

# Modelos ecofisiológicos têm aplicação ampliada

José Luiz Stape \*



J. L. STAPE / USP ESALQ

Floresta de eucalipto com quatro anos, apresentando produtividade de 52 m<sup>3</sup>/ha/ano; BA

As florestas de *Eucalyptus* e *Pinus* do Brasil estão entre as mais produtivas do mundo, com incrementos médios anuais que variam de 18 a 80 m<sup>3</sup>/ha.ano, o que representa ganhos de produtividade da ordem de 3 a 4 vezes, comparativamente aos observados na década de 60, quando foram iniciados os plantios florestais em grandes áreas no país. Esses ganhos foram obtidos pela conjugação

de melhoramento genético – via sementes e clonagem – e aprimoramento das práticas silviculturais, notadamente em termos de preparo de solo, fertilização e controle de ervas daninhas, por meio de estudos conduzidos por professores, cientistas e engenheiros de instituições públicas (como CNPF/Embrapa, UFV/SIF, UFPR/Fupec, IF/SP e USP/ESALQ/Ipef) e privadas (empresas de base florestal).

No entanto, a maior parte dessas pesquisas e modelos de crescimento, desenvolvidos a partir de mensurações de parcelas de inventários, têm sido empíricos, ou seja, inexistente relação direta entre causa e efeito referente à produção florestal e às variáveis do modelo, as quais são apenas os próprios atributos dendrométricos da floresta, como número de árvores, diâmetro e altura. Conseqüentemente, esses modelos apresentam várias limitações, como, por exemplo: 1) não podem ser usados para se estimar a produtividade de áreas ainda não reflorestadas; 2) não são sensíveis às variáveis ambientais que governam a própria produtividade florestal; 3) não são sensíveis às mudanças das práticas silviculturais; 4) não possibilitam estimar o uso de recursos pela floresta, durante seu crescimento.

Assim, aspectos relacionados ao uso e à eficiência de uso dos recursos naturais (como água, nutrientes e luz) pelas florestas e sua sustentabilidade (relacionada ao balanço de carbono no solo) necessitam de modelos mais modernos, que coloquem a produção florestal em seu real contexto ecológico, e nas distintas escalas espaciais e temporais de análise (Lima, 1993; Parton et al., 1994), aspectos que possuem crescente relevância econômica e social. Essas ferramentas são os chamados modelos ecofisiológicos desenvolvidos no meio científico florestal, que vêm tendo seu potencial de aplicação ampliado, face aos trabalhos de pesquisa na área, como o projeto de produtividade potencial de florestas da USP ESALQ ([www.ipef.br/bepp](http://www.ipef.br/bepp), Figura 1)

e de extensão, facilitados pelo desenvolvimento da informática e dos SIGs (Landsberg; Waring, 1997; Stape et al., 2004; Almeida et al., 2004).

Por exemplo, a Figura 2 ilustra a relação entre produtividade e consumo de água dos diferentes ecossistemas mundiais (Schimel et al., 1996), possibilitando compará-los com florestas plantadas brasileiras, que apresentam não só maior produtividade, como também maior eficiência de uso da água (Stape, 2002). Dessa forma, é possível analisar conjuntamente a produtividade de determinada floresta e seu efeito no balanço hídrico da microbacia em que se insere. Para atingir tais objetivos, os modelos ecofisiológicos descrevem a produtividade florestal com base em processos fisiológicos e biofísicos que controlam o crescimento das árvores –fotossíntese, alocação, respiração, transpiração, nutrição e ciclagem.

Vários modelos foram desenvolvidos e aprimorados. As maiores limitações para o uso dos mesmos de forma rotineira no manejo florestal tem sido sua maior complexidade conceitual, o maior número de parâmetros e as dificuldades de suas estimativas, além de necessitarem de bancos de dados extensos, com informações sobre clima, solo, relevo e caracterização fisiológica dos materiais genéticos plantados. Entretanto, trabalhos recentes evidenciaram que modelos baseados na absorção de radiação fotossinteticamente ativa (Battaglia; Sands, 1998; Stape et al., 2004) podem eliminar em parte tais dificuldades. Assim, o crescimento florestal é proporcional à interceptação de luz e à eficiência do seu uso, as quais dependem da quantidade e da atividade das folhas, que varia dinamicamente ao longo do ano, de acordo com o *status* hídrico e nutricional da floresta.

Percebe-se claramente que o uso dos modelos ecofisiológicos como ferramenta de manejo florestal vem se expandindo, pois possibilitam: 1) avaliar o risco

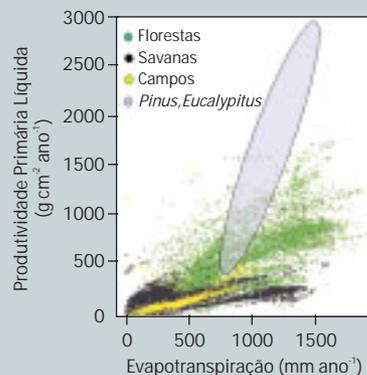
representado pelas variabilidades climáticas (como a chuva) na produtividade e rentabilidade dos empreendimentos florestais; 2) estimar a produtividade potencial das florestas, mesmo de áreas em que elas ainda não existam; 3) identificar fatores limitantes à produtividade florestal; 4) estimar o uso de recursos naturais pela floresta, notadamente água e nutrientes; 5) avaliar o efeito do manejo florestal na sustentabilidade da produção, por meio de sua inserção em modelos de matéria orgânica no solo; 5) integrar os programas de pesquisa em silvicultura e melhoramento, por meio da fisiologia das árvores.

Finalmente, a utilização desse procedimento metodológico pressupõe intenso trabalho de calibração e validação dos modelos e, para isso, vem sendo utilizado o conceito das “parcelas gêmeas de

FIGURA 1 | PROJETO BRASIL EUCALYPTUS PRODUTIVIDADE POTENCIAL (BEPP), DA USP ESALQ E IPEF



FIGURA 2 | SIMULAÇÃO COM MODELOS ECOFISIOLÓGICOS, CONSIDERANDO FLORESTAS PLANTADAS DE PINUS E DE EUCALIPTO, NO BRASIL



Fonte: Schimel et al. (1996), modificado por Stape et al. (2004)

inventário”, pelo qual são criadas parcelas vizinhas às de inventário tradicional, nas quais são eliminadas todas as limitações ao crescimento, obtendo-se assim a produtividades real e potencial de cada região. Mais de 1.000 parcelas gêmeas já estão instaladas em todo o Brasil. Os resultados médios registrados no Estado de São Paulo identificaram produtividades reais de 35 a 40 m<sup>3</sup>/ha.ano, e potenciais de 60 a 75 m<sup>3</sup>/ha.ano, sendo a água o fator de maior relevância para a produtividade florestal. 

\*José Luiz Stape é professor do Departamento de Ciências Florestais da USP ESALQ (stape@esalq.usp.br).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. C.; LANDSBERG, J. J.; SANDS, P. J. Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. *Forest Ecology and Management*, n. 193, p. 179-195, 2004.
- BATTAGLIA, M.; SANDS, P. J. Process-based forest productivity models and their application in forest management. *Forest Ecology and Management*, n. 102, p. 13-32, 1998.
- LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, n. 95, p. 209-228, 1997.
- LIMA, W. P. *Impacto ambiental do eucalipto*. São Paulo: Edusp, 1993. 301 p.
- PARTON, W. J.; WOOMER, P. L.; MARTIN, A. Modelling soil organic matter dynamics and plant productivity in tropical ecosystems. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. New York: TSBF/John Wiley & Sons, 1994. p. 171-188.
- SCHIMEL, D.; BRASWELL, B.; MCKEOWN, R.; OJIMA, D.; PARTON, W. J. Climate and nitrogen controls on the geography and time scales terrestrial biogeochemical cycling. *Global Biogeochem.*, n. 10, p. 677-692, 1996.
- STAPE, J. L. *Production ecology of clonal Eucalyptus plantations in Northeastern Brazil*. 2002. 225 p. Thesis (Ph.D) – Colorado State University, Fort Collins, 2002.
- STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. *Forest Ecology and Management*, v. 193, p. 219-234, 2004.