



EQUAÇÕES PARA ESTIMAR ÁREA FOLIAR EM EUCALIPTO

SCHMILDT, Edilson Romais¹; PARIS, Jaqueline Orlandi¹;
NUNES JUNIOR, José Antonio Alvarenga¹; SCHMILDT, Omar¹;
ALEXANDRE, Rodrigo Sobreira²

RESUMO – (EQUAÇÕES PARA ESTIMAR ÁREA FOLIAR EM EUCALIPTO) Este trabalho tem como objetivo estimar a área foliar do eucalipto híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, clone ARA11097. Avaliou-se utilizando o método simples e não destrutivo no intuito de gerar equações que representem a área foliar real. Foram coletadas 300 folhas, com média de 10 folhas por planta, sendo 150 de rebrota com 4 meses e 150 de adulta com 7 anos, no município de Pedro Canário, ES. Para calcular a área foliar real utilizou-se o programa ImageJ, juntamente com os dados de comprimento (C), largura (L), e o produto (CxL). A escolha da equação que representasse a área foliar em função das dimensões foliares baseou-se nos estudos de regressão, empregando as seguintes equações: linear, linear pela origem, potencial e exponencial. As equações que melhor representaram as áreas foliares reais foram $AF = 0,6664(CxL)$ para eucalipto adulto e $AF = 0,6491(CxL)$ para eucalipto rebrota.

Palavras-chave: *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097; Não-destrutivo; Regressão; Adulto. Rebrota.

ABSTRACT – (EQUATION TO ESTIMATE LEAF AREA IN EUCALYPTUS) This study aims to estimate the leaf area of hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clone ARA11097. Was evaluated using the method simple and nondestructive in order to generate equations that represent real leaf area. 300 sheets were collected, with an average of 10 leaves per plant, 150 of regrowth at 4 months and 150 adult age 7, in the municipality of Pedro Canary ES. To calculate the leaf area was used ImageJ software, along with the data length (L), width (W) and the product (LxW). The equations that best represented the actual leaf areas were $AF = 0.6664 (LxW)$ for adult eucalyptus and $AF = 0.6491 (LxW)$ for eucalypt regrowth.

Keywords: *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097; Non-destructive; Regression; Adult. Regrowth.

¹ Centro Universitário Norte do Espírito Santo/Universidade Federal do Espírito Santo – CEUNES/UFES, São Mateus/ES – Brasil, e.romais.s@gmail.com, jack_orlandi@hotmail.com, alvarengaagro@hotmail.com, omarschmildt@ig.com.br

² Centro de Ciências Agrária/ Universidade Federal do Espírito Santo – CCAUFES, Jerônimo Monteiro/ES – Brasil, rodrigossobreiraalexandre@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* tem sido, na área de silvicultura, o gênero de maior área plantada no Brasil (OLIVEIRA et al., 2008). Segundo dados da ABRAF (2013), em 2012, a área de plantios de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 5,1 milhões de hectares, sendo que no estado do Espírito Santo, a área plantada foi de 203.349 hectares. Essas florestas plantadas visam à garantia do suprimento de matéria-prima para as indústrias de papel e celulose, siderurgia a carvão vegetal, lenha, serrados, compensados e lâminas e, painéis reconstituídos (aglomerados, chapas de fibras e MDF). O eucalipto apresenta-se como uma espécie vegetal de rápido crescimento e adaptada para as situações edafoclimáticas brasileira (FONSECA et al., 2013).

Híbridos entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (*Eucalyptus urograndis*), segundo Brigatti et al. (1980) possuem grande importância para a produção de celulose em função da alta produtividade e qualidade de suas fibras, razão pela qual, empresas mantêm e desenvolvem plantios desse híbrido.

A área foliar representa o aparato de interceptação de luz para a fotossíntese e é uma característica utilizada em análises

da área foliar da planta permite a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (PEREIRA et al., 1997). Sua avaliação durante todo o ciclo da cultura é de extrema importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento da planta e, em consequência, a produtividade e a produção total da cultura (AMARAL et al., 2009). Figueiredo et al. (2011), no seu experimento de avaliar o efeito da variação de altura e diâmetro de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus urograndis* acreditam que a maior área foliar e, conseqüentemente, as maiores taxas fotossintéticas globais, contribuem para maior crescimento das plantas. Santos et al. (2010) ao analisarem a estimativa de área foliar de *E. urophylla*, *E. grandis* e o híbrido *Eucalyptus urograndis*, verificaram a importância da determinação da área foliar para o desenvolvimento e o potencial produtivo das plantas. Guidotti et al. (2013) também demonstraram a importância da área foliar no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urograndis*.

Modelos estatísticos tem sido usados para estimação da área foliar na

busca de um método fácil e rápido de ser executado e também por não ser destrutivo. Uma vez determinado o modelo adequado e obtendo a equação de estimativa da área foliar, pode-se aplicá-la ao uso no campo, podendo, nas avaliações serem executadas várias vezes ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura e nas mesmas folhas. Lopes et al. (2004) acrescentam que a destruição da folha compromete o desenvolvimento normal da planta, muitas vezes dificultando o acompanhamento do desenvolvimento do ciclo da cultura no campo.

O objetivo deste trabalho foi determinar a equação que melhor representa a relação entre as dimensões lineares (comprimento e largura) e a área da folha do híbrido *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Melhoramento de Plantas do Prédio de Pós-Graduação em Agricultura Tropical do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, campus da Universidade Federal do Espírito Santo, em São Mateus, ES.

As folhas *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097 usadas para modelagem da área foliar, foram coletadas em uma

fazenda localizada no distrito de Floresta do Sul pertencente ao município de Pedro Canário, Espírito Santo, estando a uma latitude 18°12'20.20" S, longitude 40°05'05.72", altitude 87 metros. Foram coletadas 300 folhas, em 30 plantas, de eucalipto clone ARA11097, espaçamento 3x3 metros, sendo 150 folhas de eucalipto rebrota com 4 meses e 150 folhas de eucalipto adulto com 7 anos. As folhas coletadas não apresentavam deformações. Após a coleta em campo, as folhas foram levadas para laboratório para a medição do comprimento ao longo da nervura principal (C) e da largura máxima do limbo foliar (L) utilizando uma régua graduada em 1 mm. Em seguida as folhas foram escaneadas por uma Scanner HP Deskjet F4280[®], cujas imagens foram salvas em formato TIF com 75dpi para posterior leitura da área foliar no programa ImageJ[®] (COLLINS, 2007). Para a caracterização dos dados foi utilizado a estatística descritiva. O Teste t de Student foi utilizado para se comparar as médias entre as variáveis comprimento (C), largura (L), relação comprimento pela largura (C/L) e área foliar real (AFR) das folhas de eucalipto rebrota e adulta.

Para escolha de uma equação que pudesse representar a área foliar em função das dimensões foliares, procedeu-se aos estudos de regressão, empregando os

seguintes modelos: linear ($Y = a + bx$), linear pela origem ($Y = bx$), potencial ($Y = ax^b$) e exponencial ($Y = ab^x$). O valor Y estima a área foliar do limbo foliar em função de X , cujos valores podem ser o comprimento (C), a largura (L) ou o produto ($C \times L$). No caso de X igual a ($C \times L$), estimou-se também a equação linear passando pela origem ($Y = bx$). Todas as equações utilizadas foram lineares ou linearizáveis por transformação, de modo que os ajustes foram feitos a partir de retas.

Para realizar as comparações entre as equações dos distintos modelos, foi obtida a razão entre a soma dos quadrados do desvio (SQDesvio) pelo grau de liberdade (GL), denominado quadrado médio do desvio (QMDesvio). No caso dos modelos com transformação (potencial e exponencial), foi feita a volta para escala original e, após isso, foram obtidas os referidos quadrados médios do desvio. A melhor equação é a que apresenta o menor quadrado médio do desvio (sem transformação).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Tabela 1 pode-se analisar os valores de comprimento (C) das folhas do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, clone ARA11097 que variaram de 3,60 a 12,70 cm para a planta adulta e de 3,10 a 15,10 cm para a rebrota, com valores médios de 8,68 e 8,44 cm respectivamente. Já a largura (L) das folhas variou de 1,20 a 7,40 cm entre as plantas adultas e de 1,10 a 7,90 cm entre as rebrotas, com valores médios de 4,16 e 3,52 cm respectivamente. Os valores de área foliar real (AFR) variaram de 3,13 a 58,78 cm² entre as adultas e de 2,08 a 69,69 cm² entre as rebrotas, com média de 25,05 e 20,71 cm², respectivamente. Com base nas médias ocorreu variação de 0,24 cm para comprimento entre adulto e rebrota, 0,64 cm para largura, 4,3 cm² para área foliar real e 0,37 para relação comprimento e largura (C/L). A Figura 1 ilustra estas diferenças entre folhas de plantas adultas e de rebrota. Considerando que houve diferença estatística significativa entre as médias de adulto e rebrota para L , AFR e C/L (Tabela 1), o estudo da modelagem da área foliar foi feita em separado para os dois grupos de folhas.

A AFR teve seus coeficientes de variação (CV) igual 40,64 e 56,91% (Tabela 1) para adulto e rebrota, respectivamente, o que são classificados

como muito alto segundo Pimentel-Gomes (2009). Nesse caso, representa que as folhas coletadas apresentaram diversos tamanhos e, as regressões geradas a partir das dimensões foliares representarão mais fielmente as áreas foliares reais das folhas de eucalipto nos seus diferentes tamanhos.

Os resultados das análises de regressão são apresentados na Tabela 2. Busca-se equações com menores quadrado médio do desvio (QMDesvio). Assim, os melhores ajustes foram para equações lineares que usaram CxL como variável explicativa, que também obtiveram os maiores valores dos coeficientes de determinação (R^2). Desta forma, o modelo linear passando pela origem é o mais adequado tanto para plantas adultas quanto

para rebrota. As equações $AF = 0,6664 (CxL)$ e $AF = 0,6491 (CxL)$ são as que melhor representam a área foliar de plantas adultas e rebrota, respectivamente (Tabela 2, Figura 2).

Resultados similares em relação ao produto das dimensões CxL foram obtidos por Cardozo et al. (2011), que ao realizarem análises de regressão da área foliar de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), por Jadoski et al. (2012) com área foliar da cultivar de batata Ágata, e, por Busato et al. (2010) com área foliar para a batata cv. Atlantic. Quanto ao modelo, o linear passando pela origem também foi indicado por Cardozo et al. (2014) para área foliar de amendoim.

Tabela 1. Tamanho da amostra, média, mínimo, máximo, amplitude, variância, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV, em %) para comprimento (C), maior largura (L), área foliar real (AFR) e relação entre comprimento e maior largura (C/L) em folhas de eucalipto do híbrido *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097 adulto e rebrota

Estatísticas	C (cm)		L (cm)		AFR (cm ²)		C/L	
	Adulto	Rebrota	Adulto	Rebrota	Adulto	Rebrota	Adulto	Rebrota
n	150	150	150	150	150	150	150	150
Média ^{1/}	8,68a	8,44a	4,16a	3,52b	25,02a	20,71b	2,13b	2,50a
Mínimo	3,60	3,10	1,20	1,10	3,13	2,09	1,36	1,60
Máximo	12,70	15,10	7,40	7,90	58,78	69,69	3,42	3,93
Amplitude	9,10	12,00	6,20	6,80	55,65	67,60	2,06	2,33
Variância	3,58	4,02	0,99	1,41	103,38	138,95	0,12	0,18
DP	1,89	2,01	1,00	1,19	10,17	11,79	0,35	0,42
CV	21,81	23,77	23,96	33,71	40,64	56,91	16,57	16,91

^{1/} médias entre adulto e rebrota seguidas pela mesma letra para cada caractere dimensional de folhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

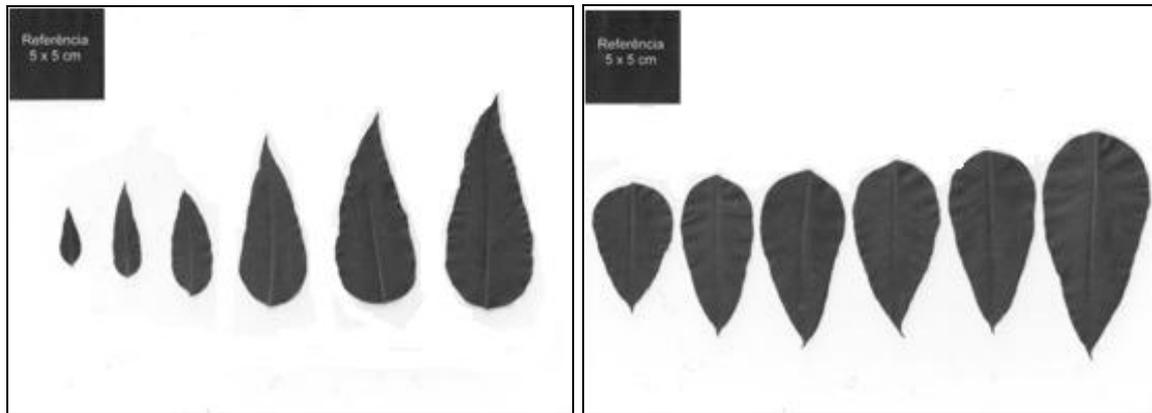


Figura 1. Imagens em TIF de folhas de diferentes tamanhos de plantas de eucalipto *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097 utilizadas para a determinação da área foliar em software ImageJ®. Rebrota a esquerda e adulta a direita.

Tabela 2. Equações de regressão estimadas, coeficientes de determinação (R^2 , em %), graus de liberdade e quadrado médio de desvios (QMDesvio) da regressão da área foliar, em função das medidas lineares do limbo foliar em plantas adultas e rebrota de eucalipto *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097

$X^{1/}$	Tipo de equação	R^2	GL	QMDesvio	Equação estimada
Adulto					
C	Linear	79,60	148	21,22	$AF = -16,5686 + 4,7919X$
L	Linear	88,98	148	11,47	$AF = -15,0148 + 9,6296X$
CxL	Linear	98,03	148	2,60	$AF = 0,1814 + 0,6622X$
CxL (0,0)	Linear	98,03	149	2,53	$AF = 0,6664X$
C	Potência	84,68	148	23,18	$AF = 0,4160X^{1,8733}$
L	Potência	91,82	148	12,08	$AF = 2,0209X^{1,7363}$
C	Exponencial	80,22	148	26,30	$AF = 3,1586(1,2551)^X$
L	Exponencial	85,37	148	38,56	$AF = 3,5601(1,5614)^X$
Rebrota					
C	Linear	84,29	148	21,97	$AF = -24,8208 + 5,3973X$
L	Linear	91,82	148	11,43	$AF = -12,7951 + 9,5187X$
CxL	Linear	98,04	148	2,73	$AF = 0,2347 + 0,6434X$
CxL (0,0)	Linear	98,04	149	2,72	$AF = 0,6491X$
C	Potência	91,71	148	13,34	$AF = 0,1605X^{2,2369}$
L	Potência	94,65	148	7,03	$AF = 2,4559X^{1,6456}$
C	Exponencial	88,08	148	42,98	$AF = 1,6330(1,3262)^X$
L	Exponencial	86,08	148	59,64	$AF = 3,3603(1,6025)^X$

^{1/} em que C e L correspondem a comprimento e largura máxima do limbo foliar, respectivamente.

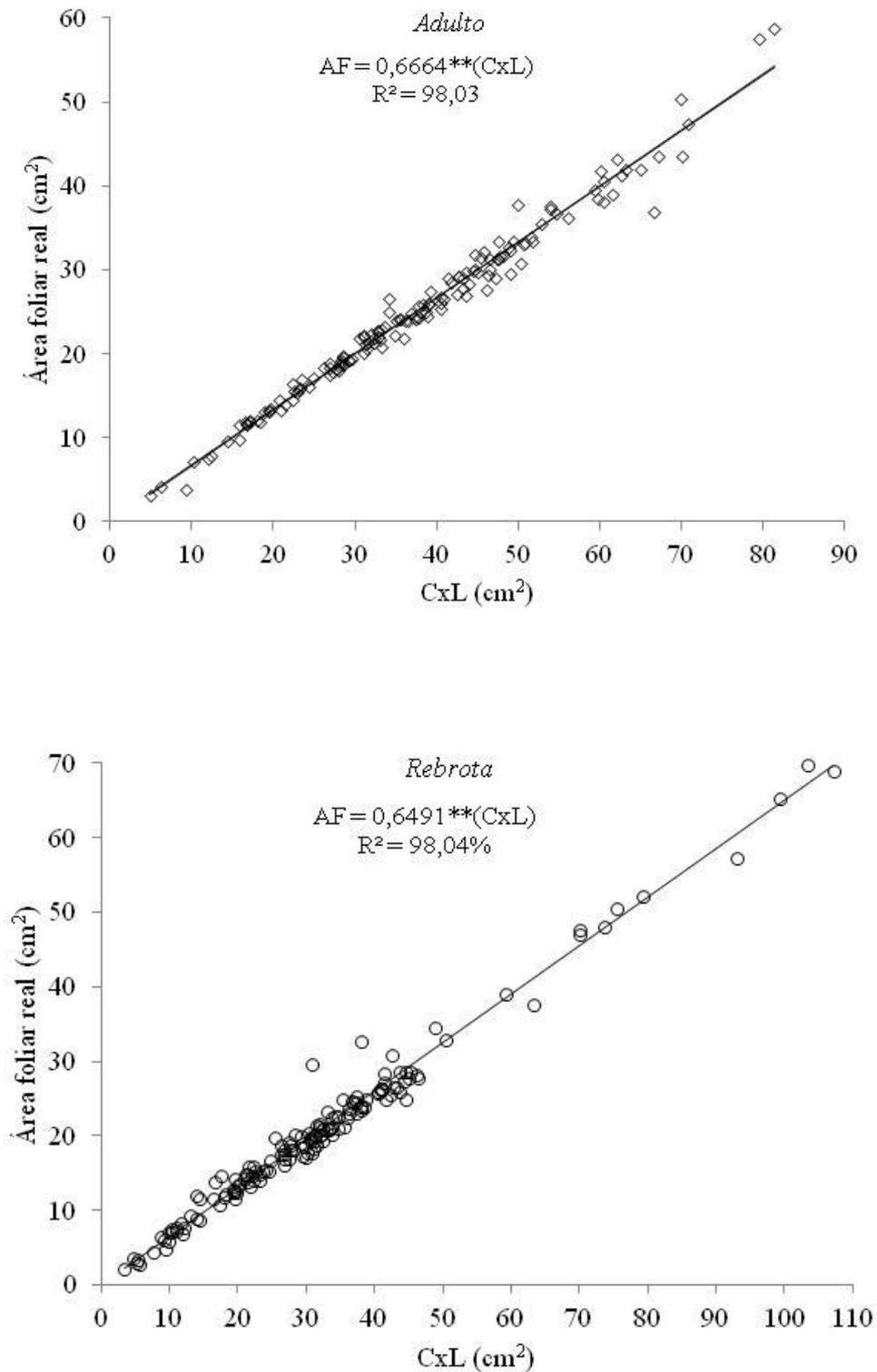


Figura 2. Representação gráfica da área foliar real em função do produto do comprimento pela largura máxima (CxL) a partir de folhas de eucalipto *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097 adulto e de brotações (** = coeficiente angular estatisticamente diferente de zero pelo teste t a 1% de probabilidade).

4. CONCLUSÃO

Analisando os resultados, concluiu-se que a equação linear simples passando pela origem (0,0) que envolve o produto do comprimento pela largura máxima (CxL) da folha permitiu as melhores estimativas da área foliar real para o *Eucalyptus urograndis* clone ARA11097, sendo $AF = 0,6664(CxL)$ para eucalipto adulto e $AF = 0,6491(CxL)$ para eucalipto rebrota.

5. REFERÊNCIAS

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148p.
- AMARAL, J.A.T.; AMARAL, J.F.T.; SCHMILDT, E.R.; COELHO, R.I. Métodos de análise quantitativa do crescimento de plantas. In: FERREIRA, A.; LIMA, A.B.P.; MATTA, F.P.; AMARAL, J.A.T.; LOPES, J.C.; PEZZOPANE, J.E.M.; FERREIRA, M.F.S.; POLANCZYK, R.A.; SOARES, T.C.B. (Org.). **Tópicos especiais em produção vegetal I**. Alegre: CCA-UFES, 2009. p.259-276.
- BRIGATTI, R.A.; FERREIRA, M.; SILVA, A.P.; FREITAS, M. Estudo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* spp. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. v.123, p.1-7, 1980.
- BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; BRAUN, H.; BUSATO, C.C.M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.702-708, 2010.
- CARDOZO, N.P.; PARREIRA, M.C.; AMARAL, C.L.; ALVES, P.L.C.A.; BIANCO, S. Estimativa da área foliar de *Crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.6, p.902-907, 2011.
- CARDOZO, N.P.; PARREIRA, M.C.; PANOSSO, A.R.; VOLPE, C.A. Modelagem da área foliar de duas cultivares de amendoim em função das dimensões lineares dos folíolos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.1, p.101-107, 2014.
- COLLINS, T. J. ImageJ for microscopy. **BioTechniques**, Hamilton, v.43, n.1 supplement, p.25–30, 2007.
- CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; CAMEIRO, S.G.A.; PANCHEL, R.M.; BARROSO, D.G.; DAHER, R.F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.1, p.1-11, 2011.
- FONSECA, S.M. da; ALFENAS, A.C.; ALFENAS, R.F.; BARROS, N.F. de; LEITE, F.P.; BARROS FILHO, N.F. de. **Cultura do eucalipto em áreas montanhosas**. 2.ed. Viçosa: SIF, 2013. 63p.
- GUIDOTTI, M.; MARMONTEL, C.V.F.; LIMA, F.C.C. Influência da área foliar e acondicionamento de miniestacas na altura e sobrevivência do *Eucalyptus urophylla* x

E. grandis. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v.21, n.1, p.91-99, 2013.

JADOSKI, S.O.; LOPES, E.C.; MAGGI, M.F.; SUCHORONCZEK, A.; SAITO, L.R.; DENEGA, S. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, suplemento1, p.2545-2554, 2012.

LOPES, C.M.; ANDRADE, I.; PEDROSO, V.; MARTINS, S. Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta Jaen. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v.19, n.2, p.61-75, 2004.

OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A.; STOCKS, J.J. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.59-68, 2008.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997, 183p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.

SANTOS, J. S.; CARMO, F.C.A.; COELHO, R.I.; SCHMILDT, E.R.; AMARAL, J.A. T. Estimativa da área foliar de *Eucalyptus* utilizando dimensões lineares. In: **XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**, São José dos Campos: Universidade Vale do Paraíba, 2010.