

## ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE *EUCALYPTUS* UTILIZANDO DIMENSÕES LINEARES

**Jeangelis Silva Santos<sup>1</sup>, Flávio Cipriano de Assis do Carmo<sup>1</sup>, Ruimário Inácio Coelho<sup>2</sup>, Edílson Romais Schmidt<sup>3</sup>, José Augusto Teixeira do Amaral<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFES/NEDTEC, Acadêmico de Engenharia Florestal, Alto Universitário, CEP 29500-000, Alegre-ES, jeangelis@gmail.com; flaviocipriano@hotmail.com.

<sup>2</sup>UFES/CCA, Alto Universitário, CEP 29500-000, Alegre-ES, ruimario@cca.ufes.br; jata@cca.ufes.br.

<sup>3</sup>UFES/CEUNES, Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, CEP 29932-540, São Mateus-ES, edilson@npd.ufes.br.

**Resumo-** Na maioria dos estudos relacionados à produção vegetal o conhecimento da área foliar é fundamental, por ser um dos mais importantes parâmetros na avaliação do seu crescimento. O objetivo deste trabalho foi desenvolver modelos matemáticos para estimar a área foliar, de modo não destrutivo, de três espécies de *Eucalyptus* normalmente utilizadas na produção de polpa de celulose. Os resultados alcançados indicaram que o modelo linear foi o que melhor representou a estimativa da área foliar das espécies estudadas, quando se utilizou como variável independente o retângulo circunscrito à folha (C.L), correspondente ao produto do maior comprimento (C) pela maior largura (L) da folha, bem como variável dependente (y) a estimativa da área foliar. Essas equações foram,  $\hat{Y} = 0,0129 + 0,5960$  (C.L),  $\hat{Y} = 0,0411 + 0,5941$  (C.L) e  $\hat{Y} = -0,0007 + 0,6371$  (C.L), para *E. urophylla*, *E. grandis* e o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, respectivamente. As equações de regressão calculadas com base apenas no maior comprimento (C) ou na maior largura (L) da folha não devem ser utilizadas, pois são estatisticamente inferiores.

**Palavras-chave:** Eucalipto; área foliar; dimensões lineares; crescimento.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

O conhecimento da área foliar é imprescindível na determinação de parâmetros fisiológicos, tais como intensidade de transpiração, taxa assimilatória líquida, razão de área foliar, área foliar específica e índice de área foliar, de modo a avaliar o desenvolvimento e o potencial produtivo das plantas. A área foliar de uma planta ou de uma comunidade vegetal pode ser mensurada com a utilização de diversos equipamentos dentre eles a medida direta da lâmina foliar, em folhas não destacadas, utilizando-se um medidor portátil de área foliar (BENINCASA, 2003; AMARAL et al., 2009), planimetria fotoelétrica, planimetria fotográfica fotoelétrica, planimetria com radiação e fotografia hemisférica (KVET e MARSHALL, 1971). Já em folhas destacadas a avaliação da área pode ser feita com o medidor de área foliar, o uso de planímetro ou pelo método gravimétrico (KVET e MARSHALL, 1971; BENINCASA, 2003; AMARAL et al., 2009).

Os métodos destrutivos apresentam o inconveniente de não se aplicarem quando o número de repetições ou a quantidade de amostras é limitado, quando se deseja avaliar outras características além da área foliar, quando se deseja avaliar a periodicidade de crescimento ao longo do tempo na mesma folha, bem como são consumidores de tempo. Em contraste, os

métodos não-destrutivos poupam as amostras e, com a utilização de equipamentos modernos, são rápidos e precisos (AMARAL et al., 2009). Todavia, em virtude do custo oneroso, esses equipamentos nem sempre são de fácil aquisição.

A limitação financeira para aquisição de aparelhos medidores de área foliar e de índice de área foliar estimula o desenvolvimento de técnicas acessíveis, conforme ocorre com modelos matemáticos que relacionam as medidas lineares da folha e sua área real (BARROS et al., 1973; BENINCASA, 2003; BIANCO et al., 2003; AMARAL et al., 2009). Uma vez estabelecida a expressão matemática para uma dada espécie, a área foliar das plantas da mesma espécie em outros estudos pode ser estimada, sem destacar as folhas, utilizando-se apenas uma régua ou uma trena de bolso para obtenção do maior comprimento e/ou da maior largura foliar (KUMAR et al., 2002; BENINCASA et al., 2003; AMARAL et al., 2009).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver modelos matemáticos de fácil aplicação para se estimar a área foliar, utilizando as dimensões lineares do limbo, como o comprimento e a largura.

### Metodologia

O trabalho foi conduzido com as espécies *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e o híbrido *E.*

*grandis* x *E. urophylla*, normalmente plantadas no estado do Espírito Santo para fins de produção de polpa de celulose. As espécies foram identificadas e as folhas foram colhidas, acondicionadas em sacos plásticos, e transferidas para o Laboratório de Fisiologia e Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Produção Vegetal do CCA/UFES, para as determinações posteriores.

Nas amostragens foram colhidas 50 folhas de 20 plantas das três espécies, conforme sugerido por Benincasa (2003). Foram coletadas folhas em todos os estádios de desenvolvimento, as quais não apresentavam nenhum dano visível nem ataque de doenças ou pragas.

A área foliar real foi estimada por intermédio de impressões das folhas em papel de densidade homogênea, seguindo-se as recomendações de Barros et al. (1973), Benincasa (2003) e Amaral et al. (2009). Feitos os contornos das impressões das lâminas foliares, os mesmos foram recortados com tesoura de costura, para obtenção da área real de cada folha pelo método gravimétrico. Para tanto, pesou-se os recortes impressos dos contornos das folhas sobrepostas em papel de densidade homogênea em balança analítica, comparando-os com o peso do recorte de área conhecida (1 dm<sup>2</sup>) do mesmo papel (BARROS et al., 1973; BENINCASA, 2003; AMARAL et al., 2009).

Antes das pesagens os contornos foliares e o contorno do quadrado de papel de área conhecida foram colocados no interior de um dessecador até obtenção de peso constante. Após as pesagens

dos recortes de papel foram feitas as medições das impressões foliares relativas às maiores larguras, na posição mediana do limbo, perpendicularmente às linhas dos maiores comprimentos, bem como os maiores comprimentos sobre a nervura principal, considerando o ponto de inserção do limbo no pecíolo até o ápice. Seguindo-se foram feitos os cálculos para determinar as equações de regressão e dos respectivos coeficientes de correlação para escolha da equação que melhor representa a estimativa da área foliar de cada espécie vegetal. Considerou-se o maior comprimento, a maior largura e o produto do retângulo circunscrito à folha como variáveis independentes e a área foliar real, calculada gravimetricamente, como variável dependente.

As equações que melhor representam a estimativa da área foliar foram calculadas pela análise de regressão, utilizando-se o software estatístico GENES da Universidade Federal de Viçosa (CRUZ, 2006).

## Resultados

Os modelos matemáticos que melhor se ajustaram para a estimativa da área foliar e os respectivos valores dos coeficientes de correlação (R<sup>2</sup>) das equações de regressão, calculados em função do maior comprimento (C), largura (L) e retângulo circunscrito à folha (C.L), encontram-se nas tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1- Análise de variância da regressão tendo como variável independente o comprimento

FV	GL	SQ		
		<i>E. grandis</i>	<i>E. urophylla</i>	Híbrido
Regressão	2	0,208981 **	0,049873 **	0,795385 **
Grau 1	1	0,408159 **	0,098485 **	1,541156 **
Grau 2	1	0,009804 ns	0,001260 ns	0,049613 *
Desvio	47	0,003396	0,001136	0,007675
Equação		$\hat{Y}_i = -0,0479 + 0,3473X_i$	$\hat{Y}_i = 0,1794 + 0,4200X_i$	$\hat{Y}_i = 0,1321 - 0,2236X_i + 0,3491X_i^2$
R <sup>2</sup>		70,67%	64,32%	81,52%

ns, \*, \*\*: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2- Análise de variância da regressão tendo como variável independente a largura

FV	GL	SQ		
		<i>E. grandis</i>	<i>E. urophylla</i>	Híbrido
Regressão	2	0,112776 **	0,068752 **	0,911586 **
Grau 1	1	0,216631 **	0,137494 **	1,807544 **
Grau 2	1	0,008921 ns	0,000011 ns	0,015628 *
Desvio	47	0,007490	0,000332	0,002705
Equação		$\hat{Y}_i = 0,02636 + 0,9317X_i$	$\hat{Y}_i = 0,0937 + 0,8985X_i$	$\hat{Y}_i = 0,0734 + 0,6257X_i + 0,6718X_i^2$
R <sup>2</sup>		37,51%	89,79%	98,75%

ns, \*, \*\*: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3- Análise de variância da regressão tendo como variável independente o produto do comprimento pela largura

FV	GL	SQ		
		<i>E. grandis</i>	<i>E. urophylla</i>	Híbrido
Regressão	2	0,26868 **	0,073828 **	0,963548 **
Grau 1	1	0,53446 **	0,147419 **	1,927080 **
Grau 2	1	0,00289 ns	0,000237 ns	0,000016 ns
Desvio	47	0,00086	0,000116	0,000519
Equação		$\hat{Y}_i = 0,0411 + 0,5941X_i$	$\hat{Y}_i = 0,0129 + 0,5960X_i$	$\hat{Y}_i = -0,0007 + 0,6371X_i$
R <sup>2</sup>		92,53%	96,43%	98,75%

ns, \*\*: não significativo e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Os valores observados e a reta obtida pela equação de regressão linear em função do retângulo circunscrito à folha das espécies de *Eucalyptus* encontram-se nas figuras 1, 2 e 3.

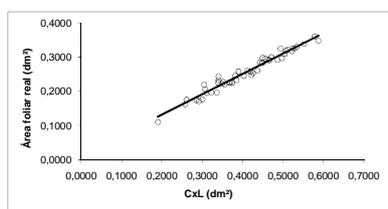


Figura 1- Relação entre a área foliar real e o retângulo circunscrito à folha (C.L) de *E. urophylla*.

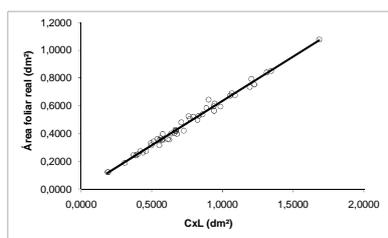


Figura 2- Relação entre a área foliar real e o retângulo circunscrito à folha (C.L) do híbrido

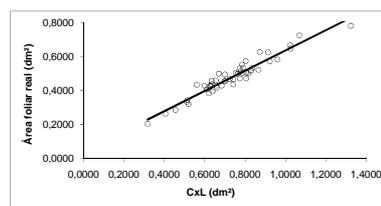


Figura 3- Relação entre a área foliar real e o retângulo circunscrito à folha (C.L) de *E. grandis*.

Sendo assim, as equações que melhor se ajustaram para estimar a área foliar são:

$$\hat{Y} = 0,0129 + 0,5960(C.L) \text{ para } E. urophylla;$$

$$\hat{Y} = -0,0007 + 0,6371(C.L) \text{ para o híbrido};$$

$$\hat{Y} = 0,0411 + 0,5941(C.L) \text{ para } E. grandis.$$

### Discussão

A escolha da equação que melhor representa a estimativa da área foliar das espécies de *Eucalyptus* foi calculada tendo-se como base as equações de regressão que apresentaram maiores significâncias e maiores coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), conforme . Foram avaliados os modelos de grau 1 ( $Y = a + bX$ ) e grau 2 ( $Y = aX^2 + bX + c$ ). O valor de Y estima a área foliar do limbo em função de X, cujos valores são o maior comprimento (C), a maior largura (L) ou o produto entre ambos (C.L).

Nas diferentes situações estudadas, o diagrama de dispersão entre as variáveis relativas à área foliar relacionada ao retângulo circunscrito à folha (Figuras 1, 2 e 3) mostra, de forma direta, que se pode utilizar um modelo matemático básico de estrutura linear para estimar a área foliar de *Eucalyptus*. Constatou-se, de um modo geral, que os maiores coeficientes de correlação ocorreram nas equações de regressão calculadas em função

do retângulo circunscrito à folha (C.L). No caso do híbrido, a equação de grau 2 em função da largura e a equação de grau 1 em função do produto C.L apresentaram  $R^2$  iguais, sendo assim, é recomendado utilizar a equação em função do produto C.L, pois gera resultados de maneira mais rápida e simples. O produto C.L tem se correlacionado muito bem com a área foliar de diferentes espécies, conforme constatado por diferentes autores (AWATRAMANI; GOPALAKRISHNA, 1965; BARROS et al., 1973; BIANCO et al., 2003). Nesse aspecto, o modelo linear apresentou melhores coeficientes de correlação quando comparados com as outras equações, demonstrando que a estimativa da área foliar de eucalipto constitui um problema com resolução linear.

### Conclusão

Os resultados alcançados neste estudo permitem concluir que: (a) o modelo linear é o que melhor expressa a estimativa da área foliar para as espécies de eucalipto; (b) os maiores coeficientes de correlação ( $R^2$ ) ocorrem nas equações de regressão calculadas em função do retângulo circunscrito à folha (C.L).

### Referências

- AMARAL, J. A. T. do; AMARAL, J. F. T. do; SCHMILDT, E. R.; COELHO, R. I. Métodos de análise quantitativa do crescimento de plantas. In: FERREIRA et al. (Eds). **Tópicos especiais em produção vegetal I**. Alegre: CCAUFES, 2009. p. 259-276.
- AWATRAMANI, N. A.; GOPALAKRISHNA, H. K. Measurement of leaf in Coffee. II. *Coffea robusta*. **Indian Coffee**, v. 29, n. 1, p. 25-30, 1965.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA Filho, L. J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Revista Ceres**, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.
- BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; PITELLI, A.M.C.M. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.353-356, 2003.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Biometria**. Viçosa (MG): Editora UFV, 2006. 382p.
- KUMAR, N.; KRISHNAMOORTHY, V.; NALINA, L.; SOORIANATHASUNDHARAM, K. Nuevo factor para estimar el área foliar total en banano. **Infomusa**, v. 11, n. 2, p. 42-43, 2002.
- KVET, J; MARSHALL, J.K. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In: ŠESTÁK, Z.; ÈATSKY, J.; JARVIS, P.G. **Plant photosynthetic production: manual of methods**. Netherlands: Dr. W. Junk N.V. Publ., 1971. p. 517-555.