

*Tecnologia*

# Fertilidade de solos, nutrientes e produção florestal

Nairam Félix de Barros, Júlio César Lima Neves e Roberto Ferreira de Novais \*



NAIRAM F. BARROS/UFV

*Florestas plantadas de eucalipto, com alta produtividade: reposição de nutrientes ao solo é determinante, MG*

A sustentabilidade do negócio florestal depende do adequado equilíbrio entre a sustentabilidade biológica/ambiental, a econômica e a social. A sustentabilidade biológica/ambiental depende da capacidade dos sítios de disponibilizar fatores para a produção física de madeira ou de outro produto florestal, mantendo as bases para o funcionamento equilibrado do ecossistema (conservação do solo, qualidade da água, do ar e a fauna silvestre). A preocupação com a sustentabilidade só tem razão de ser quando algum tipo de manejo é aplicado ao povoamento florestal. Na região tropical, onde a radiação solar e a temperatura são abundantes, água e nutrientes

são os recursos do ambiente que mais determinam a produtividade das culturas. Por isso, a manutenção em bons níveis dos fluxos de água e nutrientes é base para a sustentabilidade da produção de florestas plantadas nas regiões tropicais e, portanto, para a competitividade do seu setor de base florestal (Neves, 2000; Barros; Comerford, 2002).

Há uma estreita relação entre transporte, absorção de nutrientes e umidade do solo, e, por consequência, de produção florestal. Quanto maior a produção, maior será a absorção de água e o acúmulo de nutrientes pelas árvores. A relação entre produtividade e acúmulo de nutrientes é mais estreita em solos de fertilidade mais baixa. Em sítios com condições que permitam elevada produtividade florestal, há forte pressão sobre os recursos do solo, isto é, água e nutrientes. Na região tropical úmida, a fertilidade natural dos solos é em geral baixa e os nutrientes passam a ser os principais fatores a limitar a produção florestal. Ainda que, em algumas situações, os solos possam ter teores totais de nutrientes mais elevados, a fração disponível seria insuficiente para manter a mesma produtividade por duas rotações seguidas de eucalipto.

Assim, não é surpresa a obtenção de respostas elevadas do eucalipto à aplicação de fertilizantes no Brasil. Os ganhos variam de acordo com a região

onde se faz o cultivo e podem ir de 20 % a mais de 100 %, dependendo também do nutriente. Em geral, as maiores respostas foram obtidas pela aplicação de fósforo na época de plantio. O potássio é o segundo nutriente para o qual se conseguiram respostas mais elevadas. Diante desses fatos, é indispensável o bom manejo nutricional das plantações de eucalipto, para que se obtenham produções elevadas e sustentáveis.

### ESTIMATIVA DA DEMANDA

Quanto mais produtiva a plantação florestal, maior será sua demanda de nutrientes. Para uma produtividade de 40 m<sup>3</sup>/ha.ano, aos sete anos de idade, um povoamento de eucalipto conterà, aproximadamente, de 25 kg/ha de fósforo a 400 kg/ha de cálcio. Portanto, inicialmente, o produtor deve ter a idéia mais precisa possível sobre a produtividade a ser obtida na área a ser cultivada. Os nutrientes absorvidos são distribuídos na árvore, sendo sua alocação, nos vários órgãos, variável de acordo com a idade da planta. Em idades mais jovens, uma maior proporção é alocada na copa (folhas e galhos mais finos) e, em idades mais adultas, no tronco (casca e lenho) – Tabela 1.

Apesar da influência de vários fatores, hoje já se tem uma idéia razoável da taxa de conversão média dos nutrientes absorvidos em matéria seca de eucalipto (eficiência de utilização de nutrientes).

Tendo como base um extenso levantamento realizado em plantações de eucalipto, em idade de corte, de 7 a 8 anos (Santana et al., 2000), chegou-se à seguinte média de eficiência de utilização dos macronutrientes: N – 500 kg de matéria seca da parte aérea/kg do nutriente; P – 8.000 kg/kg; K – 1.000 kg/kg; Ca – 500 kg/kg; Mg – 3.000 kg/kg; e S – 9.000 kg/kg. Essas relações permitem estimar a demanda desses nutrientes para determinada produção.

### ESTIMATIVA DO SUPRIMENTO

O solo é o principal depositário dos nutrientes minerais, sejam reservas naturais ou decorrentes da aplicação de fertilizantes e corretivos. A dinâmica dos nutrientes minerais no solo pode ser mais simples ou mais complexa, dependendo do nutriente e de outros fatores ligados ao solo ou ao ambiente. Portanto, a estimativa da disponibilidade de nutrientes no solo não é tão simples. A isso se soma a interferência da planta, no que se refere à profundidade de exploração, morfologia, arquitetura do sistema radicular, eficiência de absorção do nutriente, associação micorrízica etc. A amostragem para avaliação da fertilidade do solo no cultivo de espécies florestais tem sido feita, no Brasil, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade, em razão da maior concentração de raízes finas (diâmetro menor do que 2 mm) observada, em geral, nessas camadas.

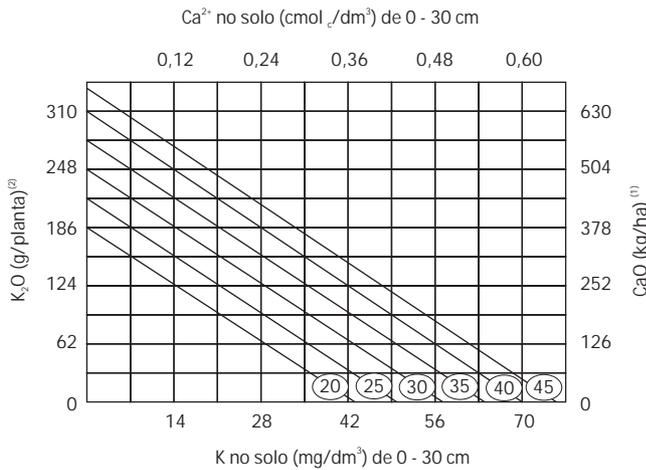
Tradicionalmente, a disponibilidade de nutrientes no solo é avaliada por meio de extratores químicos que, supostamente, imitam as raízes das plantas em sua capacidade de extração de nutrientes do solo. Por meio de estudos de correlação e calibração, são elaboradas tabelas de interpretação dos resultados de análise e de recomendação de fertilizantes. Sistemas mais complexos de recomendação de nutrientes são necessários (Barros et al., 1995), que se baseiam no

TABELA 1 | PRODUÇÃO MÉDIA DE BIOMASSA E CONTEÚDO MÉDIO DE NUTRIENTES, EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO (8 ANOS), NO BRASIL

	BIOMASSA	N	P	K	CA	MG
	t/ha	kg/ha				
Parte aérea	159	405	30	270	462	86
Tronco	141	241	18	180	366	58
Madeira	125	183	10	106	98	21
Raízes	23	65	5	38	65	8
Total	182	470	35	308	527	94
Taxa anual	22,7	58,7	4,4	38,5	65,8	11,7

Fonte: Santana et al. (2000)

FIGURA 1A | SISTEMA SIMPLIFICADO PARA RECOMENDAÇÃO DE CORRETIVO E FERTILIZANTES PARA EUCALIPTO



<sup>(1)</sup> Utilizar calcário dolomítico (>12% MgO), se  $Mg^{2+} < 0,20 \text{ cmol/dm}^3$ .

<sup>(2)</sup> Se  $K > 40 \text{ mg/dm}^3$ , aplicar metade da dose na fase de folhas jovens e metade na fase de folhas adultas; se  $K > 40 \text{ mg/dm}^3$ , a dose deve ser aplicada na fase de folhas adultas, parceladamente. As aplicações de K devem ser feitas em período chuvoso.

FIGURA 1B | UM SISTEMA SIMPLES DE RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO E FERTILIZAÇÃO NPK PARA EUCALYPTUS

#### ADUBAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO

Aplicar, como arranque, 40 g/cova de  $P_2O_5$  solúvel, no plantio ou até 10 dias após.

Aplicar, adicionalmente, 400 kg/ha de fosfato reativo no sulco de plantio (filete contínuo), em solos com P (Mehlich), na camada de 0-20 cm, menor que:

- 4  $\text{mg/dm}^3$  (>35% de argila),
- 6  $\text{mg/dm}^3$  (15 a 35% de argila),
- 8  $\text{mg/dm}^3$  (<15% de argila),
- ou em solos com P-disponível pela resina <12  $\text{mg/dm}^3$ .

#### ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO

Aplicar Ca e K conforme a análise de solo e a produtividade esperada (ver gráfico abaixo; Linha preta = IMA tronco, em  $\text{m}^3/\text{ha.ano}$ ).

Aplicar 1 a 2 g/planta de B, anualmente, até o 4º ano, 1 a 2 meses antes do final do período chuvoso.

Aplicar N se, em análise foliar feita até 2 anos de idade, apresentar resultados menores que 17 g/kg. Para cada 1 g/kg a menos na análise foliar, aplicar 20 kg/ha de N.

balanço nutricional do ecossistema e podem incorporar a influência de vários fatores do solo, do ambiente, do fertilizante e da planta, na estimativa da disponibilidade de nutrientes do solo. Esses sistemas são mais precisos, mas requerem um maior número de informações, muitas vezes não disponíveis ao produtor. Uma simplificação desse sistema é apresentada na forma de um cartão de bolso (Figuras 1a e 1b).

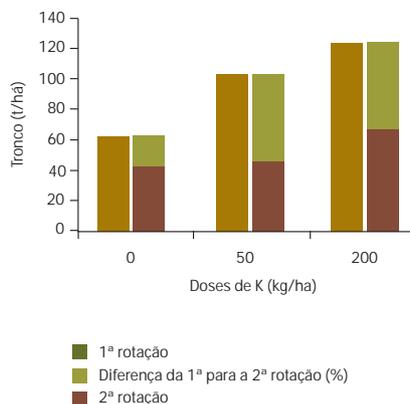
Esse cartão indica as doses de fertilizantes para a fase de implantação e, tendo-se os resultados das análises químicas do solo e a produtividade esperada, as quantidades de  $K_2O$  e de  $CaO$  a serem aplicadas na fase de manutenção de crescimento. Por exemplo, se a produtividade esperada (linhas transversais) é de  $40 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$  e a análise química do solo indicou  $28 \text{ mg/dm}^3$  de potássio, a dose de  $K_2O$  deverá ser de aproximadamente 186 g/planta (definida pela interseção da linha correspondente ao teor no solo e à produtividade esperada). Para um teor de cálcio no solo de  $0,36 \text{ cmol/dm}^3$ , a dose de  $CaO$  seria de aproximadamente 252 kg/ha.

A maior proporção dos nutrientes requeridos por espécies de rápido crescimento, como as de eucalipto, deve ser suprida até a idade de três anos. Após essa idade, e tendo os nutrientes sido supridos em quantidades suficientes para atender à demanda das plantas, as ciclagens bioquímica e biogeoquímica de nutrientes são capazes de atender à demanda nutricional até o final da rotação (idade de corte). A adoção desses procedimentos e ferramentas permitirá ao produtor obter produções mais próximas do potencial do sítio florestal.

#### PRODUTIVIDADE

Qualquer cultura, ao ser colhida, exporta nutrientes do sítio no produto comercializado. Isso não é diferente nas espécies florestais e representa uma forma de empobrecimento da fertilidade do solo. A manutenção da fertilidade requer

FIGURA 2 | BIOMASSA DE TRONCO DE EUCA-LIPTO, NA 1ª E NA 2ª ROTAÇÕES, INFLUENCIADA POR DOSES DE K APLICADAS NA IM-PLANTAÇÃO DO POVOAMENTO



Fonte: Faria et al. (2002).

a reposição dos nutrientes exportados ou perdidos pela área, por outro processo qualquer. No Brasil, muitos acreditam que as espécies florestais não precisam ser adubadas ou, se adubadas uma vez, não requerem adubações subsequentes.

A perda de produtividade florestal decorrente da não-aplicação de adubos, após o corte do povoamento, varia, em geral, de 40 a 60 %, em relação à produtividade inicial. Essa perda, em termos relativos, é tanto maior quanto mais produtiva for a floresta anterior (maior quantidade de nutrientes terá sido exportada da área, via produto colhido).

Isso pode ser exemplificado com os dados de Faria et al. (2002), que avaliaram a perda de produtividade de povoamento de eucalipto conduzido por brotação, após a aplicação de doses crescentes de potássio, na primeira rotação. A perda relativa da parcela testemunha foi de cerca de 33 %, comparada com 52 % na parcela que recebeu 250 kg/ha de  $K_2O$ , no primeiro ciclo (Figura 2). Outra medida para manter a produtividade florestal é a manutenção dos resíduos, na área após o corte. Gonçalves et al. (2004) simularam várias interferências nos resíduos da colheita e mostraram que a perda de produtividade é quase proporcional à quantidade de resíduos retirados da área (Tabela 2).

Essa perda pode ser compensada pela aplicação de fertilizantes, desde que não tenham ocorrido danos às características físicas do solo, durante o processo de colheita e remoção da madeira da área. A manutenção da galhada resultou em produtividade quase três vezes maior que com a remoção da mesma. A maior proporção dos nutrientes, na época do

corte, está contida em partes da árvore que não são utilizadas comercialmente. Assim, a retirada da área apenas da madeira do tronco representa uma grande economia de nutrientes, concorrendo para a manutenção da produtividade florestal. 

\*Nairam Félix de Barros, Júlio César Lima Neves e Roberto Ferreira de Novais são professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). MG (nfb Barros@ufv.br).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, N. F. de; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de; MELLO, J. W. V. de; COSTA, L. M. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2002. v. 2, p. 487-592.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L.; FERNANDES FILHO, E. I. Nutricalc 2.0: Sistema para o cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. *Bosque*, v. 16, p. 129-131, 1995.
- FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; TEIXEIRA, J. L. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta a adubação potássica. *Árvore*, v. 26, n. 5, p. 577-584, 2002.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. K. An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). *Forest nutrition and fertilization*. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2004. p. 13-64.
- NEVES, J. C. L. *Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo*. 2000. 192 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UNF), Campos dos Goitacazes, 2000.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Aboveground biomass, nutrient content, and nutrient use efficiency of eucalypt plantations growing in different sites in Brazil. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 30, n. 1, p. 225-236, 2000.

TABELA 2 | CRESCIMENTO DE EUCA-LIPTO, EM RESPOSTA A DIFERENTES MÉTODOS DE PREPARO DA ÁREA A SER REFORMADA

TRATAMENTO	DIÂMETRO (cm)	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUME (m <sup>3</sup> /ha)
Cultivo mínimo	10,6	14,7	128,3
Remoção da casca e madeira	9,8	12,4	100,3
Remoção de todos resíduos	8,5	9,2	65,2

Fonte: Extraído de Gonçalves et al. (2004)