

## NUTRIÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAÇÕES DE *EUCALYPTUS*

ANTONIO FRANCISCO JURADO BELLOTE  
HELTON DAMIN DA SILVA

Embrapa Florestas  
Est. da Ribeira Km, 111, Caixa Postal no. 319  
Telefone (041)766-1313  
Colombo, PR  
bellote@cnpf.embrapa.br  
helton@cnpf.embrapa.br



### RESUMO

Os estudos de avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp são importantes para recomendações de uso de fertilizantes minerais, pois propiciam o melhor aproveitamento dos nutrientes, resultando em aumento da produtividade florestal. Nos dias atuais, esta ciência vem ganhando espaço estratégico no setor florestal brasileiro devido a: i) o desenvolvimento dos programas de melhoramento genético de *Eucalyptus* que permitiram a obtenção de árvores de alta produtividade; ii) o potencial existente para se elevar a fertilidade dos solos usados em reflorestamento e conseqüentemente aumentar a produtividade; iii) a falta de metodologia adequada de análise para solos para as espécies florestais.

Para os estudos de correlações entre nutrientes minerais e o crescimento de *Eucalyptus*, a maioria dos autores limitam-se a usar resultados de análise foliar de macro e micronutrientes, comparando-os com dados existentes na literatura, sem a preocupação com a amostragem, levando, na maioria das vezes, a diagnósticos incorretos. Para que os resultados da análise foliar possam ser comparados, é importante a padronização da amostragem e, para isto, devem ser consideradas, a idade do material amostrado, a posição das folhas na copa e a época de coleta.

A concentração de nutrientes nas folhas está diretamente relacionada à sua idade fisiológica, e depende principalmente do seu estágio de desenvolvimento e da oferta de nutrientes no solo. Também bastante variadas são as concentrações de nutrientes nas folhas das diferentes

partes da copa. Entre os macronutrientes, essas variações foram observadas apenas para nitrogênio e magnésio, em plantios com 3 anos de idade. Avaliações nutricionais realizadas mostram que as menores variações, na concentração desses nutrientes, são observadas nas folhas da parte intermediária da copa e, portanto, as mais representativas do estágio nutricional das árvores.

Em relação à época de amostragem, são as modificações sazonais as que mais influenciam as variações dos teores de nutrientes nas folhas. De todos os macronutrientes, o fósforo é o que apresenta a maior variação. No período de alta umidade do solo (verão/outono), encontram-se 60% a mais de fósforo nas folhas do que no período de baixa umidade (inverno/primavera). À semelhança do fósforo, os demais nutrientes também apresentam significativas variações: 34% para o potássio; 20% para o magnésio; 15% para o cálcio e 9% para o nitrogênio.

A análise de solo, como método de diagnóstico e monitoramento nutricional em florestas, tem sido estudada com menor frequência do que a análise foliar. Ainda não se definiu qual a forma e fração de nutrientes que se deve extrair do solo, uma vez que os procedimentos analíticos usados em solos florestais, no Brasil, foram estabelecidos para culturas agrícolas e, por esse motivo, podem não ser adequados para as espécies florestais.

Além dos extratores existente não serem os mais adequados, também a metodologia de coleta de solo utilizada deixa a desejar, principalmente pela dificuldade de determinar, com suficiente precisão, a região em que as raízes estão absorvendo a maior parte dos nutrientes e água. Amostras obtidas em maiores profundidades, por exemplo, 0-20 cm, podem não representar bem as relações entre os conteúdos de nutrientes nas árvores e a oferta do solo. Somam-se a isto a ciclagem de nutrientes e algumas propriedades do solo, tais como textura, conteúdo de matéria orgânica, acidez do solo e outras que podem afetar o desenvolvimento do sistema radicular e influenciar a distribuição das raízes no perfil do solo. A maioria dos autores, no entanto, concordam que os primeiros centímetros do solo são os mais importantes para avaliações e correlações entre a fertilidade do solo, o crescimento e a nutrição do *Eucalyptus*.

Para a realização de estudos de avaliação e monitoramento nutricional de *Eucalyptus*, Bellote (1990) recomenda coletar amostras de folhas recém maduras do meio da copa (3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> pares de folhas, a partir da extremidade dos galhos), coletadas no verão. Para o solo, recomenda-

se coletar amostras nas profundidades de A=0-10; B=10-20 e C=20-30 cm de profundidade, misturá-las na proporção de 5:3:2 ( de A; B e C, respectivamente), homogeneizando-as bem e após, proceder as análises de rotina.

Trabalhos realizados para a avaliação nutricional em plantios comerciais de *Eucalyptus grandis*, com 3 anos de idade, utilizando a proposição de Bellote (1990), revelam variações no suprimento de nutrientes nas folhas, em função da altura das árvores. Na Tabela 1, pode-se observar que o nitrogênio apresenta concentrações foliares variando desde deficiência latente nas árvores de menores alturas, até níveis de concentração ótimo, nas árvores de maiores alturas. Apesar dessa variação, a análise de regressão múltipla mostra não ser este elemento o principal responsável pela diferença em altura das árvores.

Os teores de fósforo nas folhas encontram-se abaixo do valor ótimo, indicados por Herbert e Schönau (1989). Entretanto, os resultados obtidos mostram que valores iguais ou maiores que 1,0 mg/g nas folhas são suficientes para manter um teor adequado às árvores.

Tabela 1. Altura das árvores (m) e teores médios de macro (mg/g) e micronutrientes ( $\mu\text{g/g}$ ) nas folhas de *E. grandis*, aos 3 anos de idade. (n=75)

VARIÁVEIS	LOCAIS				
	Mogi-Guaçú	Angatuba	Casa-Branca	Itatinga	Itirapina
Altura	20,3	17,7	16,8	15,9	15,4
N	23,2	21,7	19,4	19,9	18,0
P	1,0	1,1	0,8	0,9	0,8
K	6,3	4,4	4,1	3,8	3,3
Ca	3,1	5,2	3,2	3,9	5,0
Mg	2,5	1,9	1,7	1,7	1,5
B	17,0	20,8	23,3	26,2	24,2

Fonte: Bellote e Ferreira (1993)

Os teores foliares de potássio e magnésio são os que apresentaram as maiores correlações com o crescimento das árvores. A análise de regressão múltipla dos dados obtidos em folhas recém maduras, do meio da copa e coletadas no verão, indicam que as árvores estão adequadamente nutridas com esses elementos, quando apresentam teores de magnésio foliar entre 2,6 - 3,2 mg/g de matéria seca e de potássio entre 6,3 - 8,3 mg/g de matéria seca.

Tanto o cálcio como o boro nas folhas mostraram correlações negativas com o crescimento das árvores (Tabela 2). Essas correlações são interpretadas como efeito de diluição desses elementos, ocasionados pelo crescimento das árvores. As baixas correlações entre o cálcio nas folhas e a altura das árvores, bem como com o teor no solo, indicam que esse elemento não é limitante ao crescimento das árvores, e que o crescimento independe dos teores de cálcio nas folhas. Caso existir dependência, as folhas podem não ser o compartimento das árvores mais apropriado para ser amostrado e analisado.

Já esperada, a correlação entre o teor de alumínio no solo com o crescimento das árvores, bem como com os teores foliares, foi significativa. Os solos estudados (Latossol Vermelho Amarelo e Areias quartzosas) são muito ricos em alumínio, elemento responsável pela quase totalidade da saturação de bases nesses solos. Como *E. grandis* é uma espécie que tolera alumínio em concentrações elevadas no solo, pode-se afirmar que quanto maior o crescimento das árvores mais alumínio é passivamente absorvido.

Tabela 2. Correlações entre teores minerais no solo, teores de Al e nutrientes foliares e altura de *E. grandis*, com 3 anos de idade (n=75).

NUTRIENTES	A x B <sup>1</sup>	C x B	A x C
P	0,478 ***	0,652 ***	0,446 ***
K	0,860 ***	0,870 ***	0,785 ***
Mg	0,751 ***	0,761 ***	0,632 ***
Ca	- 0,289 *	0,635 ***	0,125
Al	- 0,007	0,752 ***	0,341 **
N	0,555 ***	-	-
B	- 0,651 ***	-	-

\* (p < 0,05)      \*\* (p < 0,01)      \*\*\* (p < 0,001)



Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais  
ESALQ/USP  
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530  
13400-970 - Piracicaba SP Brasil  
Tel.:(019)430-8600 Fax:(019)430-8666  
E-mail: [ipef@carpa.ciagri.usp.br](mailto:ipef@carpa.ciagri.usp.br)  
Home Page: [www.ipef.br](http://www.ipef.br)



<sup>1</sup> A – teor de nutrientes e Al foliares  
Fonte: Bellote e Ferreira (1993)

B – altura das árvores

C – teor de minerais no solo

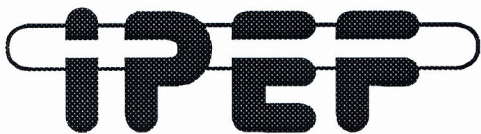
O potássio juntamente com o magnésio são os nutrientes minerais que mais limitam o crescimento das árvores. Aumentos da concentração desses elementos no solo é necessário para a maioria dos locais estudados, exceto naqueles em que o teor de magnésio no solo é superior a 1,0  $\mu\text{eq/g}$  de solo e o teor de potássio superior a 0,45  $\mu\text{eq/g}$  de solo.

Para o fósforo, ocorre uma situação um pouco diferente daquela observada para o potássio. Neste caso, o crescimento das árvores depende dos teores de fósforo no solo, mas é baixa a correlação entre fósforo nas folhas e o crescimento das árvores, bem como entre a sua oferta no solo e o teor nas folhas. Os teores foliares de fósforo observados encontram-se abaixo do valor ótimo preconizado na literatura, pois, na maioria das áreas avaliadas, encontram-se ofertas muito pequenas desse elemento no solo. Assim, a boa correlação entre o crescimento das árvores e o fósforo no solo indicam que o aumento na oferta deste elemento, através de adubações, pode proporcionar um aumento no crescimento das árvores.

Além da análise foliar, outra forma de se avaliar o status nutricional das árvores é aquela baseada na quantificação de nutrientes presentes na biomassa produzida. Esta avaliação baseia-se na premissa de que “as estimativas da quantidade de nutrientes que saem do ecossistema florestal, via exportação de biomassa ou em função das perdas inerentes ao próprio sistema, como: lixiviação, volatilização, ou mesmo escorrimento superficial junto com a água da chuva, são fatores importantes para a manutenção da produtividade”.

O conteúdo total de nutrientes nas plantas é representado pelo somatório dos nutrientes contidos nos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, casca, tronco). Cada um desses componentes possui concentração específica de nutrientes minerais, de acordo com suas funções, havendo um gradiente que, geralmente, apresenta a seguinte seqüência de concentração: folhas > casca > ramos > tronco (alburno > cerne). Com isso, a definição do material a ser amostrado, de cada compartimento, assume importância fundamental.

As folhas não são as únicas partes da planta capazes de representarem o estado nutricional das árvores, mas elas têm sido recomendadas e utilizadas no monitoramento nutricional das espécies florestais. As concentrações de nutrientes de outros compartimentos da árvore, tais como



o tronco, a casca e os galhos, têm sido utilizadas para os cálculos de exportações e estudos de eficiência de utilização dos nutrientes. Alguns destes estudos consideram as diferenciações do tronco e apresentam as diferenças nas concentrações de nutrientes entre o cerne e o alburno, e entre a casca e o alburno. As considerações feitas para as folhas, em relação às variações nos teores de nutrientes minerais, são válidas também para o lenho, ramos e casca.

A distribuição dos nutrientes nos vários compartimentos das árvores tem grande importância nos estudos de nutrição de povoamentos florestais manejados em rotações sucessivas. O manejo intensivo das florestas plantadas pode aumentar significativamente a produção de biomassa, aumentando também a remoção de nutrientes do sítio, pois, para a maioria dos nutrientes, o maior acúmulo ocorre no tronco.

Atente-se que existem variações nas concentrações e nos conteúdos de nutrientes nos diferentes sub-compartimentos do tronco, variações estas que reforçam a necessidade de se considerar a proporção cerne, alburno e casca nas estimativas de conteúdo e nos cálculos de exportação dos nutrientes do sítio.

Para os ramos, embora existam referências sobre o acúmulo de nutrientes minerais, muito pouco se conhece a respeito da variação dos teores de nutrientes, ao longo do seu comprimento e diâmetro. No entanto, foi observado, nos trabalhos realizados, que ramos ativos de menor diâmetro continham mais fósforo, potássio, cálcio e magnésio do que os de maior diâmetro.

Isto evidencia que as amostragens da casca, alburno, cerne e ramos, para fins de avaliação de ciclagem, diagnoses nutricionais, quantificação da exportação e do balanço de nutrientes em ecossistemas florestais, devem ser feitas de forma a considerar as principais diferenciações entre os tecidos vegetais.

A quantificação da biomassa utilizando modelos matemáticos, para expressar o volume e o peso do tronco produzido pela árvore, é prática rotineira na atividade florestal, principalmente em florestas homogêneas plantadas. Essas equações, além de estimar os volumes e os pesos das árvores individualmente, permitem estimativas de outros sub-compartimentos do tronco, como a casca. No entanto, poucos estudos foram realizados até agora para estimar o acúmulo de nutrientes.

Os métodos normalmente utilizados para essa determinação são destrutivos quando o compartimento que se quer avaliar é o tronco das árvores, e difícil de executar, devido a altura das árvores, quando os compartimentos são as folhas e os ramos. O sistema de amostragem, que determina os conteúdos de nutrientes de forma direta, é uma operação bastante trabalhosa e de custos elevados, por demandar muito tempo e requerer um número grande de amostras.

De acordo com Silva (1996), é possível a obtenção da biomassa seca total produzida em cada compartimento das árvores, através de modelos matemáticos que estimam, de forma indireta e com grande precisão, a biomassa e o conteúdo de nutrientes da casca, alborno, cerne, galhos e folhas.

Na Tabela 3, estão apresentados a biomassa e os conteúdos de nutrientes de cada compartimento, estimados indiretamente. Destaca-se aqui, o pequeno acúmulo de nutrientes no cerne, em contraste com a biomassa produzida (64% da biomassa do alborno).

Tabela 3. Acúmulo de nutrientes e peso da biomassa em gramas, por árvore, na casca, alborno, cerne, galhos e folhas de *E. grandis*, aos 7 anos de idade.

Compartimentos	N	P	K	Ca	Mg	Peso
Casca	21,2	8,6	20,5	77,1	12,1	7971,9
Alborno	41,3	9,2	43,4	14,4	7,8	60280,3
Cerne	15,6	0,6	3,2	13,3	3,3	38559,0
Galhos	12,4	2,3	10,2	12,8	3,2	3860,2
Folhas	63,9	4,9	18,1	15,6	7,8	3457,2
Total	154,4	25,6	95,5	33,3	34,2	114128,6

Fonte: Silva, (1996)

As estimativas das quantidades de nutrientes que saem do ecossistema florestal via exportação de biomassa e/ou em função das perdas inerentes ao próprio sistema, como: lixiviação, volatilização, ou mesmo escoamento superficial junto com a água da chuva, são importantes para o conhecimento da ciclagem regular de nutrientes. O uso destas informações torna-se fundamental para a manutenção da produtividade florestal. No entanto, ainda são necessários estudos que reforcem estes conhecimentos e facilitem a compreensão da dinâmica



Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais  
ESALQ/USP  
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530  
13400-970 - Piracicaba SP Brasil  
Tel.:(019)430-8600 Fax:(019)430-8666  
E-mail: ipef@carpa.ciagri.usp.br  
Home Page: www.ipef.br



dos nutrientes no solo e a influência que cada compartimento arbóreo exerce na imobilização, na ciclagem e, conseqüentemente, na exportação dos nutrientes.

## BIBLIOGRAFIA

- BELLOTE, A.F.J. **Nährelementversorgung und Wuchsleistung von gedüngten Eucalyptus grandis - Plantagen im Cerrado von São Paulo (Brasilien).** Freiburg, 1990. 160 p. Tese (Doutorado) - Albert-Ludwigs-Universität.
- BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 26/27, p. 17-28, 1993
- HERBERT, M.A.; SCHÖNAU, A.P.G. Fertilizing commercial forest species in southern Africa. Research progress and problems. Bayreuth, 1989. PAPER PRESENTED IN SYMPOSIUM: "MINENERAL VERSORGUNG TROPISCHER WALDBÄUME". Bayreuth-Germany, 1989.
- SILVA, H.D. **Modelos matemáticos para a estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes em plantações de Eucalyptus grandis Hill (ex-Maiden), em diferentes idades.** Curitiba, 1996. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná.