

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS DE ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR EM CAFÉ ARÁBICA¹

Dyanna Rangel Pereira²; Mayanna Saad Adams³; Rhaiany Moreira dos Santos Costa³; José Antônio Maior Bono⁴; Denise Renata Pedrinho⁴; Luan Silva do Nascimento⁵; Eduardo Campos Rodrigues⁶; Túlio de Paula Pires⁷; Henrique Mendonça Bothrel⁸; Juliana Costa de Rezende Abrahão⁹; André Dominghetti Ferreira^{4,10}

¹Trabalho financiado pela FUNADESP, FUNDECT e UNIDERP

²Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia – UFLA, CNPq, dyannarangel@hotmail.com

³Graduanda em Agronomia - Uniderp, FUNADESP, mayannadams@gmail.com, rhaymoreirac@gmail.com

⁴Professor, DSc, Uniderp, Campo Grande – MS, bono@uniderp.edu.br, denise.pedrinho@uniderp.edu.br

⁵Mestrando em Produção e Gestão Agroindustrial – Uniderp, luan.nascimento.agro@gmail.com

⁶Graduando em Agronomia – UFLA, Consórcio Pesquisa Café, educamposrodrigues@gmail.com

⁷Graduando em Agronomia – UFLA, tuliopiresr@hotmail.com

⁸Graduando em Agronomia – UFLA, CNPq, henriquebothrel@gmail.com

⁹Pesquisadora, DSc, Epamig, Lavras – MG, julianacr@epamig.ufla.br

¹⁰Pesquisador, DSc, Embrapa Café, Lavras – MG, andre.dominghetti@embrapa.br

RESUMO: A área foliar de uma cultura é uma variável reconhecida por ser um indicativo da produtividade, já que o processo fotossintético ocorre a partir da interceptação da energia luminosa. Além disso, a estimativa da área foliar pode ser útil no entendimento de respostas das plantas a diferentes técnicas culturais em estudos agrônomicos e fisiológicos, bem como auxiliar no processo de seleção indireta, visando maximizar o ganho com a seleção em programas de melhoramento genético. Assim, objetivou-se com o trabalho comparar métodos não destrutivos de estimativa indireta da área foliar em mudas de cultivares de cafeeiro arábica, bem como verificar a possibilidade de utilização da equação proposta por Partelli et al. (2006) para mudas de cafeeiro conilon em mudas de cafeeiro arábica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Uniderp, Campo Grande - MS. Foram obtidas mudas de nove cultivares comerciais de café arábica, as quais tiveram todas as suas folhas avaliadas sete meses após a semeadura. Foram utilizados três métodos: Digital, com auxílio do software AutoCad para avaliação de imagens digitais; dimensões foliares, proposto por Barros et al. (1973) e comprimento da nervura central, proposto por Partelli et al. (2006). O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados com 20 repetições, sendo cada parcela constituída por uma muda e cada cultivar, um tratamento, totalizando 180 parcelas. Nota-se que as mudas das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Sarchimor MG8840 apresentam área foliar superior às demais cultivares avaliadas, independentemente do método de avaliação. Não houve diferença significativa entre os valores de área foliar estimados pelos métodos digital e de dimensões foliares proposto por Barros et al. (1973), de forma que ambos podem ser utilizados com precisão na estimativa da área foliar em *Coffea arabica* L. Já o método proposto por Partelli et al. (2006) para estimativa da área foliar em mudas de cafeeiro conilon apresentou valores subestimados de área foliar em mudas de cafeeiro arábica, não sendo adequado para estimativa desse caráter na espécie *Coffea arabica* L.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., cultivares, dimensões foliares.

COMPARISON AMONG NON-DESTRUCTIVE METHODS OF LEAF AREA ESTIMATION IN ARABICA COFFEE

ABSTRACT: The leaf area of crop is a variable recognized as being indicative of productivity, since the photosynthetic process occurs from the interception of light energy. In addition, leaf area estimation may be useful in understanding plant responses to different grow techniques in agronomic and physiological studies, as well as assisting in indirect selection process, in order to maximize the gain from selection in breeding programs. The aim of this work was to compare non-destructive methods of indirect estimation of leaf area in arabica coffee cultivars, as well as verify the possibility of using the equation proposed by Partelli et al. (2006) for conilon coffee in arabica coffee plants. The experiment was conducted in greenhouse at Uniderp, Campo Grande, MS. Seedlings of nine commercial cultivars of arabica coffee were obtained, all of which were evaluated seven months after sowing. Three methods were used: Digital, with the aid of AutoCad software to evaluate digital images; foliar dimensions, proposed by Barros et al. (1973) and central rib length, proposed by Partelli et al. (2006). The experiment was conducted in a randomized block design with 20 replicates, each plot consisting of one seedling and each cultivar, a treatment, totaling 180 plots. It was observed that the cultivars Catuaí Vermelho IAC 144 and Sarchimor MG8840 showed higher leaf area than the other evaluated cultivars, regardless of the evaluation method. There was no significant difference between the leaf area values estimated by the digital and leaf size methods proposed by Barros et al. (1973), so that both can be used with precision in the estimation of the leaf area in *Coffea arabica* L. The method proposed by Partelli et al. (2006) for leaf

area estimation in conilon coffee plants presented underestimated values of leaf area in arabica coffee plants and was not suitable for estimating this character in *Coffea arabica* L.

KEY WORDS: *Coffea arabica* L., cultivars, leaf dimensions.

INTRODUÇÃO

A produtividade da planta é consequência de uma série de processos e reações complexas que ocorrem durante seu crescimento e desenvolvimento, as quais são influenciadas por condições externas (NASYROV, 1978), como a quantidade de energia incidente, interceptada pela folha (área foliar), absorvida (excitação eletrônica), convertida (fixação de CO₂), redistribuída entre as partes do vegetal (translocação de assimilados) e metabolizada nas diferentes partes da planta (eficiência na utilização) (SILVA et al., 2011).

Assim, a área foliar de uma cultura é uma variável de crescimento reconhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade, uma vez que o processo fotossintético acontece a partir da interceptação da energia luminosa pelo dossel, seguida pela sua conversão em energia química, de forma que a superfície foliar é a base do rendimento potencial da cultura (FAVARIN, 2002).

Além disso, o conhecimento da área foliar da planta é fundamental para estudos agrônômicos e fisiológicos, envolvendo análise de crescimento, transpiração, e em pesquisas, quantificação de danos causados por pragas e doenças foliares (FERREIRA et al., 2015; FAVARIN et al., 2002; SILVA et al., 2011). Também o estudo da área foliar tem grande utilidade para a avaliação de respostas a técnicas culturais, como poda, adubação, espaçamento, aplicação de defensivos e manejo da irrigação (BLANCO E FOLEGATTI, 2005).

No aspecto prático, pode-se estimar a perda de água pela planta a partir da sua área foliar, já que a folha é o principal órgão envolvido no processo transpiratório, responsável pelas trocas gasosas com o ambiente (PEREIRA et al., 1997; FAVARIN et al., 2001), contribuindo, assim, para maior eficiência econômica na utilização da água em cultivos irrigados.

A avaliação da área foliar também pode auxiliar na seleção de genótipos em programas de melhoramento, uma vez que, além da seleção direta com base na produtividade, outras estratégias podem ser utilizadas visando maximizar os ganhos com a seleção, reduzindo a demanda por tempo e recursos (CRUZ et al., 2004). Um exemplo se refere à avaliação, em estádios iniciais de desenvolvimento, de caracteres vegetativos, como a área foliar, correlacionados a caracteres de importância, como a produtividade.

Os métodos de determinação da área foliar podem ser classificados em destrutivos ou não destrutivos e diretos ou indiretos. Os métodos destrutivos correspondem àqueles que exigem a retirada de partes da planta. Por outro lado, nos métodos não destrutivos não há necessidade de remover suas partes, apresentando como vantagem a preservação de sua integridade, o que permite a avaliação continuada na mesma planta. Os métodos diretos são baseados em medidas realizadas diretamente nas folhas, enquanto os indiretos são baseados na correlação conhecida entre uma variável biométrica mensurável e área foliar real (FLUMIGNAN et al., 2008).

Na cultura do café, diversos métodos são utilizados para a determinação da área foliar. Dentre estes, destacam-se os que relacionam a área foliar com as dimensões lineares das folhas (PEREIRA, 1987), graças ao baixo custo e relativa facilidade na obtenção de dados, quando se utilizam amostras de folhas, além de não serem necessariamente destrutivos (PEDRO JÚNIOR et al., 1986). Um dos métodos mais utilizados consiste na estimação da área foliar por meio de equações matemáticas envolvendo a medição do comprimento do limbo foliar, da maior largura da folha, ou ambos.

Barros et al. (1973) correlacionaram, por regressão linear, os valores de área encontrados pelo método gravimétrico, descrito por Kemp (1960) e Huerta e Alvim (1962) àqueles obtidos com as dimensões dos retângulos circunscritos aos limbos foliares. Com base nos resultados, os autores apresentaram uma equação de regressão para estimar a superfície foliar do cafeeiro arábica a partir das medidas de maior comprimento e largura da folha.

Já Partelli et al. (2006) estabeleceram equações de regressão para estimar a área foliar de cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) em mudas propagadas vegetativamente, bem como em plantas de diferentes idades cultivadas em pleno sol, ambas a partir da medição do comprimento da nervura central.

Métodos tradicionais de medição de área foliar têm sido substituídos por métodos computacionais, por meio da análise de imagens digitais. Câmeras digitais e scanners são disponibilizados no mercado a custos acessíveis, sendo promissores para trabalhos de campo, por serem portáteis, mais baratos que equipamentos comumente usados, como o Integrador de Área Foliar, além de permitirem determinações não destrutivas e, possivelmente, mais precisas que o método de dimensões foliares, principalmente em casos nos quais as folhas apresentam-se danificadas (FLUMIGNAN et al., 2008; SILVA et al., 2011). Segundo Henten e Bontsema (1995), o processamento de imagens pode ser utilizado como um método indireto e não destrutivo para determinar medidas de interesse em plantas.

A determinação da área foliar pelo método digital é realizada com base na escala e na resolução em que é obtida a imagem (pontos por polegada ou *dots per inch* – dpi), por meio de softwares que mensuram a área de cada elemento que compõe a imagem (pixel), dividindo a imagem em duas categorias: folha e não-folha, e integrando os elementos que pertencem à mesma categoria (FLUMIGNAN et al., 2008).

Diante do exposto, objetivou-se comparar métodos não destrutivos de estimativa indireta da área foliar em mudas de cultivares de cafeeiro arábica, bem como verificar a possibilidade de utilização da equação proposta por Partelli et al. (2006) para mudas de cafeeiro conilon em mudas de cafeeiro arábica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação na Universidade Anhanguera da Uniderp, Campo Grande - MS. Sementes de nove cultivares de café arábica (Tabela 1) foram coletadas em lavouras comerciais, selecionadas visualmente por tamanho e estágio de maturação e semeadas, em agosto de 2017, em sacos plásticos para mudas com capacidade de 1 litro, preenchidos com substrato comercial, sendo obtidas 20 mudas de cada cultivar.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos causalizados, com 20 repetições, sendo cada muda considerada uma parcela experimental e cada cultivar, um tratamento, totalizando 180 parcelas.

Sete meses após a semeadura foi determinada a área foliar (AF) de todas as folhas de cada muda por três métodos: a) Digital, por meio de fotografias digitais com resolução de 20 megapixels, sendo as folhas fotografadas à mesma distância e mesma posição da máquina, em fundo branco e próximas a uma escala de 10 cm. Após a obtenção das imagens, estas foram avaliadas no *software* AutoCad, ajustando-se a imagem à escala do programa por meio das escala presente nas imagens e calculando-se a área foliar a partir do contorno das folhas realizado com o comando polilinhas; b) Barros et al. (1973), por meio da equação de regressão $AF = 0,667.C.L$, em que AF é a área foliar, em cm²; C é o maior comprimento da folha, em cm; L é a maior largura da folha, em cm; c) Partelli et al. (2006), por meio da equação de regressão $AF = 0,2027.CNC^{2,1336}$, em que AF é a área foliar, em cm² e CNC é o comprimento da nervura central, em cm. Nos métodos de Barros et al. (1973) e Partelli et al. (2006), a medidas de comprimento e largura das folhas foram realizadas com régua.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o *software* SAS Learning Edition 4.1[®] (SAS Institute, 2006) e as médias comparadas pelo teste de Waller-Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre cultivares quanto à área foliar das mudas, de forma que, nos três métodos avaliados, houve superioridade das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Sarchimor MG8840 em relação às demais (Tabela 1). A maior área foliar dessas cultivares poderá implicar em maior produção por ocasião da primeira colheita, pois, de acordo com Partelli et al. (2006) as características morfológicas foliares, como a área foliar, estão diretamente relacionadas com a interceptação da luz, taxa fotossintética e crescimento da planta em geral, representando parâmetros importantes para a seleção de genótipos superiores.

Tabela 1. Valores médios das áreas foliares (cm²) determinadas em mudas de cultivares de café arábica por meio dos métodos digital, de Barros et al. (1973) e de Partelli et al. (2006).

Cultivares	Métodos		
	Digital	Barros et al (1973)	Partelli et al (2006)
Araponga MG1	17,982 a B	17,622 a B	14,409 b B
Catuaí Vermelho IAC 144	24,134 a A	23,151 a A	19,252 b A
Catuaí Vermelho IAC 99	17,095 a B	16,329 a B	13,304 b B
Catiguá MG2	18,579 a B	17,990 a B	15,929 b B
Paraíso MG H 419-1	17,726 a B	17,581 a B	15,300 b B
Pau Brasil	18,320 a B	18,472 a B	15,736 b B
Sarchimor MG8840	25,924 a A	25,451 a A	20,734 b A
Topázio MG1190	19,338 a B	18,968 a B	15,616 b B
Média	20,408 a	19,917 a	16,533 b
CV (%)	15,94	12,30	16,45

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Waller-Duncan a 5% de probabilidade.

Com relação à diferença entre métodos de determinação da área foliar numa mesma cultivar, observa-se na Tabela 1 que, para todas as cultivares avaliadas, não houve diferença significativa entre os métodos digital e o de dimensões foliares proposto por Barros et al. (1973). Flumignan et al. (2008) ao comparar dois métodos de determinação da área foliar, o método digital e o de dimensões foliares ajustadas pelo integrador foliar, observou excelente precisão entre estes para a determinação da área foliar em folhas não danificadas de café.

Por outro lado, as estimativas obtidas pelo método proposto por Partelli et al. (2006) apresentaram valores inferiores e diferença significativa para os outros métodos em todas as cultivares avaliadas, indicando que a área foliar de mudas de

café arábica é subestimada quando se utiliza essa equação de regressão validada para determinação de área foliar em mudas de *Coffea canephora*.

Maiores estimativas de área foliar foram obtidas, em todas as cultivares, aplicando-se o método digital. Assim, considerando o método digital como referência, pela sua maior precisão (FLUMIGNAN et al., 2008), foi realizado o ajuste de modelos lineares de regressão dos dados obtidos pelos métodos propostos por Barros et al. (1973) e Partelli et al. (2006) (Figura 1).

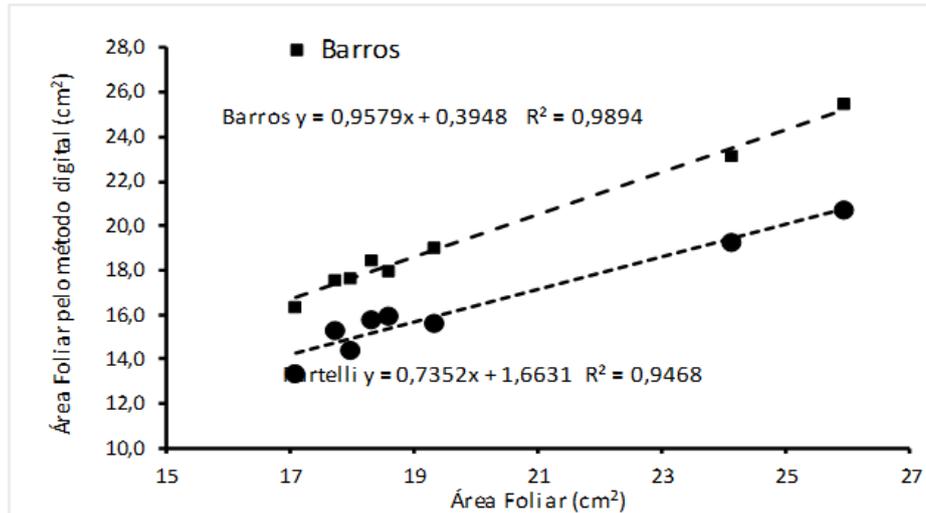


Figura 1. Correlação entre as áreas foliares em mudas de café arábica de diversas cultivares determinadas pelos métodos propostos por Barros et al. (1973) e Partelli et al. (2006) em comparação ao método digital.

Observa-se, pelo coeficiente de determinação (R^2) que o método proposto por Barros et al. (1973) apresenta maior correlação com o método digital ($R^2 = 0,989$) que o método proposto por Partelli et al. (2006) ($R^2 = 0,946$). Além disso, observa-se no modelo de regressão ajustado para o método de Barros et al. (1973) que o intercepto foi próximo de zero (0,3948), e que o valor do coeficiente angular foi muito próximo de um (0,9579), indicando plena concordância entre os valores medidos por ambos os métodos. Apesar da alta concordância entre esses métodos, o fato de o coeficiente angular estar abaixo da unidade reflete uma leve tendência de subestimação da área foliar pelo método de Barros et al. (1973), a qual também foi observada para este método por Tavares-Júnior et al. (2002).

Já para o método de Partelli et al. (2006), observa-se no modelo um coeficiente angular muito abaixo da unidade (0,7352), confirmando a subestimação de valores em relação ao método digital, bem como sua baixa qualidade na estimativa da área foliar em mudas de cultivares de *Coffea arabica*. Verifica-se também um valor de intercepto muito distante de zero (1,6631), evidenciando a não concordância entre os valores obtidos nos dois métodos.

Entende-se então que a equação de regressão proposta para determinação de área foliar em mudas de *Coffea canephora* não é adequada para estimação de área foliar em *Coffea arabica*, possivelmente devido às suas diferenças morfológicas que têm influência na obtenção da equação de regressão proposta pelo método. Segundo Souza et al. (2004), em geral, as folhas de cultivares de *Coffea arabica* são ovaladas ou sublanceoladas, com bordos ondulados, e medem cerca de 10 cm a 15 cm de comprimento por 4 cm a 6 cm de largura. Já em *Coffea canephora*, as folhas são maiores do que as variedades da espécie arábica, apresentando forma elíptica lanceolada e bordas onduladas.

Assim, recomenda-se o uso do método digital por apresentar maior precisão, principalmente quando as folhas apresentam lesões ou danos (FLUMIGNAN et al., 2008). Quando não for possível a utilização do método digital, o método de dimensões foliares proposto por Barros et al. (1973) apresenta boa precisão na estimativa indireta da área foliar em genótipos de *Coffea arabica*.

CONCLUSÕES

1. As mudas das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Sarchimor MG8840 apresentam área foliar superior às demais cultivares avaliadas;
2. Não houve diferença significativa entre os valores de área foliar estimados pelos métodos digital e de dimensões foliares proposto por Barros et al. (1973), de forma que ambos podem ser utilizados com precisão na estimativa da área foliar em *Coffea arabica* L.;
3. O método proposto por Partelli et al. (2006) para estimativa da área foliar em mudas de cafeeiro conilon apresentou valores subestimados de área foliar em mudas de cafeeiro arábica, não sendo adequado para estimativa desse caráter na espécie *Coffea arabica* L.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA-FILHO, L.J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. “Bourbon Amarelo”). **Revista Ceres**, v. 20, p. 44 - 52, 1973.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 305-309, 2005.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento**. Editora UFV, Viçosa, p. 377-413, 2004.
- FAVARIN, J. L.; NETO, D. D. GARCIA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.
- FAVARIN, J. L.; VILLA NOVA, N. A.; ANGELOCCI, L. R.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M. S. Estimativa do consumo hídrico do cafeeiro em função de parâmetros climatológicos. In: II Simpósio De Pesquisa Dos Cafés Do Brasil, **Anais...** Vitória, p. 592 – 600, 2001.
- FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; OLIOSI, G.; AYOAMA, E. M.; GILES, J. A. D.; KROHLING, C. A. Morfologia foliar de quatro genótipos de café arábica e conilon na Região Norte do Espírito Santo. In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, **Anais...** Curitiba, Junho, 2015.
- FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. de. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee science**, Lavras, v.3, n. 1, p.1-6, 2008.
- HENTEN, E. J.; BONTSEMA, J. Non-destructive crop measurements by image processing for crop growth control. **Journal Of Agricultural Engineering Research**, London, v. 61, n. 2, p.97 - 105, 1995.
- HUERTA, S. A.; ALVIM, P. de T. Índice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintética del cafeto. **Cenicafe**, Caldas, v. 13, n. 2, p. 7 - 84, 1962.
- KEMP, C. D. Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements. **Annals of Botany**, Oxford, v. 24, n.96, p.491 - 499, 1960.
- NASYROV, Y. S. Genetic control of photosynthesis and improving of crop productivity. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 29, p. 215 - 237, 1978.
- PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., DETMANN, E., CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, v.53, 204 - 210, 2006.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; RIBEIRO, I. J.; MARTINS, F. P. Determinação da área foliar em videira cultivar Niágara Rosada. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.199-204, 1986.
- PEREIRA, A. R. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n.1, p.147 - 150, 1987.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 183 p., 1997.
- SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. SAS Learning Edition 4.1[®], SAS Institute Inc. 2006.
- SILVA, W. Z.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, F. T.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, D. Métodos de estimativa da área foliar em cafeeiro. **Enciclipédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, vol. 7. n. 13, p. 746 – 759, 2011.
- SOUZA, F. F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M; SANTOS, M. M. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho, Embrapa Rondônia, 21 p. Abril, 2004.
- TAVARES-JÚNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO-NETO, D.; MAIA, A.H.N.; FAZUOLI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, v. 61, p. 199 - 203, 2002.