

CAPÍTULO

9

A Fragmentação da Paisagem

Patricia Delamônica

William F. Laurance

Susan G. Laurance



Fragmento de floresta
de um hectare ao norte de Manaus.

Foto: Alexandre A. de Oliveira

É impossível esquecer aquela primeira visão da Floresta Amazônica. Era um dia claro, praticamente sem nuvens, que nos permitiu visibilidade perfeita pela janela do avião. Por mais de uma hora de vôo, a paisagem era uma só: a cobertura de floresta estendida por centenas de quilômetros, formando um tapete verde contínuo, serpenteado por inúmeros rios. O que mais chamava a atenção era a cor da água de um dos principais rios: escura, profunda, em tons de marrom-avermelhado que variavam conforme a profundidade. Um cenário muito diferente de qualquer outro que conhecíamos. Essa primeira imagem do Rio Negro ficou fortemente gravada na nossa memória pela beleza comovente e pela impressionante imensidão da floresta.

Com a proximidade de Manaus, a paisagem começa a mudar. O tapete verde deixa de ser contínuo. As manchas de floresta aparecem isoladas umas das outras por pastos e por desmatamentos para retirada de madeira e para outras atividades humanas, um cenário semelhante ao que tínhamos visto na Mata Atlântica, na região Sudeste, no início de nosso vôo.

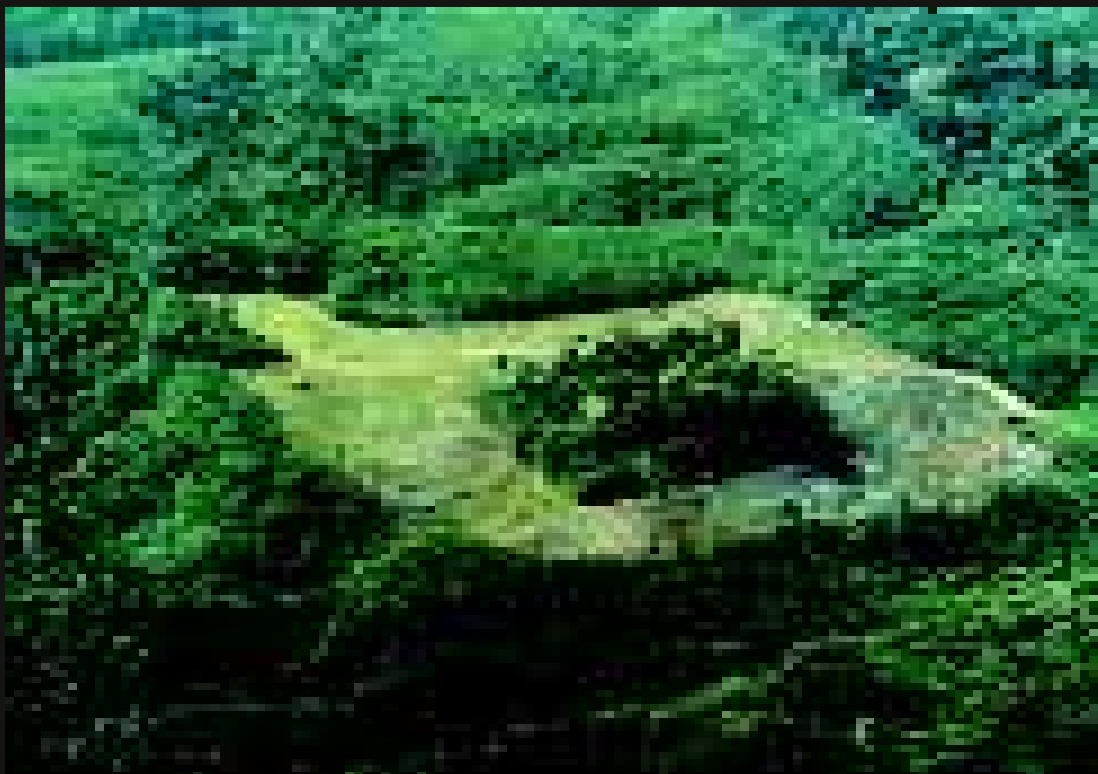
Hoje resta pouco mais de 5% da cobertura original da Floresta Atlântica e grande parte dos seus remanescentes apresenta-se em estado degradado ou em pequenos fragmentos, isolados por paisagens modificadas, em cidades, pastagens e plantações. O mesmo ocorre, em menor grau, com a vegetação de cerrados do Brasil Central, hoje reduzida a 30% da cobertura original. No entanto, os ambientes naturais do Cerrado e da região do Pantanal estão entre os mais drasticamente modificados pela ação humana nas últimas décadas, devido principalmente à expansão agrícola e pecuária.

Naquele momento, tomamos consciência do grande desafio à nossa frente: garantir a conservação da Floresta Amazônica, evitando que processos de devastação semelhantes aos ocorridos na Floresta Atlântica e no Cerrado comprometessem a grande diversidade biológica da região. Imediatamente nos lembramos do impacto que aquele rio de águas pretas e a floresta imensa nos causaram e nos perguntamos: qual será o futuro das florestas do Rio Negro?



Cobertura florestal continua no Rio Negro.

Foto: Marcos Pinheiro



Fragmento de 10 hectares isolado da floresta adjacente.

Foto: PDBFF

A FRAGMENTAÇÃO DA FLORESTA

As florestas tropicais são os ecossistemas terrestres de maior diversidade biológica do mundo e, apesar disso, vêm sendo destruídas a uma taxa de cerca de 30 hectares por minuto. Na Amazônia – maior área de floresta tropical remanescente do mundo – a taxa de desmatamento anual cresceu drasticamente entre as décadas de 70 e 80 e é ainda alarmante.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o INPE, a área total desmatada na Amazônia brasileira aumentou significativamente nos últimos anos – de cerca de 1,1 milhão de hectares em 1991 para quase 2 milhões de hectares em 1997. Uma área equivalente ao tamanho de um país como a Bélgica abrindo-se na floresta a cada ano.

Nas últimas décadas, desmatamentos em grande escala têm se concentrado nas porções leste e sul da Amazônia. A leste, o Estado do Pará é o mais atingido, devido aos efeitos diretos e indiretos da estrada Belém–Brasília. Ao sul, os Estados de Rondônia, Acre e Mato Grosso são os mais devastados, também em consequência da construção de estradas. Apesar das altas taxas de desmatamento, grandes trechos de floresta ainda estão intactos. A Bacia do Rio Negro é um dos melhores exemplos de floresta contínua preservada na Amazônia.

Uma das principais consequências dos desmatamentos é a formação de uma paisagem altamente fragmentada, na qual as ilhas de florestas remanescentes ficam isoladas por um mar hostil, representado por grandes áreas de pasto, plantações ou outros ambientes alterados. A perda da cobertura florestal, associada à sua fragmentação, representa uma grande ameaça à biodiversidade.

A compreensão do processo de fragmentação florestal é essencial não somente para conhecer os seus efeitos sobre os organismos vegetais e animais, mas também para tentar diminuir as suas consequências sobre os ecossistemas. Conhecer os efeitos desse processo permite planejar a ocupação humana na região e a distribuição dos remanescentes de floresta, de modo a manter uma boa parte da diversidade de espécies.

Existem poucos trabalhos sobre os efeitos da fragmentação sobre a floresta. Alguns estudos mais recentes chegaram a resultados muito interessantes e vêm propondo alternativas para reduzir seus efeitos. A maioria das informações apresentadas neste capítulo é proveniente dos resultados obtidos ao longo dos 20 anos de pesquisa do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais, que estuda as florestas de terra firme da região do baixo Rio Negro.



Área desmatada e queimada para o estabelecimento
de pastagem em fazenda ao norte de Manaus.
Em segundo plano, um fragmento de floresta isolado.

Foto: Alexandre A. de Oliveira

CONSEQÜÊNCIAS DA FRAGMENTAÇÃO

EFEITOS DE BORDA

A fragmentação é decorrente do desmatamento de trechos de floresta contínua, que isola pedaços de floresta de diferentes tamanhos, em meio a áreas perturbadas. A partir do isolamento, a periferia dessas ilhas de vegetação fica mais exposta à insolação e à modificação do regime de ventos. Essas mudanças provocadas pelos limites artificiais da floresta são chamadas de efeitos de borda, e têm enorme impacto sobre os organismos que vivem nesses ambientes fragmentados.

Sob condições normais, as florestas tropicais têm um ritmo próprio, com árvores morrendo e regenerando a taxas moderadas e, principalmente, constantes. Normalmente, algo entre 1 e 2% das árvores da floresta morrem e são substituídas por outras no decorrer de um ano. O efeito mais imediato da fragmentação é a alteração dessa dinâmica natural, com o aumento dramático da mortalidade de árvores, que chega a taxas entre 5 e 30 vezes maiores. Em um hectare de floresta sem perturbação contam-se cerca de 600 árvores adultas, morrendo a cada ano cerca de seis dessas árvores, enquanto outras seis alcançam o diâmetro de 10 centímetros. Já nos fragmentos, em um ano morrem de 30 a 180 árvores por hectare, e o crescimento das jovens não aumenta o suficiente para contrabalançar essa perda de indivíduos.

O aumento da mortalidade de árvores ocorre, em primeiro lugar, em decorrência das modificações do clima do interior do fragmento (microclima) e da maior exposição aos ventos na proximidade das bordas. As mudanças microclimáticas envolvem basicamente a redução da umidade do ar e o aumento da temperatura. Essas modificações são mais fortes quanto mais próximas da borda e tendem a se amenizar em direção ao centro do fragmento. Percebem-se alterações na taxa de mortalidade de árvores a até 100 metros de distância da borda.

O aumento da exposição a ventos e turbulências também provoca grandes danos às árvores e modifica a estrutura e a aparência da floresta. Os ventos causam maior impacto nos 100 metros mais próximos da borda, mas sua influência pode chegar a até 300 metros borda adentro.

Quanto menor o fragmento, maior será o nível de perturbação para a floresta. Por exemplo, se considerarmos que o efeito de borda é mais pronunciado nos primeiros 100 metros a partir da faixa desmatada, um fragmento quadrado, com 100 metros de lado



Árvore danificada
na borda de floresta.

Imagem: PDBFF



Vista aérea da borda da floresta
de uma área desmatada
na região do baixo Rio Negro.

Foto: Smithsonian Institution

(10.000 m², ou 1 hectare), terá toda a vegetação remanescente perturbada, enquanto um fragmento maior, com 1.000 metros de lado (100 hectares), sofrerá alterações em 85% de sua área.

Diferentemente das mudanças no microclima, o dano causado pelos ventos ocorre em escalas espaciais muito maiores e não tende a diminuir com o tempo. As taxas de mortalidade e de danos das árvores se mantêm elevadas por mais de dez anos, e podem chegar a ser sentidas até 17 anos depois da fragmentação da floresta.

Outra mudança drástica que ocorre na aparência da vegetação nos fragmentos é a invasão por cipós. A abundância de árvores pequenas e pouco espaçadas na borda dos fragmentos aumenta a incidência de luz e favorece a proliferação de plantas trepadeiras que necessitam de apoio para crescer. Utilizam as árvores como suporte físico para alcançar as copas da floresta e assim receber mais luz e acelerar o seu desenvolvimento, sem a necessidade de investir em tecidos para sua sustentação. Os cipós competem com as árvores por luz, água e nutrientes, afetando não só o desenvolvimento das árvores como também a produção de frutos. Além disso, provocam a quebra de galhos e a queda de árvores, o que facilita o acesso de herbívoros e aumenta a suscetibilidade das árvores às doenças, potencializando os efeitos do vento e do fogo.

EFEITOS SOBRE CLIMA E BIOMASSA

A Floresta Amazônica não é importante apenas pela diversidade de vida que abriga, mas também por ser um sistema regional que regula, em uma escala maior, temperatura, chuvas e o ciclo de gases como o oxigênio e o gás carbônico. A matéria viva vegetal (biomassa) contém grande quantidade de carbono, que, ao se decompor após a morte das árvores, é liberado na forma de gás carbônico. Esse gás é capturado novamente durante o crescimento das plantas pela fotossíntese. Quando a floresta é derrubada e queimada, uma quantidade muito grande de CO₂ é liberada rapidamente sem que haja tempo para que o excedente de CO₂ seja consumido pelas plantas em crescimento. O gás carbônico é um dos principais responsáveis pelo efeito estufa, portanto o aumento na mortalidade das árvores pode ter implicações importantes na modificação do clima regional e possivelmente global.

Uma descoberta surpreendente é que a fragmentação da floresta leva também a uma perda substancial de biomassa vegetal. De 15 a 35% da biomassa de árvores é perdida entre os primeiros cinco e dez anos posteriores à fragmentação, por causa da elevada mortalidade



Nas bordas dos fragmentos, devido a maior incidência de luz, cipós e trepadeiras crescem mais profusamente.

Imagem: PDBFF

de árvores de grande porte que ocorre nos primeiros 100 metros da borda. Inicialmente, pensava-se que o aumento da quantidade de cipós e a regeneração de árvores novas pudessem compensar essa perda, mas hoje sabemos que a compensação é apenas parcial.

A substituição da floresta por pastagem ou por monoculturas como a de soja, além de aumentar a liberação de CO₂ para a atmosfera, desequilibra o ciclo da água. Grande parte da umidade do ar na Amazônia é proveniente de processos de transpiração e evaporação que ocorrem na floresta. As chuvas que caem na região têm origem na umidade da própria floresta. Dessa forma, a fragmentação e a transformação da floresta podem alterar os ciclos de chuva e produzir impactos no clima de outras regiões.

EFEITOS SOBRE A DIVERSIDADE

A fragmentação altera também a composição e a riqueza de espécies da floresta. As florestas tropicais abrigam uma diversidade extraordinária de espécies arbóreas. Em uma quadra de 100 x 100 metros podem ser encontradas até 300 espécies de árvores com mais de 10 cm de diâmetro (ver Capítulo 3). Existem vários mecanismos através dos quais as populações de plantas podem sofrer declínios ou até mesmo desaparecer em ambientes fragmentados.

Nos fragmentos, as espécies adaptadas às perturbações são favorecidas, em detrimento daquelas características de florestas maduras. Isso quer dizer que espécies com baixas densidades de indivíduos e de importância econômica na floresta, como o angelim (*Dinizia excelsa*) e a maçaranduba (*Manilkara huberi*), podem desaparecer, dando lugar a espécies mais comuns e com populações de alta densidade, como a embaúba (*Cecropia* spp.) e o lacre (*Vismia* spp.).

Entre as 300 espécies que podem ser encontradas em um hectare, freqüentemente mais da metade é representada por apenas um indivíduo. Algumas chegam a ter densidades de uma árvore adulta a cada 10 ou mais hectares. Essas espécies raras são a maioria na floresta, e a alta diversidade é uma expressão dessa raridade. Assim, onde as espécies raras são suprimidas a biodiversidade é drasticamente diminuída.

Depois da fragmentação restarão, isolados, poucos – ou apenas um – indivíduos dessas espécies raras. Alguns polinizadores, como os beija-flores e as abelhas, muitas vezes não são capazes de voar longas distâncias fora da floresta, pois não estão adaptados à exposição direta ao Sol. Portanto, a dificuldade em transportar o pólen de um indivíduo isolado em um fragmento até outro, situado em outro fragmento, pode comprometer a



No baixo Rio Negro podem ser encontradas até 300 espécies de árvores em uma quadra (um hectare).

Foto: PDBFF

reprodução e a perpetuação dessas espécies. Caso a polinização seja efetivada, outro desafio é fazer as sementes produzidas chegarem a um local favorável. Muitos pássaros que atuam como dispersores de sementes não conseguem atravessar áreas abertas e ficam restritos às florestas contínuas. Muitos não penetram nos fragmentos, por isso não podem contribuir para a dispersão de sementes de árvores nos fragmentos.

As relações entre planta e animal – entre beija-flores e helicônias e entre abelhas e orquídeas, por exemplo – são, algumas vezes, altamente especializadas (ver Capítulo 4). Portanto, se a fragmentação interfere nessas relações, a reprodução de muitas espécies estará comprometida, aumentando o risco de extinção. Além disso, a invasão de plantas exóticas da vegetação do entorno do fragmento, como o capim braquiaria das pastagens, altera a composição florística local. Introduzidas em um ambiente novo, onde não existem predadores naturais que controlem o crescimento de suas populações, essas espécies exóticas se tornam extremamente agressivas e podem levar ao desaparecimento de espécies nativas.

Mesmo supondo que todos os processos sejam mantidos e que todas as espécies consigam se manter e se reproduzir no fragmento, ocorrerá perda de diversidade. Em um fragmento de poucos hectares a maioria das espécies estará representada por poucos indivíduos e, ainda que os processos de reprodução se mantenham, a diversidade genética tende a diminuir, em decorrência de cruzamentos entre indivíduos com maior grau de parentesco. Estima-se que uma população com poucos indivíduos reproduzindo-se entre si perderia quase 100% da sua variabilidade genética em menos de dez gerações. Ou seja, após algum tempo todos os indivíduos de determinada espécie dentro do fragmento tenderiam a ter praticamente as mesmas informações genéticas, caso essa população permanesse isolada reprodutivamente de outras. Nesse caso, qualquer modificação ambiental ou ataque de praga que cause a morte de um indivíduo pode provocar a extinção da espécie no fragmento. A perda de variabilidade genética, que ocorre mais lentamente quanto maior for a população, é um dos principais problemas do isolamento das populações. Isso pode ser evitado promovendo-se a interligação entre fragmentos, como projetos de corredores que aumentem a conectividade e permitam o trânsito de animais e sementes entre fragmentos e remanescentes de florestas contínuas.

ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO

Já se viu que os dois principais problemas ocasionados pela fragmentação da floresta são o isolamento e os efeitos de borda. Muitas vezes a área de floresta que fica isolada é

muito pequena para manter populações viáveis de certas espécies. Uma estratégia para diminuir esse efeito é tentar manter fragmentos de maior tamanho possível e permitir ligações entre eles e áreas de floresta contínua adjacentes. Além disso, os efeitos de borda determinam uma série de mudanças nos fragmentos, sendo o nível de perturbação diretamente ligado ao tamanho e à forma do fragmento.

O planejamento adequado do uso da terra e da expansão agropecuária deve contemplar a conservação de grandes áreas de florestas contínuas e ainda garantir que os fragmentos de vegetação remanescente estejam conectados.

Diferentes grupos de organismos exibem padrões espaciais de diversidade e de distribuição geográfica muito distintos (ver Capítulo 3). Algumas espécies possuem grande quantidade de indivíduos e se distribuem em diferentes tipos de ambientes. Outras têm uma distribuição geográfica mais limitada e só ocorrem em uma pequena região e em apenas um tipo de floresta. Como consequência, o desenho, a área e a distribuição de reservas naturais são essenciais para manter a integridade do ambiente, para conservá-lo e para manter populações viáveis de todas as espécies.

Uma das formas de estimar a área mínima necessária para manter as funções básicas do ecossistema – estabelecimento, crescimento e reprodução das populações – é aplicar um modelo matemático desenvolvido no PDBFF, Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais. Resumidamente, esse modelo sugere que as mudanças na dinâmica florestal são mais fortes quando o fragmento tem menos de 800 hectares, dependendo sempre da sua forma. Por exemplo, se o fragmento tiver uma área muito pequena ou uma forma muito irregular, sofrerá mais com os efeitos de borda do que fragmentos maiores e mais regulares.

Reservas de apenas algumas centenas de hectares podem ser viáveis para organismos que não necessitem de área grande, desde que não sejam muito suscetíveis às mudanças na dinâmica florestal. Para espécies que requerem uma área maior, para aquelas sensíveis aos efeitos de borda ou, ainda, para as que ocorrem com baixo número de indivíduos, seriam necessárias reservas de alguns milhares de hectares.

Além do tamanho mínimo e da distância de outras áreas de floresta, fatores como a pressão de caça e o tipo da vegetação do entorno podem interferir na viabilidade de reservas. O uso de corredores de vegetação para interligar fragmentos e reservas naturais tem sido amplamente discutido como forma de contrabalançar os efeitos negativos da fragmentação de ambientes e do isolamento de populações biológicas.

Corredores verdes são faixas de vegetação deixadas ou recuperadas principalmente ao longo de rios e igarapés que ligam fragmentos de floresta e reservas biológicas isoladas.



Fragmento de floresta no baixo Rio Negro. O tamanho, a forma e a distância que o separa da floresta contínua determinam sua viabilidade.

Foto: PDBFF

A vegetação ao longo das margens do Rio Negro, por exemplo, por estar muito bem conservada, serve como um excelente corredor natural entre diversos ambientes, para vários grupos de animais e plantas, inclusive das florestas de terra firme.

Os corredores devem ser compostos de espécies típicas de florestas em bom estado de conservação, já que várias espécies que respondem negativamente à fragmentação, e que se beneficiam dos corredores, estão ampla ou totalmente restritas às florestas conservadas. Esse é mais um motivo para se conservarem trechos ou áreas de mata primitiva.

Os estudos sobre os efeitos de borda sugerem que, para assegurar que alguns ambientes permaneçam inalterados no seu interior, os corredores devem ter pelo menos 300 metros de largura. Isso porque, como já vimos, as maiores perturbações ocorrem nos primeiros 100 metros junto à borda. Se o objetivo é promover corredores que contenham ambientes típicos de interior de mata, o ideal seria que tivessem mais de 600 metros de largura, já que os efeitos de borda podem atingir até 300 metros dos dois lados do corredor.

Entretanto, se os corredores não forem bem planejados, podem se transformar em vias de acesso para agentes prejudiciais, como o fogo, pragas e espécies invasoras, além de servir de trilhas para caçadores.

A vegetação que se desenvolve ao redor dos fragmentos também pode ser muito importante para sua preservação. Grande parte das espécies animais não consegue atravessar áreas de pasto ou plantações, mas se locomove com facilidade nas capoeiras – vegetação decorrente da regeneração de áreas de floresta alteradas – restabelecendo o transporte de sementes.

A legislação atual exige que se mantenha uma faixa de floresta de 50 a 100 metros ao longo dos rios. Sabemos hoje que essas dimensões são inadequadas à conservação da flora e da fauna. Portanto, devemos incorporar à legislação novas informações científicas, a fim de preservar as conexões entre fragmentos de floresta que possibilitem a conservação da biodiversidade.

As Unidades de Conservação no Rio Negro são um exemplo de como o planejamento e a criação de reservas podem assegurar a conservação de áreas de floresta. Se o processo de ocupação e modificação da paisagem natural for planejado, é possível minimizar os efeitos da atividade humana na diversidade biológica e no clima.

Cabe a todos nós evitar que as histórias de degradação da Floresta Atlântica e do Cerrado se repitam na Amazônia, pois, apesar de ainda existirem extensas áreas de floresta contínua, como as do Rio Negro, o ecossistema amazônico é extremamente frágil diante da exploração irracional de seus recursos e da fragmentação de sua paisagem.

O PROJETO DINÂMICA BIOLÓGICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS – PDBFF

O Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais foi criado no início dos anos 80, quando uma série de fragmentos com áreas de 1, 10 e 100 hectares foram isolados da matriz de floresta por faixas de 10 a 1.000 metros cobertas por pastagem.

O objetivo principal do PDBFF, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Smithsonian Institution, é determinar os efeitos da fragmentação florestal sobre plantas e animais por meio do estudo a longo prazo de áreas de floresta antes e depois da fragmentação e pela comparação entre fragmentos e floresta contínua.

Os fragmentos estudados pelo PDBFF localizam-se em três fazendas no Distrito Agropecuário ao norte de Manaus, liberadas para ocupação na década de 80 como parte de um programa de estabelecimento de fazendas de gado na região.

Um dos subprojetos do PDBFF – o Fitodemográfico – tem como objetivo compreender como e por que o processo de fragmentação afeta as comunidades vegetais. Ele tem proporcionado esclarecimentos únicos quanto ao efeito da fragmentação sobre as taxas de mortalidade e de regeneração das árvores de florestas tropicais. Ao todo, já foram registradas nos 69 hectares estudados mais de 64.000 árvores com mais de 10 centímetros de diâmetro, representantes de cerca de 1.200 espécies.

A FRAGMENTAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE O CLIMA GLOBAL

Ao longo do processo de decomposição, as árvores mortas liberam gases, como o dióxido de carbono e o metano, que acentuam o efeito estufa. Esses gases são permeáveis à radiação solar, mas não permitem que o calor gerado na terra se dissipe para a estratosfera. Isso funciona como os vidros em uma estufa de plantas, que permitem a entrada da luz solar, mas impedem a saída do calor gerado. Essa retenção é responsável pelo aumento da temperatura global.

As florestas tropicais detêm cerca de 40% de todo o carbono armazenado nos ecossistemas terrestres. Corte, queima e decomposição da matéria orgânica da floresta constituem fonte importante de emissão de CO₂ e conseqüentemente de aumento do efeito estufa. Em fragmentos de floresta a mortalidade de árvores é muitas vezes maior do que a de áreas de floresta contínua, o que significa maior emissão de CO₂ para a atmosfera.

Uma estimativa inicial, baseada em simulações, sugere que o processo de fragmentação de florestas tropicais produz de 22 a 149 milhões de toneladas de carbono anualmente, uma quantidade muito maior do que a produzida pelo desmatamento. As emissões de CO₂ provenientes da fragmentação – e da alta mortalidade de árvores na borda – equivalem ao desmatamento e à queima de 0,15 a 1,1 milhão de hectares de florestas tropicais a cada ano. Ou seja, se queremos controlar a emissão de CO₂, necessitamos controlar não só o desmatamento, mas também a fragmentação das florestas.

LITERATURA RECOMENDADA

- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.
- Laurance, W. F. & Bierregard Jr., R. O. 1997. *Tropical Forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Laurance, W. F. & Delamônica, P. 1998. Ilhas de sobrevivência: Ecologia e dinâmica de fragmentos florestais na Amazônia. *Revista Ciência Hoje* 24 (142): 26-31.
- Laurance, W. F.; Laurance S. G.; Ferreira, L. V.; Rankin de Merona, J. M.; Gascon, C. & Lovejoy, T. E. 1997. Biomass collapse in Amazonian Forest Fragments. *Science* 278: 1117-1118.
- Putz, J. F. 1980. Lianas vs. Trees. *Biotropica* 12: 224-225.