

CUSTO ECOLÓGICO DO USO INTEGRAL DE RECURSOS FLORESTAIS PARA FINS ENERGÉTICOS

Josimar Ribeiro de Almeida^{1,2}, Marina Basilio de Almeida³, Laís Alencar de Aguiar⁴, Afonso Rodrigues de Aquino¹, Maria Carolina Crisci Coelho¹

1 - IPEN - CNEN/SP; 2 - UFRJ - EE; 3 - UFRJ - EQ; 4 - UFRJ - COPPE

RESUMO

A busca de produtividade máxima de biomassa florestal apoia-se principalmente em dois pontos: redução dos espaçamentos e diminuição dos períodos de exploração. Estes procedimentos, se logicamente promovem um significativo aumento na produção de biomassa dentro de padrões economicamente viáveis, eventualmente poderão encontrar limitações em questões hidrológicas e de manutenção da produtividade; fatalmente experimentarão severas implicações quanto à instabilidade ecológica, ainda não observada em tal amplitude nas florestas implantadas.

Com a crescente utilização de madeira oriunda de plantações, para fins industriais e energéticos, o aspecto nutricional destas plantações passou a ter maior importância para o silvicultor. Esta preocupação resulta do conceito de floresta como recurso natural renovável e é válido quando os princípios básicos de conservação são respeitados. A retirada de grande quantidade de fitomassa implica no empobrecimento do sítio em uma quantidade considerável de nutrientes.

Descritores: recursos naturais, custo, meio ambiente

PRODUTIVIDADE MÁXIMA DE BIOMASSA FLORESTAL: FLORESTA ENERGÉTICA

As previsões de demanda energética no mundo, acompanhando o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico, têm despertando o interesse de diversos governos, em elaborar matrizes de energia, para suprir as necessidades de consumo atual e projeções de futuro. Na área científica, os estudos de fitotecnia, biotecnologia e métodos de manejo ecológico vêm selecionando espécies vegetais e definindo técnicas para a formação de florestas energéticas com objetivo de produção

ABSTRACT

The search for maximum productivity from forest biomass lies mainly in two points: space reduction and smaller exploration periods. These procedures obviously promote a significant improvement in the biomass production, maintaining the economically viable standards, and might eventually lead to limitations in hydrological and productivity maintenance problems; inevitably, severe implications concerning ecological instability, not yet observed with such amplitude, will be experienced in the implanted forests.

Key words: natural resources, environmental, costs

de lenha, carvão vegetal e aproveitamento de subprodutos.

As elevações nos custos dos empreendimentos florestais fazem com que as empresas busquem novas alternativas que possibilitem aumentar a produtividade, tais como redução nos espaçamentos, redução nas reservas de vegetação natural e ocupação de áreas marginais. Com estes procedimentos a estabilidade biológica das áreas reflorestadas, já debilitadas com a substituição da vegetação e simplifi-

cação do ambiente, torna-se crítica e coloca em sério risco as monoculturas florestais.

A busca de produtividade máxima de biomassa florestal apóia-se principalmente em dois pontos: redução dos espaçamentos e diminuição dos períodos de exploração. Estes procedimentos, se logicamente promovem um significativo aumento na produção de biomassa dentro de padrões economicamente viáveis, eventualmente poderão encontrar limitações em questões hidrológicas e de manutenção da produtividade; fatalmente experimentarão severas implicações quanto à instabilidade ecológica, ainda não observada em tal amplitude nas florestas implantadas.

O principal fator que certamente condicionará o desequilíbrio biológico será a extrema simplificação do ambiente florestal, com o desaparecimento total do sub-bosque, motivado pelas reduções dos espaçamentos e dos períodos das rotações.

As florestas de rápido crescimento, normalmente implantadas com poucas espécies de um ou dois gêneros, constituem-se em monoculturas extensas, onde o ambiente florestal é extremamente simplificado com a finalidade primordial de se obter a máxima produção, em uma mesma unidade de área, em um tempo relativamente curto.

O estabelecimento da monocultura elimina a competição interespecífica facilitando sensivelmente os trabalhos de implantação, manejo e exploração florestais. A única alternativa para que ocorra alguma diversidade no ambiente surge com a emergência do sub-bosque quando ocorrem debastes nas florestas de *Pinus* ou quando o desenvolvimento não uniforme das copas em florestas de *Eucalyptus* permite a entrada de razoável quantidade de luz que atinge o piso da floresta. Embora o sub-bosque da floresta econômica seja normalmente considerado pelas empresas como um grande inconveniente, retardando o desenvolvimento das árvores, aumentando o risco de incêndios, dificultando as operações de manejo, o combate às formigas e a exploração, nunca pode ser esquecido que esse mesmo sub-bosque representa a limitada diversidade dos talhões homogêneos.

Algumas Florestas de *Eucalyptus*, oriundas de bancos clonais, apresentam uma unifor-

midade tão grande no crescimento e na forma das árvores, que o piso florestal praticamente não recebe radiação solar suficiente para permitir a emergência do sub-bosque.

Nas "florestas energéticas", com espaçamentos reduzidos a ciclos extremamente curtos, o sub-bosque não terá condições nem tempo para que se desenvolva, tendendo as florestas a uma situação monoestratificada, onde o único nível existente é o dominante. Segundo Schemnitz [1], um dos aspectos mais importantes para a conservação da fauna em floresta homogêneas é a distribuição dos talhões em relação às reservas de vegetação natural. Este autor acredita que em florestas implantadas, os talhões deveriam ser dimensionados em 7 ou 8 hectares e interrompidos com vegetação nativa heterogênea.

Nos reflorestamentos brasileiros poucas foram as empresas que tiveram alguma preocupação na manutenção das reservas de vegetação natural. Na maioria das vezes, as "áreas de preservação" alocadas nos projetos constituíram-se em locais realmente inaproveitáveis para o plantio de árvores, áreas erodidas, com acentuada declividade, com solos extremamente pobres ou hidromórficos.

As reservas de vegetação natural mantidas nas regiões que serão reflorestadas, faz com que as populações de inimigos naturais das pragas florestais, bem como outras numerosas espécies da fauna, sejam conservadas no local e possam iniciar um processo de colonização das áreas modificadas. Segundo Sexton [2], a retirada de florestas produz um mosaico de áreas reflorestadas e áreas abertas. Assim, as áreas florestadas remanescentes podem ser encaradas como "ilhas". Sexton [2] enfatiza que o esquema apresentado por MacArthur e Wilson [3], sobre as comunidades em ilhas, é muito importante para o entendimento das "ilhas terrestres".

Na utilização econômica de área marginais em reflorestamentos, principalmente para fins energéticos, tem sido aventada uma alternativa viável para a ocupação de locais considerados como "não aproveitados". Esta filosofia começa a ser aplicada mesmo em reflorestamentos estabelecidos em décadas passadas, os quais não foram implantados de acordo com

as técnicas agora desenvolvidas quanto ao planejamento ecológico das reservas de vegetação natural. Acredita-se que a vegetação natural ainda existente em grotas, veredas, pin-daibas, banhados e terrenos de declividade acentuada, deve ser mantida por constituir-se em importante unidade destinada à manutenção do equilíbrio biológico dos reflorestamentos.

Os crescentes danos causados por um número cada vez maior de pragas florestais, sugerem que nas florestas implantadas torna-se mais inteligente prevenir as pragas do que tentar combatê-las. Bach [4] enfatiza que o enfoque dado pelos técnicos florestais quanto à proteção florestal deve ser eminentemente ecológico, baseando-se em métodos econômicos e duradouros.

O manejo florestal, atualmente empregado nas florestas de rápido crescimento, freqüentemente tem causado inconvenientes quanto ao controle de pragas.

A exploração da mata nativa visando o Rendimento Sustentado é objetivo dasonômico dos mais ambiciosos, tanto menos complexo em função inversa à comunidade vegetal, interpretando-a com um grupamento natural de plantas, ocupando determinada área, sem especificação de categoria.

As florestas, sob a influência das condições bio-ecológicas, apresentando sensíveis variações em suas comunidades, classificam-se ou compartimentam-se em florestas tropicais de folhosas, em florestas temperadas de folhosas e em floresta de coníferas, segundo Richards [5].

A maior extensão florestal do globo é ocupada pelas florestas tropicais, representando uma área de 50% do total. As florestas de coníferas distendem-se por uma superfície equivalente a 35% do total. Finalmente, as florestas das zonas temperadas, bem menos expressivas, representam 15%. A floresta tropical (Tropical rain Forest, Tropical hardwood floresta) em estado permanente de vegetação (evergreen Forest) caracteriza-se não só pela sua condição higrófila, como também pela vegetação arbórea sob comunidade extremamente numerosa em relação à diversificação

das espécies, além da abundância de cipós e lianas, ao lado de epífitas herbáceas.

Com a crescente utilização de madeira oriunda de plantações, para fins industriais e energéticos, o aspecto nutricional destas plantações passou a ter maior importância para o silvicultor. Esta preocupação resulta do conceito de floresta como recurso natural renovável e é válido quando os princípios básicos de conservação são respeitados. A retirada de grande quantidade de fitomassa implica no empobrecimento do sítio em uma quantidade considerável de nutrientes.

APROVEITAMENTO INTEGRAL DE RESÍDUOS FLORESTAIS

A composição dos elementos minerais na fitomassa florestal é variável ao longo da evolução do ecossistema florestal, sendo mais acelerado da fase juvenil até o ponto em que a floresta atinge a maturidade. Na fase inicial de crescimento das árvores, os pesos da matéria seca dos caules e das copas são quase equivalentes; entretanto, a medida que as árvores crescem, enquanto as copas mantêm aproximadamente a mesma fitomassa, os pesos dos caules aumentam de forma exponencial.

Embora a distribuição do peso da fitomassa obedeça a ordem tronco>raiz>ramos>casca>folhas, o peso absoluto dos nutrientes contidos nestes diferentes órgãos obedece a uma ordem diferente: copa>madeira>casca. O conteúdo de nutrientes nos diversos órgãos obedece a ordem diferente de acordo com cada nutriente: Nitrogênio – casca do tronco>casca dos ramos>folhas>madeiras> brotos; Cálcio – casca dos troncos>casca dos ramos>folhas>madeiras do tronco>brotos> madeiras dos ramos; Potássio – folhas> madeiras do tronco> madeiras dos ramos> brotos> casca do tronco>casca dos ramos.

A remoção dos resíduos poderá apresentar maior ou menor exportação de diferentes elementos, dependendo da parte que será removida; esses teores variam de acordo com a espécie cultivada.

As operações do aproveitamento de resíduos tem as seguintes etapas: (a) Catagem – juntamento das pontas e galhos em fileiras no

próprio terreno, neste caso utilizando 110 homens/dias. (b) Picagem – feita por um picador móvel, acompanhado de um “Container” de 20m³ seco aparente, auto basculável a uma altura de 3,75m, o qual é tracionado por um trator agrícola com potência acima de 75 HP na tomada de força a 540 RPM. A alimentação do picador é feita manualmente, por quatro a cinco homens, que dão a produção média de 120m³ aparente/dia, em dois turnos de trabalho. Para produzir 2.000m³ seco aparente, são necessários 17 picadores e 136 pessoas e (c) Transporte para a fábrica – feito através de semi-reboques com capacidade para 100m³ aparente. O carregamento do semi-reboque é feito, na beira da estrada, pelo autobasculante dos picadores. Para transportar 2.000m³ seco dia, são utilizados onze semi-reboques e quatro cavalos mecânicos. Mão-de-obra utilizada no sistema: 1 supervisor de operação; 4 encarregados de picagem; 5 encarregados de catagem; 34 operadores de picador; 8 carreteiros; 136 homens para alimentação dos picadores; 110 homens para catagem, num total de 298 pessoas.

Todo material lenhoso com menos 5cm de diâmetro, não aproveitável para fabricação de celulose, é utilizado como combustível. O processo para utilização é a secagem do material até 45 dias após o corte, quando já apresenta umidade em torno de 25%; com este teor de umidade, 12,7m³ seco aparentes de cavacos, tem poder calorífico equivalente a 1t de óleo combustível.

Os conhecimentos técnicos para o aproveitamento da madeira queimada na abertura de novas áreas, e a utilização dos resíduos das indústrias madeireiras, podem contribuir, significativamente, para uma utilização racional da biomassa. Estes conhecimentos também são de grande utilidade – nos locais onde são construídas hidrelétricas – para uso da biomassa que, certamente, fica submersa pelos lagos formados pelas represas. Nestes locais, a biomassa pode ser utilizada na geração de energia para o canteiro de obras, com economia significativa de derivados de petróleo para as empresas construtoras. Os resíduos da utilização industrial para produzir carvão e gases não-condensáveis, utilizáveis em siderurgia e na geração de eletricidade. Os poderes caloríficos médios das madeiras, dos carvões

e dos gases não-condensáveis foram determinados, como sendo: madeira, 4.730 kcal/kg; carvão vegetal, 7.900 kcal/kg; e gases não-condensáveis, 1.740 kcal/m³. Resíduos florestais são considerados como todos os materiais resultantes da exploração comercial da madeira e que permanecem sem utilização industrial definida. Normalmente, são considerados resíduos da exploração florestal os seguintes materiais: casca, galhos, copa, árvore doente ou morta, touças e raízes.

Até recentemente, a maioria das atividades de exploração florestal visava apenas o produto principal: madeira para celulose, chapas, lâminas e compensados, serrarias, etc; deixando os resíduos com possibilidade de conversão para energia, dispersos no local. A utilização de resíduos para produção de energia vem acompanhada da quantificação precisa dos diversos componentes envolvidos, possibilitando planejar o abastecimento e disponibilidade de matéria-prima. O conteúdo do mesmo depende das práticas e da utilização florestal. As características de pequeno peso, grande volume e grande dispersão na área florestal, viabilizaram a exploração mecanizada de resíduos florestais, de forma econômica. Sua coleta pode ser dividida em duas fases: uma fase de campo, incluindo corte da árvore, separação do resíduo, picagem, carregamento e transporte, e uma fase industrial, incluindo descarregamento, secagem do material, armazenamento e abastecimento da caldeira. Existem prensas especiais que permitem reduzir o volume de serragem e pó de serra para, aproximadamente, 10% do seu volume inicial. Podendo a serragem briquetada ser transportada facilmente para as fornalhas situadas à maiores distâncias.

O poder calorífico de resíduos florestais varia de acordo com as espécies, a estrutura química e o conteúdo de umidade. Os resíduos de madeira, em geral, têm de 2.000 a 5.000 kcal/kg; são muito usados na América Latina como combustível das caldeiras geradoras de vapor, para o acionamento de turbinas e de máquinas para produção de eletricidade. A qualidade dos resíduos, para produção de energia, é influenciada pelo peso específico, pela estrutura química e pela umidade neles contidos. A umidade, além de alterar a densidade, a qual é utilizada como base para cálculo

do valor energético, altera, também, o valor térmico, uma vez que a produção da energia por combustão de madeira só começa depois da total vaporização da água. Tais fatores devem ser levados em consideração para qualquer planejamento e avaliação do valor energético dos resíduos a serem utilizados para geração de calor e/ou energia.

Todos os resíduos (pedaços de madeira, compensado ou aglomerado, e outras aparas e lenha) devem ser previamente triturados; caso contrário, a combustão dos resíduos não será completa e a sua eficiência será reduzida. A utilização da casca como combustível também deve ser considerada, principalmente em termos industriais. Seu valor como combustível está associado a vários fatores; contudo o custo de combustíveis alternativos pode ser considerado como o principal parâmetro. Para a sua utilização deve ser levado em consideração o poder calorífico da espécie, conteúdo de umidade da casca e o investimento necessário para a construção de fornos designados para queima da casca (que de modo geral é maior do que para óleos combustíveis e gás).

O poder calorífico da casca tem como seu valor efetivo cerca de 4.300 kcal/kg de material seco, dependendo da espécie. Este valor é a metade do correspondente ao gás natural. A casca de algumas espécies de *Pinus*, em razão de altos teores de lignina e terpenos contidos na sua composição química, possui poder calorífico maior do que sua madeira. Caldeiras com capacidade de 500.000 a 3.000.000 kcal produzirão de 1.000 a 6.000 kg vapor/hora. O consumo de resíduos, nestas caldeiras, seria da ordem de 75 a 1.500 kg/hora. Teoricamente, pode-se utilizar nestas caldeiras os resíduos; entretanto, resíduos com conteúdo de umidade acima de 50%, de cinzas acima de 5% e o tamanho irregular dos cavacos acima de 20x20x5mm, aumentam os custos operacionais.

CUSTO ECOLÓGICO DO USO INTEGRAL DOS RECURSOS FLORESTAIS

Malkonen, citado por Balloni [6], comparou, em plantios de *Pinus*, a remoção de nutrientes pela exploração integral de árvore e pela exploração somente de madeira com até 6cm de diâmetro. Verificou que a primeira técnica

remove 2,5; 3,0; 2,0 e 1,5 vezes mais nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, respectivamente que a última.

Bunn e Will, citados por Balloni [6], estudando comparativamente as quantidades de matéria seca e nutrientes exportados por diferentes intensidades de exploração, em *Pinus radiata* com 26 anos de idade, em plantio com 300 árvores/ha, chegaram a uma produção, a mais, de 25% de matéria seca; entretanto, a exportação de nutrientes, neste sistema, é superior em quase 80% à quantidade exportada apenas pelo tronco.

Weetman e Webber, citados por Balloni [6], em um povoamento de *Picea mariana* (65 anos de idade, com 6.900 árvores/ha, DAP médio de 14 cm) verificaram que o uso total da árvore proporcionou 100% de acréscimo de matéria seca, quando comparado com a exploração somente do tronco. Entretanto, esse maior aproveitamento da matéria seca retirou do solo local quantidade de nutriente três vezes superior à retirada somente pelos troncos.

Segundo Pogiani [7], o pequeno aumento de biomassa (cerca de 15%), que se obtém com a utilização da árvore integral, incluindo também folhas e ramos, implica numa maior exportação de nutrientes que varia de 60 a 80%. Entretanto, a sobrevivência das árvores em solos, técnica e economicamente impossível de desenvolver atividade agrícola, está baseada na ciclagem dos nutrientes no ecossistema florestal, tanto bioquímica como biogeoquímica.

Na ciclagem biogeoquímica, as folhas, os ramos, as flores, os frutos e a casca que caem, após se decomporem, liberam os nutrientes que são utilizados para crescimento da própria floresta. Através da bioquímica (ciclagem interna), a maioria dos nutrientes, com exceção do cálcio, é transportada dos tecidos velhos, e fotossinteticamente inativos, para os tecidos jovens e com grande atividade de crescimento.

A fitomassa da copa (folhas e galhos), apesar de representar uma pequena parcela da fitomassa total da árvore, contém uma elevada concentração de elementos químicos o que torna sua exploração bastante criticável e com sérias implicações para manutenção do

equilíbrio nutricional e da produtividade do sítio. Em florestas de ciclo curto, o que é considerado "resíduo florestal" é, na verdade, um conjunto de materiais de grande valor biológico que deveria ser deixado sobre o solo e, na medida do possível, apenas a fitomassa do fuste deveria ser exportada da floresta, Poggiani [7].

Diversos autores questionaram a conveniência de se utilizarem rotações demasiado curtas para produção de biomassa, face à elevada exploração de nutrientes, cuja reposição, via adubação, acarretaria em elevado custo. As florestas para fins energéticos, para serem competitivas com as culturas agrícolas, devem ocupar área de baixa fertilidade. Por isso, deve-se tomar cuidado com a excessiva exportação de nutrientes, o que implicaria na aplicação de quantidades cada vez maiores de fertilizantes para manter a produtividade e em sensível aumento de custos. Ecologicamente, o ideal seria que as florestas fossem manejadas de forma que as retiradas de fitomassa não sobrepujassem a capacidade natural do sítio em fornecer nutrientes.

Segundo Poggiani [7], a viabilidade econômica do sistema de utilização dos resíduos – que precisam ser recolhidos, picados, adensados e transportados – dependerá de cada situação específica: como a quantidade de resíduos, a facilidade de transporte, a utilização e industrialização. Cabe ao responsável pelo empreendimento avaliar devidamente os custos, os prejuízos ou os benefícios da utilização da árvore inteira, em regime de mini rotação.

Por exemplo, para uma produção diária, a partir da utilização total das pontas e galhos, de 2.000m³ seco aparente de cavaco, produzido através da madeira utilizada no abastecimento da fábrica equivale a 157t/dia de petróleo, ou seja, o equivalente a cerca de 1.000 barris/dia.

Deve-se considerar, também, que as sucessivas e freqüentes intervenções na floresta (exploração, preparo do solo e tratos culturais) representam sérios prejuízos em termos de erosão, destruição dos húmus, lixiviação e compactação. Tais intervenções aceleram o depauperamento do solo, provocando alterações nas suas características físicas e químicas mais importantes.

As florestas de ciclo curto são válidas, desde que o solo tenha as características adequadas para suportar, sem danos, um manejo mais intensivo, e sejam tomadas as devidas precauções para garantir a qualidade do sítio.

O sistema de uso integral da floresta constituiu-se num empreendimento complexo que envolve decisões técnicas altamente especializadas. O desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o aproveitamento de resíduos florestais, visando a produção de energia, tornar o sistema tecnicamente viável. Entretanto, o aspecto econômico da utilização dependerá de fatores diversos como custo de coleta, de picagem e de transporte do material para o local de utilização. Deve-se, também, olhar com cuidado o aspecto da ciclagem de nutrientes, para que o nível de utilização não exceda os limites toleráveis pelo solo, a fim de se evitar elevadas despesas com adubação.

REFERÊNCIAS

- [1] SCHEMNITZ, S. D. *The effects of Forest management practices on wildlife in Eastern United States*. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, Oslo, 1976. Proceedings, Oslo, 1976. p. 700-30.
- [2] SEXTON, O. J. *Animal populations*, in: UNESCO/UNEP/FAO – Tropical ecosystems. Paris, 1978.p. 161-78.
- [3] MacARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, 1967.203p.
- [4] BACH, R. E. *The approach to biological control in forest entomology*. Canadian entomologist, 92:267-310,1960.
- [5] RICHARDS, P. W. 1952 *The tropical rain forest*. 515p. University. Press. London.
- [6] BALLONI, E. A. *O uso intensivo da floresta e seu reflexos na fertilidade do solo*. UFV – Sociedade de Investigações Florestais. Boletim Técnico, número especial, vol. 2, 83-93. Viçosa(MG). 1979.
- [7] POGGIANI, F. *Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada*. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. Belo Horizonte – Série Publicações Técnicas, número 4. 1981.