

Capítulo 2

Benefícios Indiretos da Floresta

Antonio A. Carpanezi¹

Introdução

Os benefícios diretos da floresta são os seus produtos úteis ao homem, como madeira, resinas, óleos essenciais (caso das folhas de *Eucalyptus citriodora* ou dos troncos de pau-rosa), plantas medicinais, frutos e mel.

Os benefícios indiretos são os serviços que as árvores ou florestas prestam ao homem, como consequência das “influências florestais”. Essa é a denominação técnica, já antiga, para os efeitos da floresta, principalmente sobre aspectos do clima, solos e recursos hídricos, mas também sobre a vida dos animais e do homem, inclusive em seus aspectos psicológicos e culturais.

Os benefícios indiretos ou serviços da floresta são em grande número, contribuindo para a conservação dos solos, o controle dos ventos, a qualidade de vida do homem nas cidades, a redução do risco de enchentes, a redução da poluição do ar e da água, a polinização nos pomares, o controle biológico

¹ Eng. Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas.

de pragas e a manutenção de rios piscosos, entre outros. Não há dúvida que eles são importantes para a sociedade. Todavia, sua valorização monetária é difícil, principalmente quando envolvem aspectos psicofisiológicos do homem, como no caso do lazer e celebrações religiosas em reservas naturais, ou da melhor recuperação de pacientes internados em hospitais, em quartos com janelas voltadas para árvores.

Os benefícios indiretos geralmente são pouco percebidos pelas pessoas e tornam-se mais apreciados somente quando escasseiam e as conseqüências indesejáveis aparecem. Em poucos casos, o custo de substituição do serviço do ecossistema por outras opções convencionais pode ser calculado concretamente, de modo a constituir uma indicação clara do seu valor financeiro e de sua eficiência comparativa. Como exemplo, para a recuperação da qualidade da água potável para a cidade de Nova Iorque, preferiu-se investir US\$1,5 bilhão na reabilitação ambiental da bacia das Montanhas Catskills, em vez de US\$7,5 bilhões em uma usina de tratamento de água.

Alguns benefícios indiretos podem ser obtidos com áreas florestadas pequenas, como um quebra-vento que protege uma área agrícola ou um grupo de casas adjacentes. Outros benefícios, como a prevenção de enchentes, exigem superfícies florestais maiores e espalhadas por muitas propriedades.

A composição da cobertura florestal também pode variar de acordo com o serviço principal que se deseja conseguir. Por exemplo, o seqüestro de CO₂ depende principalmente da velocidade de crescimento e do porte final das árvores, portanto pode ser alcançado fazendo-se plantações florestais comerciais convencionais em áreas desmatadas. Nesses casos, diz-se que o serviço depende apenas da *função do ecossistema*, isto é, das taxas de seus processos básicos relacionados ao uso de energia, água e nutriente. Já para que uma área florestal possa

fornecer inimigos naturais para o controle de pragas num local cultivado próximo, ela deve ser bem diversificada, como uma floresta natural, que tem muitas espécies de plantas, animais e microorganismos. Tal serviço, por isso, depende da *forma* ou *estrutura do ecossistema*, isto é, da riqueza de espécies e da organização da comunidade natural. Na reconstrução de qualquer floresta para prestar serviços, a função deve ser sempre refeita, mesmo que parcialmente. A necessidade de refazer a forma varia com o serviço principal desejado.

A seguir, alguns benefícios indiretos da floresta serão apresentados, de forma resumida.

Liberação de oxigênio e seqüestro de carbono

Esses assuntos, ausentes na abordagem tradicional sobre as influências florestais, têm se tornado populares, recentemente, por causa do aumento da poluição do ar.

A concentração de O_2 na atmosfera, aproximadamente 21%, mantém-se estável há cerca de 70 milhões de anos, e não constitui problema ao homem. Os oceanos ocupam 75% da superfície da Terra e, por unidade de área, são mais produtivos na liberação de O_2 (oxigênio) que os continentes (Tabela 1). As vegetações em crescimento acelerado, como plantações agrícolas ou florestais, e as florestas jovens (capoeiras) liberam mais oxigênio, por unidade de área, que as florestas maduras, como a Amazônia. A causa básica é que, nas vegetações em crescimento, a fotossíntese, que libera O_2 e consome CO_2 , é maior que a respiração, que consome O_2 e libera CO_2 ; nas vegetações maduras, os dois processos equilibram-se. Por isso, o dito "A Amazônia é o pulmão do mundo" tem alguma razão apenas quanto à fixação ("seqüestro") de carbono (C), isto é, quanto à imobilização de C na biomassa da floresta.

TABELA 1. Fixação de C e liberação de O₂ por ano, em escala mundial.

Local	C (t / ha)	O ₂ (t / ha)
Oceanos	3,8	10,0
Florestas	2,5	6,7
Terras aráveis	1,5	4,0

Fonte: Decourt (1978).

A concentração de gás carbônico ou CO₂ no ar era cerca de 290 ppmv (parte por milhão, em volume) no início da Revolução Industrial e vem crescendo, desde então, com maior intensidade após a Segunda Guerra, devendo atingir cerca de 380 ppmv no ano 2000. O gás carbônico é o principal dos “gases do efeito estufa” por sua quantidade na atmosfera, mas outros gases bem menos abundantes, como metano e clorofluorcarbono ou CFC, usado em aerossóis e ar condicionado, são mais potentes.

Os problemas decorrentes do aumento de temperatura da Terra (efeito estufa) causado pelo aumento de CO₂ têm levado a especulações sobre o reflorestamento comercial como meio de retirar C da atmosfera, transferindo-o para a biomassa das árvores em crescimento (Tabela 2); o C representa cerca de 50% da biomassa.

É imenso o reflorestamento necessário para estabilizar a concentração atual de CO₂ na atmosfera. O plantio de 60 milhões de hectares de áreas florestais por ano, durante 10 anos, pode absorver $2,9 \times 10^9$ t/ano de C, que corresponde ao incremento líquido anual de CO₂ atmosférico de todas as fontes. O valor anual plantado, hoje, em todo mundo, alcança 1,8 milhão de hectares. O plantio de 2 milhões de hectares/ano, nos próximos 30 anos, representará o seqüestro de 10% do aumento líquido anual de CO₂. Plantações em regiões tropicais

TABELA 2. Fixação de carbono (C) por plantações de várias espécies florestais tropicais, durante a rotação.

Espécie	Rotação (anos)	Estoque médio de C na biomassa aérea (t/ha)
<i>Pinus caribaea</i>	15	59
<i>Leucaena</i> sp.	7-8	21-42
<i>Casuarina</i> sp.	10	21-55
<i>Pinus patula</i>	20	72
<i>Cupressus lusitanica</i>	20	57
<i>Acacia nilotica</i>	10-15	12-17

Fonte: Ciesla (1995).

são mais eficazes para o seqüestro, pois crescem bem mais rápido que as das regiões temperadas. No Brasil, a idéia mais ousada com relação ao seqüestro de C é o Projeto Floram, que propõe reflorestar, em 20-30 anos, 20 milhões de hectares destinados à produção econômica e para corrigir problemas dos ecossistemas terrestres, como a regularização de mananciais hídricos.

As florestas naturais maduras não são eficientes em retirar CO₂ da atmosfera, pois seu crescimento líquido anual em biomassa total tende a ser nulo. A importância principal dessas florestas para o efeito estufa é que elas constituem um enorme estoque imobilizado de C. Sua substituição por outra vegetação permanente de biomassa menor, como pastagem, contribui para agravar o efeito estufa. No caso da Amazônia, troca-se 300 t/ha de biomassa aérea da floresta por 10 t/ha da pastagem; a diferença constitui emissão líquida de cerca de 145 t/ha de C para a atmosfera.

Deve ser lembrado que a retenção de C nos solos florestais é similar ou maior que as quantidades presentes na biomassa aérea. Assim, para florestas naturais tropicais úmidas do clímax, a biomassa aérea pode reter de 130 a 170 t/ha

de C na vegetação, e de 120 a 140 t/ha no solo; para florestas temperadas frias da Rússia, a biomassa aérea atinge 83 t/ha, mas o solo alcança 280 t/ha. O uso agrícola das áreas, antes florestadas, causa diminuição do teor de carbono do solo, devido ao aumento de sua temperatura; o revolvimento do solo intensifica essa perda, e o plantio direto a reduz.

Redução da poluição do ar

A troposfera é a camada mais baixa da atmosfera, estendendo-se até cerca de 12 km de altura. Uma substância é considerada poluente do ar quando ocorre na troposfera em quantidades que superam padrões (Tabela 3) estabelecidos por medições em ambientes especiais, como em áreas remotas pouco influenciadas pelo homem; ou em laboratórios, avaliando-se efeitos de doses e exposições sobre plantas e animais. A poluição decorre, basicamente, da intensificação da atividade humana na produção agropecuária, na industrialização e na urbanização, desacompanhada de controle ambiental suficiente.

TABELA 3. Emissões globais e outras características de poluentes importantes do ar.

Poluente	Emissão anual (10 ⁶ t)		Tempo de residência na atmosfera	Concentração típica (ppm)	
	Pelo homem	Natural		Ar limpo	Ar poluído
SO ₂	146 - 187	5	4 dias	0,0002	0,2
H ₂ S	3	100	< 1 dia	0,0002	-
CO	304	33	< 3 anos	0,1	40 - 70
NO/NO ₂	53 (como NO ₂)	NO : 430 NO ₂ : 658	5 dias	< 0,002 < 0,004	- 0,2 (como NO ₂)
NH ₃	4	1160	7 dias	0,01	0,02
N ₂ O	0	590	4 anos	0,25	-
Hidrocarbonetos	88	200	?	< 0,001	-
CH ₄		1.600	4 anos	1,5	2,5
CO ₂	14.000	1.000.000	2-4 anos	340	400
Particulados	3.900	3.700	-	-	-
O ₃	-	-	-	0,02	0,5

Fonte: Freedman (1989).

Quanto à constituição física, os poluentes do ar dividem-se em gases e particulados. Os gases poluentes mais importantes são: dióxido de enxofre (SO_2), ácido sulfídrico (H_2S), óxidos de nitrogênio (NO_x), amônia (NH_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), ozônio (O_3), peróxido-acetil-nitrato (PAN) e fluoretos (principalmente HF). Os particulados são materiais líquidos ou sólidos com dimensões tipicamente entre 10 nm e 1 mm e incluem metais pesados e outros elementos, como chumbo, níquel, cádmio, arsênico, alumínio, etc.; sais orgânicos e inorgânicos, como sulfatos, nitratos, cloretos; e materiais variados, como pó industrial, solo e pólen. Os particulados com diâmetros pequenos, menores que $1 \mu\text{m}$, comportam-se como gases, permanecendo longo tempo em suspensão na atmosfera.

A poluição do ar prejudica a saúde do homem. Quando há inversão térmica ou períodos secos prolongados em grandes cidades, ocorre aumento da concentração de poluentes na camada superficial da troposfera (a mais inferior, em contato com o homem e com a vegetação). Nessas ocasiões, aumentam as crises de doenças, principalmente do aparelho respiratório. Como exemplo, 7.646 pacientes foram internados em hospitais pelo Sistema Único de Saúde, entre 1993 e 1995 na cidade de São Paulo, por doenças causadas pelo excesso de poluição; as internações duraram, em média, sete dias.

As chuvas ácidas exemplificam como a poluição do ar traz outros prejuízos ao homem. Elas constituem um fenômeno típico das regiões mais industrializadas do hemisfério norte, como o leste da América do Norte e o norte da Europa, tendo impacto sobre grandes superfícies. Resumidamente, sua origem dá-se quando emissões industriais maciças contendo óxidos de enxofre e de nitrogênio são dispersadas até milhares de quilômetros longe da fonte; em grande parte, isso está associado ao uso de chaminés muito altas, às vezes com mais de 350 m. Em contato com o vapor d'água e com o oxigênio do

ar, há formação de ácidos sulfúrico e nítrico, que funcionam como núcleos de condensação do vapor d'água em excesso, resultando em precipitações atmosféricas (chuva, neblina, neve) com valores de pH em torno de 4,2 nas regiões mais afetadas.

As chuvas ácidas provocam:

- Desgaste de edifícios em geral, incluindo pontos turísticos, como monumentos históricos e estátuas.
- Mudanças na fauna de lagos e rios, com decréscimo de peixes valiosos para a pesca esportiva.
- Acidificação do solo, com reflexos na produtividade vegetal e na qualidade da água, perceptível em 10 ou 20 anos, em alguns casos.
- Danos às árvores e à produtividade florestal, incluindo casos em que elas são o agente principal de um enfraquecimento amplo e dificilmente reversível da floresta, devido a causas não biológicas (declínio florestal).

Com exceções como CO e NO, que são pouco solúveis em água, as árvores podem absorver doses limitadas da maioria dos poluentes gasosos, durante os processos naturais comuns a todas as plantas, através dos estômatos das folhas (durante a fotossíntese) e das lenticelas. Os poluentes gasosos podem também ser dissolvidos na camada de umidade da superfície das folhas; assim, pêlos e outras estruturas foliares que aumentam a área de contato com o ar contribuem para a sua captação.

Os particulados não são absorvidos, passando do ar para as plantas por deposição, segundo três processos: sedimentação pela força da gravidade, impacto sob a influência do vento e deposição através das chuvas. Nas deposições a seco, a retenção de particulados é favorecida se a superfície de coleta da planta for úmida, pilosa, pegajosa, cerosa ou com outra forma de captura. Os particulados retidos pela vegetação florestal são

transferidos ao solo pelas chuvas que lavam a vegetação ou através da queda de folhas e outras partes das plantas.

Numa árvore, as folhas são os principais receptores de poluentes. Portanto, a quantidade, o arranjo e a densidade das folhas de uma árvore, bem como o espaçamento entre árvores e o formato da copa, afetam a capacidade de reduzir a poluição; um dossel esparso tem potencial menor de reter poluentes que um grande e mais espesso. Troncos e ramos contribuem para a retenção de particulados, de acordo com a superfície de contato que apresentam. Assim, copas muito ramificadas são mais eficientes que aquelas com poucos ramos. Um tronco grande com casca com fissuras ou placas retém mais particulados que um tronco pequeno com casca lisa.

As florestas podem ajudar a purificar o ar, tanto pela remoção de particulados como de gases contaminantes da atmosfera (Tabelas 4, 5 e 6). Os valores de remoção por hectare e por ano são muito variáveis e de determinação difícil. Isto acontece por que eles dependem de aspectos ligados às árvores, aos poluentes e ao clima, e todos variam de modo intenso com o tempo. Outro efeito benéfico para a qualidade do ar é que substâncias emitidas pelas folhas de algumas espécies, como o líquidâmbar, têm efeito bactericida.

TABELA 4. Poluição do ar por particulados em diversos pontos da cidade de Frankfurt, Alemanha, durante um dia.

Local	Número de particulados por litro de ar		
	Manhã	Meio-dia	Fim da tarde
Terminal de transportes	16.830	18.310	17.640
Centro da cidade	15.120	13.220	18.370
Rua sem árvores	12.880	10.180	11.490
Rua com árvores	3.870	3.040	3.830
Parque	3.260	1.180	3.140

Fonte: Lamp citado por Bernatzky (1978).

TABELA 5. Capacidade estimada de retirada de partículas da atmosfera pelas folhas e ramos jovens de uma árvore urbana isolada (30 cm de diâmetro) de *Acer saccharum*, durante uma estação de crescimento.

Metal contaminante	Remoção na estação de crescimento (mg/árvore)
Chumbo	5.800
Níquel	820
Cromo	140
Cádmio	60

Fonte: Smith (1990).

TABELA 6. Capacidade de a floresta remover alguns poluentes da atmosfera, e conseqüente área florestal necessária de compensação na vizinhança de uma termelétrica a carvão (135 megawatt) que libera 186 t/ano de particulados, 4.330 t /ano de SO₂ e 2.148 t/ano de óxidos de N.

Poluentes	Tipo de árvore	
	Folhosas decíduas	Coníferas
Particulados		
Capacidade anual de remoção (t/ha)	0,38	0,14
Área florestal requerida (ha)	486	1.336
SO₂		
Capacidade anual de remoção (t/ha)	0,36	0,14
Área florestal requerida (ha)	11.898	33.995
Óxidos de N		
Capacidade anual de remoção (t/ha)	0,69	0,24
Área florestal requerida (ha)	2.995	8.499

Fonte: Smith (1990).

Os poluentes do ar afetam as florestas diretamente, causando danos nas folhas, ou indiretamente pelo solo, provocando

efeitos sobre as características químicas e microbiológicas, prejudicando também o sistema radicular. Por isso, a eficácia das florestas em remover poluentes do ar varia inversamente às concentrações dos poluentes. Acima de um limite, as florestas passam de filtro de poluentes a vítimas da poluição, apresentando redução de crescimento, dificuldades de reprodução, predisposição a pragas e doenças, etc. Obviamente, há variações entre e dentro de espécies quanto ao grau de suscetibilidade a cada poluente ou combinação de poluentes. Em casos extremos, as plantas morrem.

Um exemplo mundialmente conhecido de destruição de florestas pela poluição é o da região de Cooper Hill, no Tennessee – EUA, causado pela siderurgia de cobre, a partir do início deste século. Vapores industriais eliminaram totalmente a vegetação de milhares de hectares, e depois todo o solo arável foi carregado pela erosão. Nos anos recentes, casos de declínio florestal na Europa Ocidental e nos Estados Unidos, na década de 80, que haviam sido inicialmente atribuídos à chuva ácida, foram reavaliados, e em grande parte sua causa tornou-se indefinida. Na Europa, problemas naturais, como geadas e anos de seca, e motivos silviculturais, como procedências sensíveis e solos inadequados, ganharam importância.

No Brasil, o exemplo mais conhecido de destruição de florestas pela poluição do ar é o do polo industrial de Cubatão – SP, sobre cerca de 6.000 ha da vegetação adjacente da Serra do Mar. Participaram vários agentes poluentes, como neblina ácida, halogenados (cloretos e fluoretos), ozônio, metais pesados e alumínio. A morte da vegetação foi maior nas partes mais elevadas da encosta, onde causou muitos deslizamentos de terra. A poluição causou também danos notáveis à saúde humana.

Proteção contra o ruído

O ruído pode causar aumento da pressão arterial, fadiga excessiva, inanição, dor de cabeça e depressão, entre outros males; as crianças são muito sensíveis. O nível máximo de ruído permitido, no Brasil, situa-se em torno de 80 dB. A suscetibilidade do corpo humano não corresponde linearmente aos valores do ruído, mas ao quadrado dos seus valores.

Como média, uma massa florestal de 30 m de largura pode reduzir os ruídos, por si, (ou seja, separadamente do efeito da distância da fonte) de 6 dB a 8 dB. Para a largura de 50 m, a redução situa-se entre 20 dB e 30 dB, desde que a vegetação apresente estrutura e densidade adequadas. Barreiras densas compostas pela junção de árvores altas, arbustos e gramíneas intensificam a redução de ruídos. Não há diferenças notáveis entre espécies de árvores, desde que sejam bem folhadas; por isso, coníferas e outras árvores que mantenham as folhas o ano todo são preferíveis. Quando a distribuição vertical da folhagem das árvores é desuniforme, pode-se corrigir com arbustos colocados do lado voltado para a fonte de ruído.

Em qualquer caso, o cinturão vegetal deve ser localizado mais próximo da fonte de ruído do que da área a ser protegida. Para uma estrada movimentada da zona rural, a margem da barreira arbórea, com 20 a 30 m de largura, deve estar de 16 m a 20 m do centro da pista, e a altura do centro da barreira deve ser pelo menos de 14 m.

Quebra-ventos

Quando o vento atravessa uma barreira de árvores, sua velocidade perto do solo é diminuída e sua temperatura e umidade também são modificadas. Baseados nesses fatos, os quebra-ventos têm várias utilidades em áreas rurais, para proteção

de pessoas, cultivos, animais e prédios contra extremos do clima.

Os quebra-ventos evitam a erosão eólica dos solos. Partículas finas do solo desnudo são carregadas facilmente, quando o vento excede a 21 km/hora. Os quebra-ventos podem reduzir significativamente a velocidade a sotavento, isto é, depois que o vento atravessa a barreira vegetal. Esse efeito se estende por uma distância de oito a quinze vezes a altura das maiores árvores da barreira, depois que o vento recupera sua velocidade primitiva.

O aumento da umidade do ar a sotavento e principalmente a redução da velocidade do vento ajudam a conservar a umidade dos solos e a moderar a transpiração, entre outros benefícios às plantas. Em áreas onde ventos quentes e secos são um problema, os rendimentos das culturas aumentam, mesmo incluindo a área ocupada pela cortina arbórea. Como a massa arbórea ameniza temperaturas extremas do vento que passa por ela, os quebra-ventos também protegem cultivos sensíveis aos ventos frios, como no caso de árvores de *Grevillea robusta* (grevílea) em cafezais do Paraná. Ainda por esse motivo, em áreas rurais em regiões com inverno muito rigoroso, a presença de quebra-ventos reduz a quantidade de combustível necessário para o aquecimento das casas. A floresta urbana pode permitir economia análoga quanto aos custos de esfriamento do clima das casas, por exemplo com ar condicionado, em épocas quentes.

Os efeitos dos quebra-ventos também se estendem à pecuária, podendo propiciar, conforme o caso, a redução de mortalidade de animais recém-nascidos, a redução da necessidade de ingestão de alimentos no inverno, a manutenção da produtividade e a melhoria da qualidade e da quantidade da pastagem. Os quebra-ventos ainda constituem sombra para o gado, o que é outra fonte de benefícios variados.

Em áreas cultivadas do Brasil, quebra-ventos de uma ou duas linhas de árvores oferecem proteção eficiente. O elemento principal é uma linha com árvores altas, de crescimento rápido. Uma ou mais espécies de porte menor devem ser plantadas, intercaladas à linha principal, ou numa segunda linha situada do lado de onde vêm os ventos (barlavento). Um quebra-vento tradicional em áreas frias da Região Sul do Brasil é o formado por duas linhas, uma de *Cupressus lusitanica* (cedrinho) a barlavento, e a principal de um eucalipto tolerante ao frio, como *Eucalyptus dunnii*. Uma variante consiste da inclusão de uma terceira linha a barlavento de *Acacia longifolia* var. *trinervis*, árvore de porte baixo e copa esparramada. Para quebra-ventos de uma fileira, são recomendados o cedrinho ou um renque denso de bambus de aproximadamente 2 m de largura.

Os quebra-ventos podem ser explorados, para produzir madeira, por práticas que não destruam a função protetora, como decotamento, debastes e corte de fileiras alternadas. O uso de espécies que rebrotam facilita a harmonização dos benefícios. A composição de espécies e o manejo dos quebra-ventos podem também ser dirigidos para obter produtos não lenhosos, como frutos, ou para favorecer a fauna, proporcionando-lhe abrigo e alimentação e funcionando como um corredor.

Dependendo do problema a ser resolvido, é necessário um grande conjunto de quebra-ventos, espalhados de forma organizada por uma região. Este é o caso de parte do sudoeste gaúcho cuja vegetação natural é o campo. Ali, convergem o perigo de expansão de “desertos” ou “areais” pela fragilidade dos solos arenosos frente ao seu uso excessivo e aos ventos constantes o ano todo, e a conveniência de quebra-ventos para finalidades pecuária e de produção lenhosa.

Os quebra-ventos constituem investimentos e precisam ser planejados em cada caso, com bases técnicas, estabelecen-

do-se um ou dois objetivos principais a serem alcançados. Além das características do clima regional e da vegetação dos arredores, há variáveis do quebra-vento que influenciam seu desempenho, como altura, densidade, declividade do perfil, largura, comprimento e continuidade. Por exemplo, aberturas mal planejadas na barreira, para estradas, podem trazer problemas por acelerar a velocidade do vento.

Florestas e água

Para facilidade de entendimento, é conveniente examinar três situações, onde a influência da floresta ocorre em diferentes escalas de superfície.

Influência das florestas sobre as chuvas de uma região

A evaporação dos oceanos é sem dúvida a principal fonte de água para a atmosfera, que acaba por se transformar em chuvas por processos muito dinâmicos que ocorrem a quilômetros do chão, dentro da troposfera. Também, é ponto pacífico que superfícies florestadas, mesmo na estação seca, lançam mais água na atmosfera que terrenos sem vegetação ou ocupados pela agropecuária; isto leva a supor que as florestas contribuem para as chuvas e, portanto, o desmatamento causa sua redução. Todavia, a influência das florestas sobre o volume e a distribuição anual das chuvas é controvertida, devido ao conhecimento insuficiente das interações climáticas globais e à ausência de acompanhamento meteorológico preciso e com concentração espacial adequada, por períodos longos, associados com a evolução do desmatamento. Deve ser lembrado que a água evaporada em uma floresta cai, como chuva de convecção, não no mesmo local, mas a alguma distância.

Em regiões tropicais ou subtropicais (Amazônia, África equatorial, sul da Índia, China) há numerosos indícios de que o desflorestamento de áreas extensas já causou ou poderá causar uma redução das chuvas, geralmente associada com a acentuação da estação seca. Em algumas situações, as mudanças nas precipitações chegaram a tal ponto que plantações tradicionalmente executadas, por exemplo, de cacau e de chá, foram abandonadas, por causa das mudanças na precipitação.

O caso da Amazônia é um dos mais estudados. Em sua região central, cerca de 50% da chuva provém de vapor d'água do Oceano Atlântico, não sendo influenciado pela cobertura vegetal; o restante é produzido dentro da própria Bacia Amazônica, circulando entre a vegetação e a atmosfera. Na medida em que a floresta é substituída por pastagem, prevê-se a redução da precipitação total entre 10% e 20% e a intensificação da estação seca; a vegetação se tornaria mais próxima à do cerrado. Os dados meteorológicos atuais ainda não revelam mudanças na precipitação da Amazônia.

Efeito da cobertura florestal sobre o ciclo hidrológico, em uma microbacia

O papel hidrológico da floresta resulta de uma rede de interações (Figura 1). Uma conclusão abrangente é que a vegetação em geral, acentuadamente as florestas, não mantém a água armazenada por longo tempo no solo, nem aumenta o volume total produzido pela microbacia em um ano. A justificativa fundamental para a manutenção das florestas é que elas permitem infiltração elevada e armazenamento temporário da água no solo e no subsolo. Com isto, a cobertura florestal controla a erosão, conservando os solos, e regula a vazão dos rios, reduzindo as intensidades dos extremos de estiagem ou de enchentes. O papel regulador da floresta não pode ser obtido apenas pela presença de matas ciliares, pois usos da terra em outras

partes da microbacia afetam de modo diferente o ciclo d'água local, podendo causar perdas de água e de solo acentuadas (Tabelas 7, 8, 9 e 10).

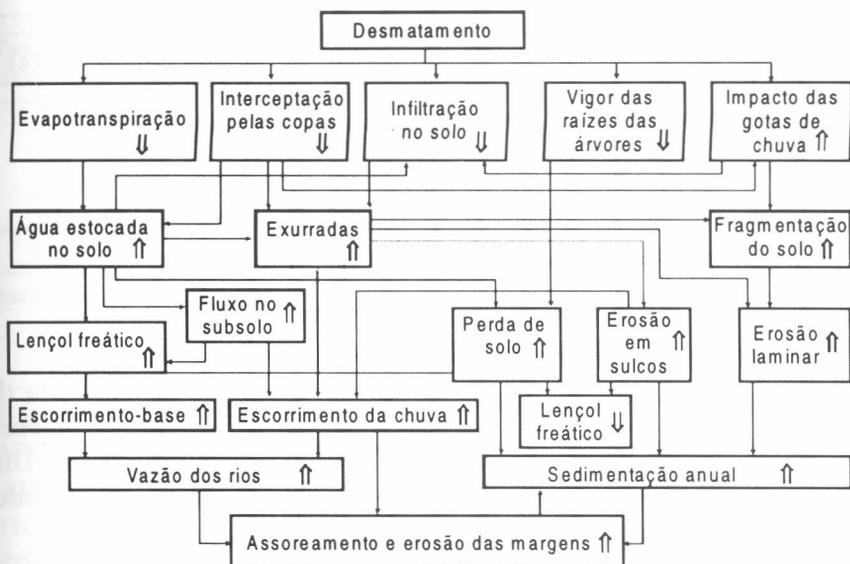


Fig. 1. Efeitos do desmatamento sobre a água e o solo de uma bacia. ↑ significa aumento ou elevação. ↓ significa redução ou abaixamento. Fonte: Hamilton & King citado por Wali (1992).

TABELA 7. Capacidade de infiltração do solo segundo sua cobertura. Média de quatro tipos de solo no centro-sudeste dos Estados Unidos.

Tratamento	Infiltração (mm de água/h)
Solo de floresta com serrapilheira intacta	59,9
Solo de floresta com serrapilheira removida mecanicamente*	49,3
Solo de floresta com serrapilheira queimada anualmente	40,1
Pastagem degradada	24,1

* Camadas L e F.
Fonte: Arend (1941).

TABELA 8. Efeito da modalidade de uso do solo sobre as perdas por erosão. Médias ponderadas para três tipos de solo do Estado de São Paulo.

Tipo de uso	Perdas de	
	Solo (t/ha)	Água (% da chuva)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cafezal	0,9	1,1
Algodoad	26,6	7,2

Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990).

TABELA 9. Perdas de solo e de água e infiltração (média de 6 anos agrícolas) em Latossolo Vermelho-Escuro com 5,5% de declive sob diferentes cultivos, no Distrito Federal. Precipitação média anual no período: 1610 mm.

Preparo do solo	Perdas de		Infiltração (% da chuva)
	Solo (t/ha)	Água (mm)	
Solo descoberto	53	293	76
Milho convencional	29	264	79
Arroz convencional	8	257	79
Soja convencional	9	180	86
Soja em palha	6	216	83
Soja plantio direto	5	168	87
Vegetação permanente*	0,1	15	99

**Brachiaria decumbens* submetida anualmente a adubações de manutenção e a 1-2 cortes manuais.

Fonte: Dedecek et al. (1986).

Entretanto, plantações florestais de espécies de crescimento rápido, principalmente na fase jovem, podem “consumir”, por interceptação da chuva pelas copas e por absorção

TABELA 10. Perdas de água por escoamento superficial em áreas de floresta e de pastagem na Europa Central.

Floresta de abeto			Pastagem		
Precipitação (mm/hora)	Enxurrada		Precipitação (mm/hora)	Enxurrada	
	m ³ .s ⁻¹ .km ⁻²	% da chuva		m ³ .s ⁻¹ .km ⁻²	% da chuva
15,5	0,09	2,13	15,5	0,88	20,25
29,5	0,30	3,69	31,0	2,67	30,68
44,5	0,53	4,30	40,4	6,06	55,76
55,5	0,62	4,08	50,8	8,17	57,91
79,5	0,90	4,06	65,6	10,50	57,72
88,0	1,33	5,44	94,8	17,44	66,27

Fonte: Stredanský (1994).

da água do solo, mais água do que a vegetação natural ou culturas agrícolas que elas substituíram (Tabela 11), diminuindo a quantidade que vai para os rios locais. A redução é percebida principalmente quando ocorre um conjunto de condições agravadoras, como solos rasos, precipitações baixas e grande parte da bacia coberta por plantação florestal. Para contornar a possibilidade de redução excessiva do deflúvio, prejudicial para usuários localizados à jusante, há opções de outros usos da terra em parte da microbacia e de inovações na própria atividade florestal. Ressalte-se que conflitos por água em decorrência de escassez provocada por plantações florestais não foram ainda noticiados no Brasil.

Portanto, quando a finalidade importante de uma bacia é a produção de água, sua cobertura vegetal deve ser bem planejada. Plantações florestais comerciais podem participar sob certas condicionantes, referentes a distribuição espacial, espécies, manejo silvicultural, entre outras. As plantações, idealmente, devem ter interceptação baixa, o que deixa entrar mais água dentro do ecossistema florestal, e transpiração baixa, o que diminui a saída. A transpiração baixa pode ser obtida

TABELA 11. Alguns resultados experimentais do efeito do reflorestamento sobre a produção de água em microbacias. A diminuição do deflúvio anual* representa valores médios, medidos à idade da plantação indicada.

Local	Tratamento	Diminuição (mm/ano)
África do Sul	98% da bacia reflorestada com <i>Pinus radiata</i> (16 anos)	356
Ohio, EUA	70% da bacia reflorestada com <i>Pinus</i> (19 anos); restante já com floresta	135
Carolina do Norte	Corte raso da floresta natural de latifoliadas mistas e reflorestamento da bacia com <i>Pinus strobus</i> (13 anos)	200
África do Sul	100% da bacia, originalmente coberta com savana, reflorestada com <i>Eucalyptus grandis</i> (5 anos)	371
África do Sul	100% da bacia de campo arbustivo reflorestada com <i>Eucalyptus grandis</i> (3 anos)	200
Índia	60% da bacia reflorestada com <i>Eucalyptus globulus</i> (10 anos)	87
Ilhas Fiji	100% da bacia reflorestada com <i>Pinus caribaea</i> (18 anos)	300
São Paulo	98% da bacia (anteriormente com pastagem) plantada com <i>Eucalyptus saligna</i> (7 anos)	200

* O deflúvio anual indica a quantidade de água que sai da bacia por seu maior rio e pode ser comparado diretamente com a precipitação; 1 mm/ano representa 10 m³/ano para cada hectare da bacia.

Fonte: Lima (1997).

com espécies que apresentem sistema radicular superficial e controle estomático bem definido, o qual determina a interrupção da transpiração quando o solo tem pouca água. A realização freqüente de desbastes e desramas causa redução moderada das perdas de água por interceptação e por transpiração. O alongamento da rotação das plantações contribui para redu-

zir o consumo de água, paralelamente à redução da velocidade de crescimento das árvores com o aumento da sua idade. A vegetação natural presente na microbacia deve ser mantida o quanto possível e protegida contra distúrbios: por ter crescimento mais lento que as plantações, ela consome menos água.

O emprego de gramíneas em bacias de produção de água, em teoria, é aceitável, pois, quando bem manejadas, elas podem permitir infiltração alta e perdas baixas de solo e de água (Tabelas 8 e 9). Todavia, no Brasil e em grande parte do mundo, na prática, as pastagens são muito sujeitas a pastoreio excessivo e a incêndios periódicos, que resultam em diminuição da infiltração e em aumento de erosão (Tabelas 7 e 10). Por isso, a cobertura florestal geralmente é preferida.

Algumas conseqüências da remoção da floresta ciliar

Vegetação ciliar, ripária ou ripícola é aquela que margeia os corpos de água, como rios, riachos e lagoas, tendo comumente porte arbóreo ou arbustivo em ambientes não perturbados.

A vegetação ciliar ou ripária influencia de vários modos os corpos de água, e sua remoção causa prejuízos para o homem e para a Natureza. Por isso, a legislação brasileira considera a faixa ripária como área de preservação permanente, exigindo a manutenção ou reconstrução da vegetação original, conforme o seguinte:

- Faixa de 30 m nas margens dos cursos de água que tenham menos de 10 m de largura.
- Faixa de 50 m nas margens, para cursos de água com 10 m a 50 m de largura.
- Faixa de 100 m, para rios com 50 m a 200 m de largura.
- Faixa de 200 m, para rios com 200 m a 600 m de largura.

- Faixa de 500 m, para rios com largura superior a 600 m.
- Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água natural ou artificial.
- Nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m de largura.

O papel filtrante da mata ciliar

A mata ciliar pode melhorar a qualidade da água por reter grande parte de nitrogênio e fósforo vindos das áreas cultivadas vizinhas. A eliminação da mata ciliar favorece a eutrofização ou adubação excessiva do corpo d'água com esses nutrientes, e conseqüente proliferação de algas e mortalidade de plantas aquáticas e peixes. O excesso de nitrato na água potável pode causar uma doença grave em bebês e nas vacas prenhes e seus fetos, a metemoglobinemia ou doença da criança azul.

Quando a mata ciliar recebe grandes quantidades de nutrientes por tempo prolongado, exercendo intensamente o papel filtrante, a exploração periódica da sua parte mais externa é recomendada tecnicamente. Isto serve para remover os nutrientes capturados pelas árvores e refazer a capacidade de absorção da floresta, associada ao crescimento inicial rápido da nova vegetação. Esse procedimento, entretanto, não é previsto pela legislação em vigor no Brasil.

As raízes da vegetação ciliar seguram o solo das margens, portanto sua remoção pode causar desbarrancamento, levando a aumentos de turbidez e do assoreamento. A mata ciliar também retém sedimentos oriundos de áreas agrícolas anexas. A sedimentação diminui a penetração da luz na água, afetando o crescimento e a reprodução de plantas aquáticas benéficas, e causa assoreamento, o qual interfere na alimentação e reprodução de peixes e insetos aquáticos. Para alguns peixes,

concentrações muito altas de sedimentos podem causar mortalidade mesmo de adultos, por danos à respiração e à circulação sangüínea. O assoreamento ainda aumenta o risco de enchentes cujos danos são consideráveis. Por exemplo, nos Estados Unidos, em 1988, os danos atingiram US\$6,5 bilhões. Obviamente, uma parte das enchentes é inevitável. Em uma microbacia, o controle da perda de solo pela vegetação depende de práticas em toda a paisagem, e não só na faixa ciliar.

A contenção satisfatória de sedimentos por florestas ciliares é o critério isolado, para o qual é mais fácil determinar experimentalmente a largura necessária. Ela varia principalmente com declividade, características físicas dos solos das áreas adjacentes e sua cobertura vegetal, pelo que sua extrapolação entre locais também é facilitada. Em pesquisas realizadas em várias partes do mundo, os valores ideais têm sido determinados geralmente entre 10 m e 90 m. Deve-se lembrar que determinações baseadas em outros critérios, como a conservação de uma certa proporção da biodiversidade original, podem levar a resultados muito diferentes.

Influências sobre a flora e a fauna

Há várias razões para manter a biodiversidade:

- Utilitária, como a descoberta de novos medicamentos e a prestação de certos serviços, como o controle biológico de pragas por inimigos naturais.
- Estética, com implicações desde o ecoturismo até a saúde psicológica.
- Moral, baseada no princípio de que todas as espécies têm o direito de existir.
- Ecológica, considerando que a cada espécie é importante para a persistência dos sistemas ecológicos onde ela habita, como a floresta ou um riacho.

As faixas ciliares em ambientes bem conservados são extremamente importantes pela riqueza biológica, principalmente da fauna. Um motivo é que certas vegetações, como várzeas e matas pantanosas, só ocorrem na faixa ciliar, favorecendo uma fauna característica. Outra razão é que a faixa ciliar com frequência abriga bordas naturais, isto é, locais onde vegetações diferentes (devido ao relevo, ao tipo de solo, ao estágio sucessional, etc.) se encontram. Por exemplo: o encontro de uma floresta baixa da parte alagada junto ao rio com uma floresta alta da encosta, e desta com um cerrado mais acima. Na borda e em sua área adjacente de mistura de vegetações (ecótono) aumenta o número de espécies de animais, pois eles podem usar as duas vegetações para satisfazer suas necessidades básicas, como alimentação e refúgio.

Cada mata ciliar isolada tem alcance limitado quanto à manutenção da biodiversidade. Muitas espécies de animais (Tabela 12) e de árvores (como a paineira *Chorisia speciosa*, a

TABELA 12. Tamanhos de áreas florestais necessárias para conservação de alguns animais dos trópicos americanos.

Organismo	Área ocupada por uma unidade reprodutiva (ha)
Colônia de formigas	0,01
Borboleta (toda a sua cadeia alimentar)	2-10
Bando de bugios	25
Pássaro especialista em clareira	30-100
Grupo de macacos-aranha	150
Bando de sagüis	500
Arara-roxa	> 1.000
Onça	5.000
Bando de queixadas	> 10.000
Certas aves frugívoras	> 10.000

Fonte: Terborgh (1992).

corticeira-da-serra *Erythrina falcata* e os jequitibás, todas de baixa densidade populacional nas florestas naturais) exigem áreas grandes para perpetuar-se. Isto ressalta a importância de que as matas ciliares sejam refeitas o quanto possível, e que sejam interligadas.

Além de constituir um habitat para a fauna e a flora terrestres, a floresta ciliar bem conservada tem efeitos importantes sobre as plantas e animais dos corpos de água adjacentes (Tabela 13).

TABELA 13. Papel da vegetação ripária em relação aos ecossistemas aquáticos.

Local	Componente da vegetação	Função
Sobre o canal	Copas e troncos	Controle da temperatura e da produção primária, por sombreamento. Fornecimento de detritos orgânicos grandes e pequenos.
No canal	Resíduos grandes de vegetais (troncos e galhadas)	Controle do fluxo da água e de sedimentos. Delimitação de habitats, como remansos e redemoinhos. Substrato para atividades biológicas, como morada de animais e fonte de alimentação para microrganismos, invertebrados e vertebrados.
Na margem	Raízes	Aumento da estabilidade das margens. Formação de bancos de sedimentos. Captação de nutrientes do fundo do canal e da correnteza.
Nas várzeas	Troncos e vegetação baixa	Retardamento do movimento de sedimentos, água e resíduos durante as cheias.

Fonte: Swanson et al. citado por Naiman et al. (1992).

A mata ciliar regula a temperatura dos cursos d'água, principalmente os de menor volume. Com o desmatamento, a temperatura da água e a demanda por O_2 dissolvido aumentam, afetando a vida dos animais aquáticos.

O folheto da mata ciliar que cai na água constitui, principalmente da maneira indireta, por sua decomposição, alimentação importante para os organismos aquáticos (Figura 2).

Com a remoção da mata ciliar, diminui toda a vida de plantas e de animais do rio, pelo enfraquecimento da cadeia

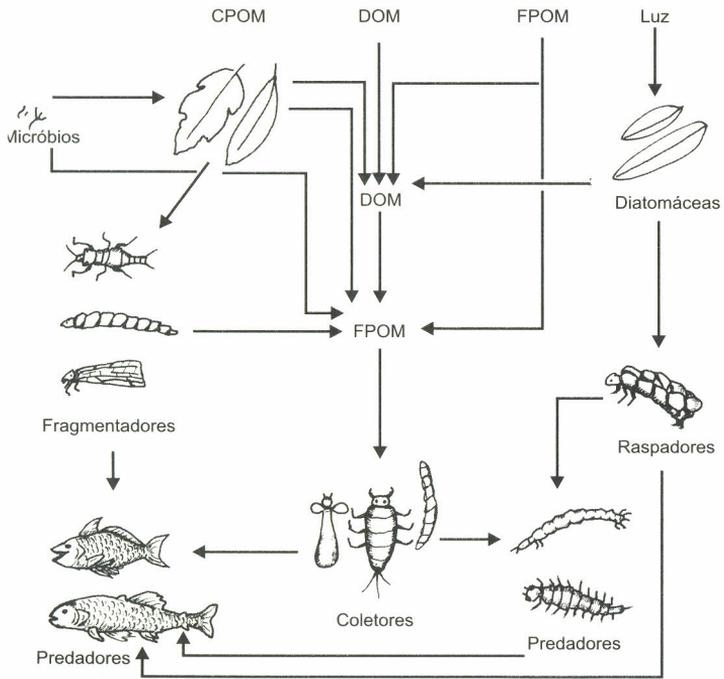


Fig. 2. Uma cadeia alimentar de um riacho que atravessa uma floresta. As entradas de energia incluem: CPOM = folhas e outros resíduos caídos das árvores, que são colonizados por micróbios (como fungos); plantas microscópicas, principalmente algas diatomáceas; DOM = matéria orgânica dissolvida; FPOM = matéria orgânica finalmente dividida.

Fonte: Cummins modificado por Allan (1995).

alimentar. O papel da mata ciliar como fonte de alimentos é mais destacado nas correntes menores, de cabeceira. À medida que o rio fica maior, a importância da vegetação ripária local diminui, mas a teia alimentar ainda é muito beneficiada por nutrientes e matéria orgânica finamente particulada vindas da mata ciliar acima.

Troncos e galhadas caídos no rio são importantes para a fauna aquática, influenciando na qualidade e na velocidade da água e na reprodução e alimentação dos organismos; sua ação é maior nos rios menores. Por criar locais diferenciados dentro do rio, os resíduos lenhosos grandes contribuem para aumentar sua biodiversidade. Como exemplo de riachos brasileiros, fora de áreas de corredeiras, os troncos retêm a sedimentação na parte de cima da correnteza, formando bancos que podem ser colonizados por gramíneas, as quais servem de alimento e local para reprodução. Do outro lado do tronco forma-se um poço, procurado por peixes nas épocas frias. Cascudos, carás e pequenos caranguejos de rio utilizam troncos podres como tocas ou local de reprodução. Na América do Norte, a presença destes resíduos é considerada relevante na avaliação de qualidade e no manejo ou restauração de riachos.

Noções sobre a recuperação de ecossistemas florestais degradados

A palavra ecossistema deve ser entendida como o conjunto de seres vivos (flora, fauna e microrganismos) e fatores abióticos (clima e solo) em interação. Portanto, recuperar um ecossistema não é somente instalar uma cobertura vegetal com ações reguladoras do ciclo d'água, das quais a mais evidente é o controle da erosão. A preocupação com a forma do ecossistema, isto é, com sua diversidade biológica, é exigida na legislação quando da recomposição das áreas de preservação permanente, como as faixas ciliares. Existem técnicas para

recuperar a forma, mas elas são pouco divulgadas, o que contribui para que a recuperação comumente fracasse no campo. A aplicação de técnicas corretas para recuperar a forma deve ser fundamentada em conceitos claros e de aplicação simples desde o planejamento das atividades.

A recuperação ambiental admite os níveis de restauração (obtenção de ecossistema idêntico ao original), reabilitação (parecido com o original, por critérios como porte da vegetação e espécies) e substituição (criação de um ecossistema novo em lugar do antigo, por exemplo, um lago após atividades de uma pedreira que destruiu a floresta e seu solo). A reabilitação é geralmente o nível de recuperação desejado, na prática.

Ecossistema florestal degradado ou floresta degradada é o que não apresenta resiliência, isto é, não consegue, após distúrbios como queima, exploração ou ventanias, recuperar-se por seus próprios meios em um tempo considerado aceitável pelo homem. Os principais meios de recuperação de um ecossistema florestal são: rebrotações, banco de sementes do solo e chegada de sementes de outras matas. Quando o ecossistema é resiliente, a ação do homem pode se limitar, apenas, a impedir que novos distúrbios ocorram. A cessação de distúrbios é passo inicial e indispensável em qualquer atividade de recuperação. Roçada, fogo, pastoreio e erosão são os distúrbios mais comuns em propriedades rurais.

Um aterro de mineração ou uma margem de estrada terraplenada são exemplos de ecossistema degradado com solo também degradado. Um trecho de beira de rio, ocupado por pasto, sem florestas próximas que possam funcionar como fonte de sementes, é um ecossistema degradado sem solo degradado, onde a ausência das árvores e de animais silvestres confere a degradação ao ecossistema. As práticas de recuperação diferem muito entre os dois casos. Esteja ou não o solo degradado, as áreas em recuperação devem ser encaradas como áreas

sob cultivo, mesmo que incipiente, recebendo cuidados básicos como proteção física, fertilização, controle de formigas e limpezas seletivas periódicas. Outro ponto comum é que, no planejamento das atividades, deve-se levar em conta e valorizar a vegetação remanescente na área a recuperar ou nas vizinhanças.

Quando o solo está degradado, por exemplo, num aterro, a primeira fase para a recuperação do ecossistema é a reabilitação do solo, e pode estender-se por vários anos. As ações visam principalmente parar a erosão e recuperar a fertilidade do solo. Espécies herbáceas e arbustivas rústicas e espécies com associações simbióticas são valorizadas; exemplos: gramíneas (estrela-africana; o capim-barba-de-bode, *Aristida pallens*; a cortadeira, *Cortaderia selloana*), os adubos verdes mucuna-preta, feijão-de-porco e puerárias, as cordas-de-viola (gênero *Ipomoea*, para barrancos; dão flores muitos meses por ano) e arbustos de copa densa, como várias espécies nativas do gênero *Mimosa*. O plantio de árvores, quando o terreno permitir, deve ser feito principalmente com espécies leguminosas pioneiras, facilitadoras da sucessão, e com espécies rústicas cujas flores ou frutos atraíam animais, especialmente pássaros e morcegos; esses animais trazem sementes de outras espécies.

Quando o solo não está degradado, as opções técnicas para a recuperação (Figura 3) vão desde a cobertura total da área por um talhão facilitador até a simples proteção da área contra novos distúrbios. Os custos de implantação e manutenção acompanham a velocidade de recuperação. Como a atividade não dá retorno econômico direto ao proprietário, a opção ideal (I) torna-se de concretização difícil por exigir mais gastos, sendo uma atitude realista perseguir resultados mais demorados (Figura 3, opções II a V).

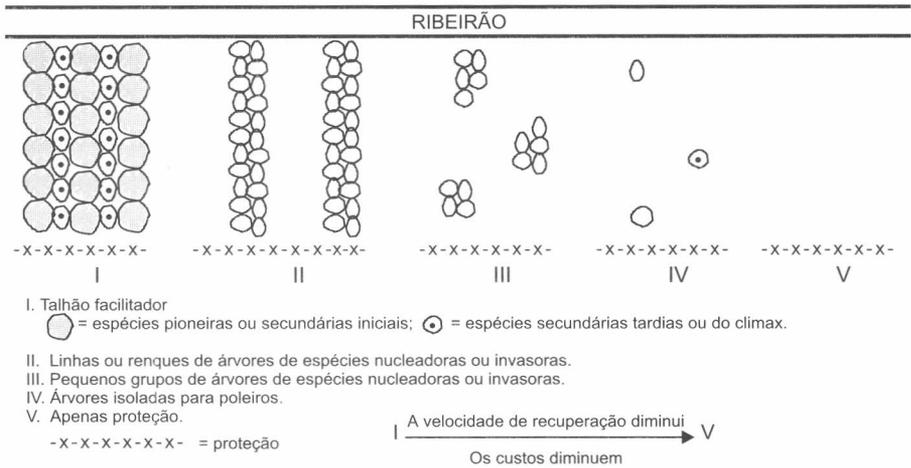


Fig. 3. Alternativas silviculturais para recuperação de uma mata ciliar (esquema simplificado).
 Fonte: Carpanezzi, 1998.

O talhão facilitador (Figura 3, opção I) constitui um plantio bem diversificado de espécies arbóreas nativas, planejado com base na sucessão secundária, sendo implantado e mantido inicialmente como se fosse um cultivo. As espécies pioneiras e secundárias iniciais têm crescimento rápido, contribuindo para cobrir logo o terreno, e morrem mais cedo (principalmente as pioneiras), liberando gradativamente espaços para as espécies secundárias tardias e de clímax.

O uso de espécies nucleadoras (Figura 3, opções II e III) baseia-se em sua capacidade alta de atrair animais, principalmente aves e morcegos, que trazem sementes de locais distantes. As espécies invasoras são valiosas pela capacidade de ocupar áreas abertas, a partir de sementes produzidas localmente. Árvores como embaúbas (gênero *Cecropia*) são, simultaneamente, nucleadoras e invasoras. A ocupação inicial do terreno por renque ou grupos pequenos contribui para a criação de bordas e permite reduzir os tratamentos silviculturais, deixando a

ocupação gradativa dos espaços abertos por conta da regeneração natural. Todavia, se a vegetação dos espaços abertos for muito agressiva ou criar risco de incêndios, como é caso de pastagem de braquiária, é conveniente alguma intervenção humana, como capinas pontuais para liberação das espécies desejáveis ou pastejo controlado.

A função de poleiro, locais onde as aves pousam, é inerente a qualquer árvore, e mesmo às árvores mortas ou postes de madeira isolados numa pastagem em recuperação ambiental (Figura 3, opção IV). As aves que param nos poleiros depositam sementes por defecação e regurgitação, de modo que a regeneração natural é maior e mais diversificada perto de um poleiro que longe dele. Ao se implantar árvores para poleiros, é importante preferir espécies que sejam visitadas por animais, devido aos seus frutos ou flores: a regeneração natural ao redor do poleiro será mais variada.

Quando a área é apenas protegida (Figura 3, opção V), a rapidez da recuperação ambiental depende muito das características das vegetações que existem no local e nas vizinhanças. Quanto mais agressiva for a vegetação local presente, mais difícil será o estabelecimento da regeneração natural de plantas desejáveis. Por isso, limpezas seletivas esporádicas ou pastejo controlado são benéficos e permitem, em pouco tempo, formar poleiros e pequenos grupos de plantas nucleadoras/invasoras, que aceleram o processo. As vegetações arbóreas vizinhas funcionam melhor como fonte de sementes de espécies desejáveis para a área protegida, na medida em que sejam frequentes, bem posicionadas e bem conservadas.

As espécies plantadas em qualquer uma das alternativas (Figura 3) devem ser selecionadas não apenas em função de seus atributos ecológicos, mas também por aspectos do comportamento silvicultural, principalmente na fase de implantação, como rapidez de crescimento e tolerância a plantas daninhas.

Por isso, muitas espécies com forte apelo emocional junto à sociedade só devem ser empregadas quando houver certeza que seu comportamento silvicultural inadequado será compensado por cuidados extras no campo.

Em suma, o sucesso de ações de recuperação de ecossistemas degradados requer que sejam aplicadas técnicas adequadas para cada caso e local, como espécies participantes e práticas de implantação, manutenção e manejo. Todavia, hoje a maioria das entidades ambientais, públicas ou particulares, não está informada ou estruturada para isso.

Referências Bibliográficas

- ALLAN, J.D. *Stream ecology: structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall, 1995. 388p.
- AREND, J.L. Infiltration as affected by the forest floor. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.6, p.430-435, 1941.
- BERNATZKY, A. *Tree ecology and preservation*. Amsterdam: Elsevier, 1978. 357p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BOTKIN, D.B.; TALBOT, L.M. Biological diversity and forests. In: SHARMA, N.R., ed. *Managing the world's forests*. Dubuque: Kendall / Hunt Publ., 1992. p.47-74.
- CALDER, I.R. Water use of eucalypts: a review. In: CALDER, I.R.; HALL, R.L.; ADLARD, P.G., ed. *Growth and water use of forest plantations*. Chichester: J. Wiley, 1992. p.167-179.

- CARPANEZZI, A.A. Espécies para recuperação ambiental. In: SEMINÁRIO ESPÉCIES NÃO TRADICIONAIS PARA PLANTIOS COM FINALIDADES PRODUTIVAS E AMBIENTAIS, 1998, Curitiba. *Anais*. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1998. p.43.
- CIESLA, W.M. *Climate change, forests and forest management*. Rome: FAO, 1995. 108p. (FAO Forestry Paper, 126).
- CLINNICK, P.F. Buffer strips management in forest operations: a review. *Australian Forestry*, Canberra, v.48, n.1, p.34-45, 1985.
- CLOUD, P.; GIBOR, A. O ciclo do oxigênio. In: CLOUD, P.; GIBOR, A. *A biosfera*. São Paulo: EDUSP / Polígono, 1974. p.65-76.
- DECOURT, N. Sobre algunas funciones de los arboles y bosques en el medio urbano. In: PESSON, P., ed. *Ecologia forestal*. Madrid: Mundi-Prensa, 1978. p.67-76.
- DEDECEK, R.A. ; RESCK, D.V.S.; FREITAS JÚNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.265-272, 1986.
- DOCHINGER, L.S. *How trees help clean the air*. Washington: USDA. Forest Service, 1977. 10p. (USDA. For. Serv. Agriculture Information, 412).
- EMERICH, W.; MARCONDES, M.A.P. Algumas características do manejo de bacias hidrográficas. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, n.18, p.1-24, 1975.
- FAO (Roma, Itália). *Forest influences*. Rome, 1962. 307p. (FAO. Forestry and Forest Products Studies, 15).

- FREEDMAN, B. *Environmental ecology*. San Diego: Academic, 1989. 424p.
- GASH, H.C.; SHUTTLEWORTH, J. . Tropical deforestation: albedo and surface-energy balance. In: MYERS, N., ed. *Tropical forests and climate*. Dordrecht: Kluwer, 1992. p.123-133.
- GREY, G.W.; DENEKE, F.J. Benefits of the urban forestry. In: GREY, G.W.; DENEKE, F.J. *Urban forestry*. New York: J. Wiley, 1978. p.43-102.
- GUTBERLET, J. *Cubatão: desenvolvimento, exclusão social, degradação ambiental*. São Paulo: Edusp / FAPESP, 1996. 244p.
- HAAG, H. P., coord. *Chuvas ácidas*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 75p.
- HAMILTON, L.S. Overcoming myths about soil and water impacts of tropical forest land uses. In: EL-SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C. ; LO, A., ed. *Soil erosion and conservation*. Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1985. p.689-690.
- HARDING, R.J. The modification of climate by forests. In: CALDER, I.R.; HALL, R.L.; ADLARD, P.G., ed. *Growth and water use of forest plantations*. Chichester: J. Wiley, 1992. p.332-346.
- HINTZ, D.L.; BRANDLE, J.R., ed. *Proceedings of the International Symposium on Windbreak Technology*. Lincoln: Great Plains Agricultural Council, 1986. 269p. (Great Plains Agricultural Council Publication, 117).
- HUETTL, R.F; MUELLER-DOMBOIS, D., coord. *Forest decline in the Atlantic and Pacific regions*. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 366p.

- KIELBASO, J.L. Urban forestry and quality of life in cities. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. *Anais*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura / Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v.3, p.122-126.
- KOZARIK, J.C.M. *Los sistemas agroforestales en Argentina*. Eldorado: Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales, 1994. 73p. (Serie Técnica, 2).
- LAMBERT, P. Pesquisa mede o custo da poluição. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 19 ago. 1999. Cotidiano, p.1, c.3.
- LIMA, W.P. As florestas e a poluição do ar. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v.1, n.1, p.1-41, 1980.
- LIMA, W.P. Indicadores hidrológicos do manejo sustentável de plantações de eucalipto. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, Salvador. *Anais*. Colombo: Embrapa, 1997. v.4, p.12-29.
- MEHER-HOMJI, V.M. Probable impact of deforestation on hidrological processes. In: MYERS, N., ed. *Tropical forests and climate*. Dordrecht: Kluwer, 1992. p.163-173.
- MENDES AROCHA, J.L. Papel de la vegetacion en el ciclo hidrologico. *Seforven*, Caracas, n.9, p.18-20, 1993.
- MERINO MERINO, D. *Cortavientos en agricultura*. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 80p.
- NAIMAN, R.J.; BEECHIE, J.; BENDA, L.E.; BERG, D.R.; BISSON, P.; MACDONALD, L.H.; O'CONNOR, D.O.M.; OLSON, L.P.; STEEL, E.A. Fundamental elements of ecologically healthy watersheds in the Pacific Northwest coastal region. In: NAIMAN, R.J., ed. *Watershed management: balancing sustainability and environmental change*. New York: Springer-Verlag, 1992. p.127-174.

- OEDEKOVEN, K.H.; SCHWAB, L. *Ordenamento florestal*. Curitiba: FAO, 1968. 114p.
- PATTON, D.R. The environment of wildlife. In: PATTON, D.R. *Wildlife habitat relationships in forested ecosystem*. Portland: Timber , 1992. p.40-80.
- PAVARI, A. *Quebra-ventos*. Lisboa: Bertrand, 1961. 179p.
- POORE, M.E.D.; FRIES, C. *The ecological effects of eucalyptus*. Rome: FAO, 1985. 87p. (FAO Forestry Paper, 59).
- READ, R.A. *Tree windbreaks for the central Great Plains*. Washington: USDA. Forest Service, 1964. 68p. (USDA. Agriculture Handbook, 250).
- RESENDE, S.B.; LANI, J.L.; RESENDE, M. Solo como reservatório dinâmico de produção de água. *Ação Ambiental*, Viçosa, v.1, n.3, p.23-26,dez./jan. 1998-1999.
- SALATI, E. Grandes problemas da Amazônia. In: FUNDAÇÃO SALIM FARAH MALUF (São Paulo, SP.). *Problemas ambientais brasileiros*. São Paulo, 1992. p.59-63.
- SALATI, E.; NOBRE, C.A. Possible climatic impacts of tropical deforestation. In: MYERS, N., ed. *Tropical forests and climate*. Dordrecht: Kluwer, 1992. p.177-196.
- SALZMAN, J. Ecosystem services and the law. *Conservation Biology*, Cambridge, v.12, n.13, p.497-498, 1998.
- SMITH, W.H. *Air pollution and forests: interactions between air contaminants and forest ecosystems*. New York: Springer-Verlag, 1990. 618p.
- STREDANSKÝ, J. Forests in landscape. In: DVORAK, J.; NOVÁK, L., ed. *Soil conservation and silviculture*. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.318-323.

- TERBOGH, J. Maintenance of diversity in tropical forests. *Biotropica*, Washington, v.24, n.2b, p.283-292, 1992.
- THOMAS, J.W.; MASER, C.; RODIEK, J.E. Riparian zones. In: THOMAS, J.W., ed. *Wildlife habitats in managed forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington*. Oregon: USDA. Forest Service, 1979. p.40-47. (USDA. Agriculture Handbook, 553).
- THOMAS, J. W.; MASER, C.; RODIEK, J. E. Edges. In: THOMAS, J. W., ed. *Wildlife habitats in managed forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington*. Oregon: USDA. Forest Service, 1979. p.48-59. (USDA. Agriculture Handbook, 553).
- TROEH, F.R.; HOBBS, J.A.; DONAHUE, R.L. Economics of soil conservation. In: TROEH, F.R.; HOBBS, J.A.; DONAHUE, R.L. *Soil and water conservation*. 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991. p.459-496.
- VICTÓRIA, R. Amazônia: queimadas e efeito estufa. In: FUNDAÇÃO SALIM FARAH MALUF (São Paulo, SP.). *Problemas ambientais brasileiros*. São Paulo, 1992. p.31-34.
- VICTÓRIA, R. A volta do pulmão do mundo. In: FUNDAÇÃO SALIM FARAH MALUF (São Paulo, SP.). *Problemas ambientais brasileiros*. São Paulo, 1992. p.81-84.
- WALI, M.K. Ecology of the rehabilitation process. In: WALI, M.K., ed. *Ecosystem rehabilitation: policy issues*. The Hague: SBP Academic , 1992. v.1, p.3-23.
- WELSCH, D.J. *Riparian forest buffers: function and design for protection and enhancement of water resources*. Radnor: USDA. Forest Service, 1992. 24p. (USDA. For. Serv. NA-PR-07-91).