAC 81' e 'Catuaí Vermelho IAC 144'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.A.S.; CARVALHO, C.R.L.; SILVAROLLA, M.B.; ARRUDA, F.; BRAGHINI, M.T.; FAZUOLI, L.C. Caracterização de respostas morfológicas e fisiológicas de diferentes genótipos de *Coffea* submetidos a estresse hídrico.

In: V SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2007, Águas de Lindóia, SP. V Simpósio de Pesquisas dos cafés do Brasil. Brasília – DF: Embrapa Café, 2007.

BACELAR, E.A.; MOUTINHO-PEREIRA, JM.; GONÇALVES, B.C.; FERREIRA, H.F.; CORREIA, C.M. changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany* 60:183-192. (2007).

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany* 64:887-896. (1977).

CUTTER, E. G. *Anatomia Vegetal: II: Órgãos: Experimentos e Interpretações*. 2. ed. São Paulo: Roca, 1986a. 336p.

FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M.T.; SILVAROLLA, M.B.; GUERREIRO FILHO, O. Heterosis and drought tolerance of F1 hybrids between the Catuaí Vermelho cultivar of *Coffea arabica* and introductions Geisha and Wush-Wush from Ethiopia. In: ASIC 2012 – 24nd International Conference on Coffee Science, 2012, San José, Costa Rica. 24nd International Conference on Coffee Science. Paris – França: Association Scientifique Internationale pour le Café (ASIC), 2012, 4p.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. *Bragantia* 46:403-415. (1987).

Tabela 5. Frequências de elementos de vasos do xilema (VF) e diâmetro dos vasos (VD), estimados no pecíolo e na nervura foliar principal, em materiais genéticos de *Coffea arabica* L., após períodos de chuva (abril) e de seca (setembro) de 2011.

Materiais Genéticos ⁽¹⁾	PECÍOLO				
	VF (vasos/mm ²)		VD		
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	
Coleção	1	2766,30 bB	1947,10 aA	16,76 aA	15,76 aA
	2	2043,10 aA	1915,70 aA	18,29 aA	18,79 cA
	3	2298,30 aB	1856,10 aA	16,91 aA	16,13 aA
	4	2150,70 aA	2457,30 cB	18,05 aB	16,37 abA
	5	2124,50 aA	2052,40 abA	16,97 aA	18,22 bcA
	6	2158,90 aA	2310,20 bcB	17,85 aB	16,34 abA
EP 131	7	1679,60 aA	1954,80 aB	19,05 bA	19,49 bA
	8	1888,20 bA	2076,10 aB	17,99 abA	19,35 bB
	9	1973,30 bA	2085,50 aA	17,42 aB	15,97 aA
EP 516	10	1667,00 aA	2184,50 aB	19,58 bB	16,28 aA
	11	2492,70 bA	2452,60 bA	16,18 aA	17,53 bB
Materiais Genéticos ⁽¹⁾	NERVURA FOLIAR				
	VF (vasos/mm ²)		VD		
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	
Coleção	1	4086,00 bB	2582,80 abA	14,51 aA	18,37 bcB
	2	2284,90 aA	2314,60 aA	21,15 cB	19,53 cA
	3	2439,00 aA	2985,10 bB	18,83 bB	16,54 aA
	4	2521,60 aA	2661,60 abA	19,72 bcB	17,30 abA
	5	2305,50 aA	2454,00 aA	18,71 bA	19,76 cA
	6	2363,80 aA	2716,50 abB	19,09 bB	17,62 abA
EP 131	7	1940,60 aA	2092,90 aB	20,70 bA	20,21 cA
	8	2365,70 cA	2418,60 bA	18,65 aA	18,80 bA
	9	2192,30 bA	2772,80 cB	18,61 aB	17,52 aA
EP 516	10	1903,90 aA	2708,00 aB	20,64 bB	18,01 aA
	11	2597,80 bA	2594,20 aA	16,96 aA	18,36 aB

⁽¹⁾ 1- Semperflorens (Coleção 6), 2- BA 10 (Coleção 2), 3- Nacional (Coleção 9), 4- Gláucia (Coleção 7), 5- Geisha (Coleção 1), 6- 'Catuaí Vermelho IAC 81' (Coleção 4), 7- IAC H 8105-7 ('Catuaí Vermelho IAC 81' X BA 10) EP 131 planta 91, 8- IAC H 8421-2 ('Mundo Novo IAC 471-5' X BA 10) EP 131 planta 188, 9- 'Catuaí Vermelho IAC 81' EP 131 planta 31; 10- 'Catuaí Vermelho IAC 144' EP 516 planta 678, 11- IAC Catuaí SH3 ('Catuaí Vermelho IAC 46' X BA 10) EP 516 planta 2450. Letras minúsculas iguais na vertical entre os materiais genéticos de cada local e, maiúsculas iguais na horizontal entre os períodos de chuva e seco, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.