

CAPÍTULO 1

DEFININDO A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS MUNDIAIS

*Vera Lex Engel
John A. Parrotta*

INTRODUÇÃO	03
O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	05
AS CHAVES PARA O SUCESSO DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	10
DEFININDO CLARAMENTE OS OBJETIVOS E METAS DA RESTAURAÇÃO	10
CONHECENDO O ECOSISTEMA	13
INFORMAÇÕES DE REFERÊNCIA	14
SUCESSÃO SECUNDÁRIA	15
PROCESSOS ECOLÓGICOS OU COMPONENTES-CHAVE	16
IDENTIFICANDO E SUPERANDO AS BARREIRAS QUE IMPEDEM A REGENERAÇÃO NATURAL DA VEGETAÇÃO NATIVA	18
INTEGRANDO A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO RURAL	21
CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

INTRODUÇÃO

Um dos principais atributos dos ecossistemas é a sua capacidade de mudança temporal. Os ecossistemas não são entidades estáticas, ao contrário, sofrem flutuações na sua estrutura e função em decorrência de mudanças ambientais de curto, médio e longo prazo (Kimmins, 1987). Todos os ecossistemas aquáticos ou terrestres estão sujeitos a distúrbios naturais ou antrópicos, que provocam mudanças em menor ou maior grau. Segundo White & Pickett (1985), distúrbio é um evento relativamente discreto no tempo que altera a estrutura de um ecossistema, comunidade ou população, bem como provoca mudanças na disponibilidade de recursos ou no meio físico.

A percepção das florestas tropicais como sendo áreas estáveis tem mudado muito nas últimas décadas, e depende da escala temporal adotada. Apesar de florestas primárias maduras serem relativamente estáveis quanto à composição de espécies e suas abundâncias relativas, numa escala geológica de tempo nem sempre isso é verdade. Por exemplo, a evolução da vegetação da floresta amazônica está claramente relacionada às mudanças paleoclimáticas ocorridas a partir do pleistoceno (Ab'Saber, 1982). A presença do fogo na história da Amazônia, associada à ocorrência de paleoclimas secos, indica que dificilmente se encontra um trecho da floresta que não tenha sido alterado por este fator no passado (Sanford et al., 1985 e Uhl et al., 1990). Numa escala de tempo menor, mudanças no meio físico também alteram a estrutura e função dos ecossistemas de florestas tropicais. Estima-se, por exemplo, que cerca de 130 km² de florestas são erodidos anualmente e substituídos por vegetação sucessional nas várzeas amazônicas, mesmo em regiões sem interferência humana (Puhakka, 1992). A estabilidade da floresta deve ser entendida muito mais no contexto de seu grau de ajuste ao regime local de distúrbios.

Para florestas, define-se distúrbio como qualquer evento, natural ou antrópico, que cria uma abertura no dossel (Uhl et al., 1990). Os ecossistemas reagem e ajustam sua dinâmica a um regime de distúrbios característico, que pode ser descrito pela sua escala (tamanho da área afetada), duração (tempo de permanência do distúrbio) e frequência (número médio de eventos por unidade de tempo), além do parâmetro intensidade ou magnitude, dentre outros (White & Pickett, 1985; Uhl et al., 1990 e Tivy, 1993).

Da reação dos ecossistemas aos distúrbios derivam-se os conceitos de estabilidade e resiliência. Quando um ecossistema reage a um distúrbio, de forma a absorver o impacto deste, regulando a variação na sua estrutura e nos

processos ecológicos, este ecossistema é dito estável, sendo capaz de manter-se num estado de equilíbrio dinâmico (Tivy, 1993). Os diferentes conceitos de estabilidade são sumarizados na Tabela 1. Resiliência é definida como a capacidade de um ecossistema de se recuperar de flutuações internas provocadas por distúrbios naturais ou antrópicos, segundo o mesmo autor. A resiliência de um ecossistema é medida em unidades de tempo (Tabela 1). Quanto menos resiliente, mais frágil é o ecossistema e mais sujeito à degradação.

Tabela 1. Definições de estabilidade, segundo Pimm (1986), *apud* Tivy (1993).

Termo	Definição
1. Estabilidade (não-dimensional)	Capacidade de todas as variáveis de um sistema retornarem ao equilíbrio inicial após a ocorrência de um distúrbio
2. Resiliência (unidades de tempo)	Rapidez com que as variáveis de um sistema retornam ao equilíbrio após um distúrbio
3. Persistência (unidades de tempo)	Tempo necessário para que uma variável mude para um novo valor
4. Resistência (medida relativa, unidades não dimensionais)	Grau em que um sistema se mantém constante após um distúrbio
5. Variabilidade (coeficiente de variação, sem dimensão)	Variância da densidade populacional, ou medidas similares, como o desvio padrão ou coeficiente de variação

Nas florestas tropicais, os distúrbios antrópicos geralmente são de maior escala, maior intensidade e frequência do que os distúrbios naturais sob os quais essas evoluíram, e a recuperação do ecossistema torna-se muito lenta ou incerta (Uhl et al., 1990). Os ecossistemas passam a ter sua estabilidade comprometida a partir do momento em que ocorrem mudanças drásticas no seu regime de distúrbios característico, e que as flutuações ambientais ultrapassam o seu limite homeostático. Como consequência desses distúrbios, a sua resiliência diminui, e também a resistência a novos distúrbios, podendo chegar a um ponto em que o ecossistema entra em colapso com processos irreversíveis de degradação. Definem-se como *ecossistema degradado* aquele que sofreu perturbações antrópicas, levando-o a diminuição de sua resiliência e com perda de espécies e interações importantes, mas mantendo meios de

regeneração biótica (Carpanezzi et al., 1990). Um ecossistema degradado, apesar de não ser capaz de regenerar-se até a sua condição inicial, ainda mantém sua capacidade de produzir bens e serviços para as necessidades do homem (Brown & Lugo, 1994). Quando o ecossistema sofre danos irreversíveis, com extinção de espécies-chave e instauração de processos de degradação auto-reforçantes, tais como pestes, doenças, erosão, lixiviação e endogamia (Oldeman, 1987), isso resulta não só na perda da capacidade de regeneração das espécies, mas na eliminação dos componentes bióticos e abióticos do mesmo. Em ecossistemas terrestres, isso significa, na prática, a destruição da cobertura vegetal e da fauna, perda da camada fértil do solo e alteração na qualidade e vazão do sistema hídrico, situação definida como *área degradada*, segundo Minter/IBAMA (1990). As áreas degradadas são descritas por Brown & Lugo (1994) como aquelas tão alteradas pelo homem que sua habilidade em satisfazer usos particulares diminui, e que os "inputs" naturais não são mais capazes de repor as perdas de matéria orgânica do solo, nutrientes e biomassa, estoque de propágulos etc.

Nesses casos, a intervenção do homem faz-se necessária, a fim de estabilizar e reverter os processos de degradação, acelerando e direcionando a sucessão natural. Tal intervenção pode ser feita sob diferentes abordagens, com objetivos e resultados distintos. Este trabalho tem o objetivo de discutir as principais abordagens e conceitos adotados internacionalmente, com o intuito de padronizar a terminologia e apresentar diretrizes gerais para a restauração ecológica de ecossistemas naturais no Brasil, com ênfase em florestas tropicais.

O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A preocupação com a reparação de danos provocados pelo homem aos ecossistemas não é recente. Plantações florestais têm sido estabelecidas desde o século XIX no Brasil com diferentes objetivos conservacionistas, como a proteção de mananciais, estabilização de encostas, recuperação de habitat para a fauna, dentre outros. Desde então, muitos tem sido os termos utilizados para designar os processos naturais e artificiais de reparação de danos ambientais aos ecossistemas. Entretanto, somente na década de 1980, com o desenvolvimento da ecologia da restauração como ciência, o termo restauração ecológica passou a ser mais claramente definido, com objetivos mais amplos,

passando a ser o mais utilizado no mundo nos últimos anos.

Durante algum tempo o termo restauração e seu equivalente em inglês "restoration" foi utilizado dentro de seu sentido restrito, significando o retorno ao estado original do ecossistema (Bradshaw, 1987; Minter/IBAMA, 1990; Méffe & Carroll, 1994; Brown & Lugo, 1994 e Corrêa & Melo-Filho, 1998). A Figura 1 ilustra esta idéia, que difunde erroneamente o conceito de que os objetivos da restauração seriam praticamente impossíveis de se alcançar, já que as condições originais dos ecossistemas dificilmente são conhecidas, e que os rumos da sucessão secundária nem sempre podem ser previstos. Com este enfoque, no Brasil sempre predominou e predomina ainda hoje o uso dos termos recuperação e reabilitação ao invés de restauração.

Entretanto, o conceito de restauração ecológica tem evoluído e atualmente este é o termo mais utilizado na literatura internacional (Jordan III et al., 1987; Lieth & Lohmann, 1993; Knowles & Parrotta, 1995; Goosem & Tucker, 1995; Parrotta et al., 1997a; Lamb, 1998; Young, 2000 e Hobbs & Harris, 2001). A definição adotada pela "Society for Ecological Restoration" (Quadro 1) considera que restaurar um ecossistema não é copiar exatamente um modelo na natureza, mas sim recuperar a estabilidade e integridade biológica dos ecossistemas naturais. A restauração ecológica almeja recriar comunidades ecologicamente viáveis, protegendo e fomentando a capacidade natural de mudança dos ecossistemas, e resgatando uma relação saudável entre o homem e a natureza.

Quadro 1. O que é Restauração Ecológica?

"Restauração ecológica é a ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e no funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais".

Restaurar integralmente os ecossistemas naturais está muito além de nossa capacidade e retorná-lo ao seu estado original é impossível, devido às características dinâmicas dos mesmos. Entretanto, a ecologia da restauração tem como premissa básica que muitas forças degradativas são temporárias, e que algumas perdas de habitats e populações são recuperáveis (Young, 2000). É possível, pois, trazer de volta a uma área espécies características da mesma, assistindo e direcionando os processos naturais para características desejáveis

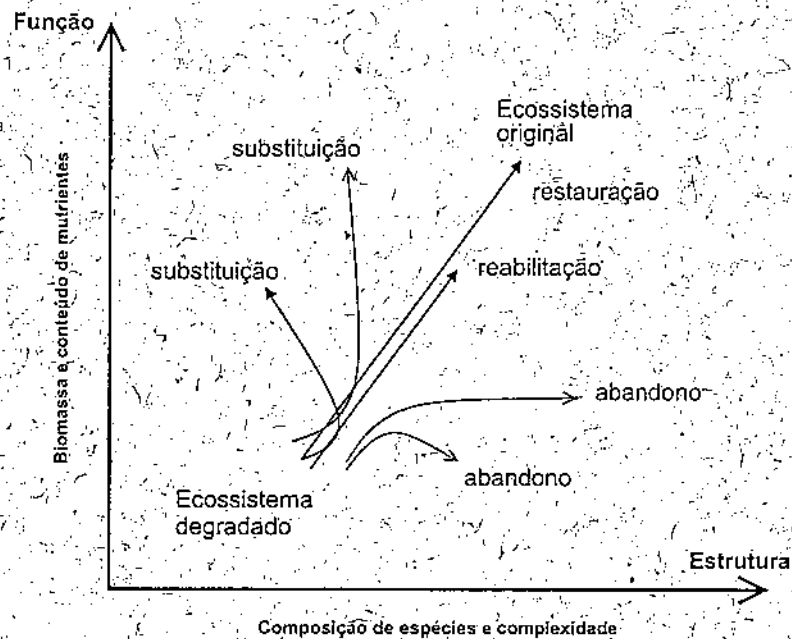


Figura 1. As dimensões ecológicas do desenvolvimento dos ecossistemas nas suas duas dimensões: estrutura e função e os conceitos de restauração ecológica (modificado de Bradshaw, 1984). A sucessão secundária provoca um aumento em ambas as direções, enquanto a degradação provoca redução muitas vezes até o nível zero ou próximo de zero. Nesta abordagem, a restauração implica no retorno às condições originais do ecossistema, e a reabilitação é entendida como retorno parcial. Uma alternativa seria ainda a substituição do ecossistema original por outro com diferente estrutura, mas funcionamento semelhante, com o intuito de obter benefícios diretos e serviços ambientais.

no sistema futuro, muito mais do que tentar imitar o que esta área foi no passado (Goosen & Tucker, 1995 e Hobbs & Harris, 2001).

Por que não se prefere o uso de outros termos, como recuperação e reabilitação? O termo recuperação (equivalente ao inglês "reclamation"), é o mais usado no Brasil, adotado com sentido amplo. Este termo refere-se tipicamente, ao trabalho realizado em sítios mais severamente degradados pelas atividades mineradoras ou grandes obras de construção civil. O Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração (Minter/IBAMA, 1990) define recuperação como "o retorno do sítio degradado a uma forma e utilização de acordo com um plano pré estabelecido de uso do solo". Segundo Brown & Lugo

(1994), através da recuperação áreas muito degradadas retornam à produtividade, com restauração de um certo grau de estrutura e função; entretanto nesses casos a sucessão não progride sozinha, por haver ainda limitações sérias no sítio ou biota (Figura 2). De acordo com Bradshaw (1987) a recuperação de áreas degradadas é, para muitas pessoas, um problema essencialmente técnico, onde se almeja conseguir, a baixo custo, alguns objetivos simples, como a estabilização de superfícies, controle de poluição, melhoria visual e aumento da produtividade do sítio. Justamente por seus limitados objetivos e falta de conhecimento do ecossistema, a longo prazo não se pode garantir a estabilidade das áreas recuperadas. Infelizmente, a recuperação de áreas degradadas tem se desenvolvido no Brasil e em outros países de maneira independente da restauração ecológica. As técnicas de recuperação poderiam sim estar aliadas à restauração, sendo uma primeira etapa da reconstrução de comunidades ecológicamente viáveis, desde que outras preocupações adicionais fossem incluídas, tais como diversidade e composição, funcionamento do ecossistema e estabilidade a longo prazo.

O termo reabilitação é também amplo, referindo-se mais tipicamente a ações sobre ecossistemas degradados, há restauração de elementos da estrutura ou função do ecossistema, sem necessariamente atingir o estado original do mesmo (Bradshaw, 1984; 1987; Minter/IBAMA, 1990 e Meffe & Carroll, 1994). O objetivo da reabilitação é restaurar a produtividade da terra, sem a preocupação com a sua similaridade com o ecossistema original, mas de modo que o ecossistema recriado seja auto-sustentável a longo prazo, cujas espécies dominantes sejam capazes de se regenerar e permanecer dominantes no sítio (Lugo, 1992 e Brown & Lugo, 1994). Entretanto, um esforço de reabilitação pode levar à restauração da estrutura e função do ecossistema, a partir do momento em que os processos naturais e a sucessão secundária levem-no ao aumento de sua complexidade estrutural e funcional no tempo, sem a necessidade de intervenção futura do homem (Figura 2).

Na prática, muitas das técnicas utilizadas na recuperação, reabilitação e restauração são as mesmas. A diferença entre essas abordagens está na definição de metas e objetivos, bem como na escala de tempo adotada como horizonte. A restauração ecológica tem como meta deliberada a viabilidade ecológica a longo prazo do ecossistema, e a recriação, no futuro, de comunidades mais próximas possíveis das naturais, quanto à sua estrutura e funcionamento. Nas outras abordagens os objetivos são mais específicos, definidos numa escala de tempo menor, e a semelhança com os ecossistemas naturais não é uma característica aparentemente importante. Logo, qualquer trabalho de reparação

ambiental que tenha como meta de longo prazo a recriação de um ecossistema auto-sustentável, estável e resiliente, regulado totalmente por processos naturais e com estrutura mais próxima possível das comunidades naturais, deve ser encarado como um trabalho de restauração ecológica. E, principalmente, para que esforços de conversão de áreas degradadas em florestas contribuam efetivamente para a conservação da biodiversidade, os objetivos da restauração devem ser sempre preferidos, embora incluindo muitas vezes opções mais caras e mais difíceis de serem implementadas em larga escala.

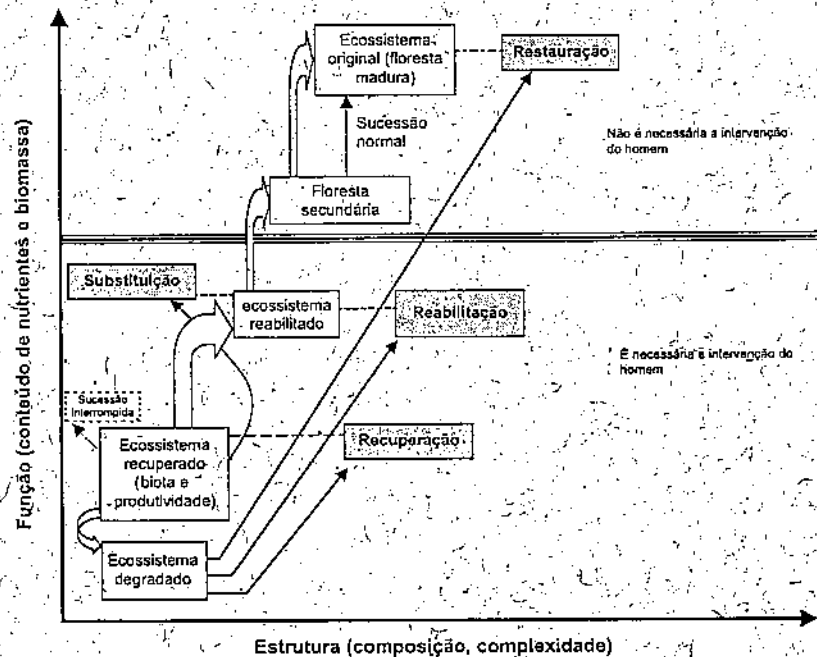


Figura 2. Abordagens na restauração ecológica, que inclui o conceito de recuperação e mostra que o objetivo da restauração pode ser atingido a partir do momento em que a intervenção do homem não é mais necessária, e que a sucessão secundária natural passa a atuar sobre o ecossistema, levando ao aumento de sua complexidade estrutural e funcional. Adaptado de Bradshaw (1984) e Brown & Lugo (1994).

AS CHAVES PARA O SUCESSO DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A preocupação da sociedade para com os efeitos da degradação ambiental antrópica tem sido crescente, mas isso não tem contribuído para a diminuição desses processos. No Brasil, apesar da melhoria dos meios de regulamentação e fiscalização, ainda se perde em média cerca de 6% ao ano da superfície atual de floresta atlântica *sensu lato* por ano (SOS Mata Atlântica/INPE, 1998). As necessidades de restauração dos ecossistemas degradados pela ação do homem são prementes. Para que a restauração ecológica não se limite a um campo da ciência acadêmica, mas possa na prática ter aplicabilidade em larga escala em benefício de toda a sociedade, devem ser buscadas técnicas que facilitem os processos naturais da sucessão e desenvolvimento do ecossistema com rapidez, baixo custo e mínimos "inputs", e de forma a garantir estabilidade (nenhuma necessidade de manutenção futura) e um certo grau de benefícios diretos para o homem. Para isso, definimos como principais chaves do sucesso da restauração ecológica: a definição clara dos objetivos da restauração ("ecossistema-alvo" a ser atingido); o conhecimento do ecossistema a ser restaurado; a identificação das barreiras ecológicas que impedem ou dificultam a regeneração natural e diminuem a resiliência do ecossistema, e a integração entre restauração ecológica e desenvolvimento rural.

DEFININDO CLARAMENTE OS OBJETIVOS E METAS DA RESTAURAÇÃO

O objetivo final da restauração ecológica é o retorno do ecossistema a uma situação mais próxima possível do seu estado original ou anterior à degradação (Figuras 1 e 2). Entretanto, na maior parte das vezes este objetivo é difícil de ser alcançado. Por exemplo, como definir o estado original a ser restaurado na Mata Atlântica brasileira, submetida a séculos de intervenção antrópica? Seriam as condições de 50, 100 ou 1000 anos atrás? Como determinar se os ecossistemas remanescentes tidos como referência representam essas condições?

Por outro lado, para se avaliar o sucesso de um projeto de restauração ecológica, é necessária uma definição prévia de qual o produto desejado, ou

"ecossistema-alvo" a ser atingido. Entretanto, uma das noções mais importantes advindas do conhecimento dos ecossistemas é de que estes são entidades dinâmicas, que mudam sua estrutura e função ao longo do tempo e em resposta a mudanças ambientais. Conforme salientaram Meffe & Carroll (1994), um dos principais desafios da restauração é que se tenta atingir um alvo em movimento. Deste princípio, resulta que qualquer trabalho de restauração dificilmente atingirá a meta do ecossistema-alvo, se este alvo se basear em uma referência presente, ou na tentativa de se criar as condições passadas.

Para isso, os objetivos da restauração devem se concentrar muito mais nas características desejadas do ecossistema no futuro, do que em como este era no passado, conforme salientaram Hobbs & Harris (2001). Lamb et al. (1997) destacam algumas razões pelas quais torna-se difícil "recriar" as condições originais exatas de ecossistemas de florestas tropicais: sua enorme e ainda pouco conhecida riqueza de espécies; a pequena representatividade dos remanescentes florestais em relação à diversidade de habitats original, uma vez que as áreas mais férteis e de topografia mais plana são hoje mal representadas por terem sido submetidas a maior pressão de ocupação agrícola; a falta de conhecimento das necessidades de habitat da maioria das espécies e a natureza estocástica da sucessão. Estes autores consideram que, mesmo assim, objetivos mais modestos de restauração podem ser definidos, como o restabelecimento de uma comunidade estável, rica em espécies vegetais e animais. A definição de objetivos realistas deve levar em conta as limitações ambientais, técnicas e econômicas para se determinar o que é possível de se alcançar em um dado esforço (Meffe & Carroll, 1994 e Ehrenfeld, 2000), e ainda de modo a contemplar valores individuais e coletivos (Diamond, 1987). Considerando ainda que os ecossistemas são abertos, sem limites espaciais definidos (Kimmins, 1987), também o grau em que este será afetado pelas influências externas não pode ser desconsiderado na definição dos objetivos da restauração ecológica (Parker, 1997).

A restauração ecológica pode incluir metas a serem alcançadas a curto, médio e longo prazo. A curto prazo, incluem-se os serviços ambientais do ecossistema, tais como controle da erosão, melhoria da fertilidade do solo, estabilização do ciclo hidrológico, aumento da biodiversidade, da produtividade primária e fixação de CO_2 , bem como benefícios diretos para o homem e melhoria da qualidade de vida. A médio prazo, o enriquecimento e aumento da complexidade estrutural do habitat, aumento da biodiversidade e a regeneração de algumas espécies. Entretanto, o objetivo da sustentabilidade só pode ser alcançado a longo prazo.

Na definição dos objetivos da restauração é importante considerar ainda a escala de abordagem adotada. Os efeitos dos processos de degradação podem provocar diferentes impactos, dependendo do nível de organização biológica enfocado, desde indivíduos até ecossistemas inteiros e paisagem. A extinção de uma espécie, por exemplo, causa impactos maiores na comunidade que na paisagem, enquanto processos erosivos podem afetar mais a paisagem e o ecossistema. Allen & Hoekstra (1987) discutem algumas recomendações concernentes a questões de escala no espaço e no tempo. Para esses autores, deve ser priorizado o processo relevante mais raro e menos provável de ocorrer naturalmente, por exemplo a ciclagem de nutrientes em uma área minerada. Além disso, a área restaurada e o tempo devem ser suficientes para que um dado processo ocorra em um ritmo natural. O Conselho Nacional de Pesquisas dos EUA (Meffe & Carroll, 1994) definiu em 1992 quatro considerações para se determinar a escala de um projeto de restauração: deve ser grande o bastante para minimizar efeitos deletérios da borda na dinâmica interna do ecossistema; deve ser de um tamanho tal que facilite o controle ou eliminação de distúrbios, se necessário; deve ser grande o bastante para que vários efeitos possam ser medidos ao mesmo tempo, como critérios de sucesso; e finalmente o tamanho deve ser compatível com os recursos disponíveis para seu custeio. A situação ideal seria trabalhar em áreas grandes, com grande nível de detalhamento (cuidados intensivos), tendo em mente uma longa escala temporal.

A maior parte dos esforços mais intensivos de restauração atingem áreas pequenas e, quando praticados em larga escala, perdem na sua capacidade de restaurar a biodiversidade (Lamb, 1998). No entanto, segundo Meffe & Carroll (1994) é possível se restaurar ecossistemas de alta qualidade ecológica em larga escala, porque áreas maiores possuem uma infraestrutura funcional mais completa (maior amplitude de tipos de solo, sistemas hidrológicos mais extensos e completos etc.), sustentam mais espécies e possuem maior capacidade de auto-reparo, com maior chance de "empurrar" a sucessão em direção ao produto do que áreas menores. Uma estratégia de se ampliar a escala de projetos de restauração a custos compatíveis é, por exemplo, a inclusão dos objetivos de restauração em plantações comerciais de madeira (Lamb et al., 1997 e Lamb, 1998).

Considerando-se a escala e o nível de organização biológica, a restauração ecológica pode ter como meta a restauração desde populações animais ou vegetais até habitats, comunidades, ecossistemas inteiros e a própria paisagem. Segundo Young (2000), as escalas abordadas com mais frequência nos trabalhos de restauração em diferentes partes do mundo têm sido a comunidade

e o ecossistema, com grande ênfase em trabalhos com plantas. Entretanto, trabalhos com enfoque mais amplo, na escala da paisagem, têm sido desenvolvidos na última década, conforme Lamb & Tomlinson (1994), Goosem & Tucker (1995), Lamb et al. (1997), Lamb (1998) e Cullen Jr. (este volume).

CONHECENDO O ECOSISTEMA

Independente do nível de complexidade abordado e enfoque de um esforço de restauração, ou seja, do alvo principal (produto) a ser atingido, o conhecimento do ecossistema fornece a base teórica fundamental na qual muitos outros aspectos da ecologia da restauração podem ser incorporados. Por exemplo, se o alvo da restauração é a paisagem, além do conhecimento de sua estrutura (Metzger, 1999), é fundamental a compreensão de como os ecossistemas constituintes funcionam e de que maneira interagem (Goosem & Tucker, 1995). O enfoque na restauração da paisagem deve levar em conta que este é um sistema integrado, e que nem sempre a auto-perpetuação dos seus ecossistemas constituintes poderá ser garantida sem a atuação também nas comunidades, populações e habitats. Se o enfoque está na comunidade, o conhecimento do ecossistema também permite determinar que tipo de comunidade pode se estabelecer em um determinado local, ou em que magnitude o restabelecimento de populações adequadas ao sítio resultará no restabelecimento concomitante dos processos que regem o funcionamento deste ecossistema, rumo à sua sustentabilidade futura. Se o enfoque é a população, de que maneira a viabilidade da mesma pode ser afetada em função de restrições locais do habitat.

O princípio fundamental implícito no conceito de restauração ecológica é o da sustentabilidade. Este princípio considera que o sítio restaurado possa se auto-sustentar a longo prazo, sem necessidade de intervenção ou manejo futuro (Figura 2). A sustentabilidade depende da "saúde" ou funcionamento do ecossistema e, portanto, é no conhecimento de sua estrutura e função que os restauradores deverão nortear seus trabalhos. Ou seja, independentemente da escala abordada, a restauração deve ser encarada dentro da perspectiva do ecossistema.

INFORMAÇÕES DE REFERÊNCIA

Se um ecossistema vai ser restaurado é porque perdeu suas características fundamentais, logo o primeiro passo, tanto na definição dos objetivos quanto no desenho de modelos de plantio até a avaliação dos resultados, é a seleção de informações de referência quanto à sua estrutura e função. As informações básicas sobre o ecossistema incluem aquelas obtidas no próprio local a ser restaurado, como história de perturbações, solo, clima, fatores de degradação, uso atual do solo, situação atual do ecossistema e da paisagem, e aquelas que deverão ser obtidas em áreas de referência, tais como flora e fauna característicos, processos ecológicos mais importantes.

Primeiramente, as informações de referências devem ser baseadas no mesmo tipo de ecossistema que aquele a ser restaurado. Nesta fase, o conceito de bioma é útil como um ponto de partida. Biomas são unidades geográficas fisionomicamente homogêneas, cujo fator determinante principal é o clima. Nas áreas de domínio dos grandes biomas terrestres ocorrem variações em diferentes escalas, por conta de solo, topografia, continentalidade, altitude etc. Embora isso seja aparentemente óbvio, são relativamente comuns erros, por exemplo, de se tentar estabelecer um ecossistema de floresta em área de domínio de cerrado, ou de campos naturais. Isso pode até ser possível, mas exigindo um manejo constante, por ser uma prática que vai em sentido contrário ao dos processos naturais.

A principal dificuldade na coleta e seleção de informações de referência reside no fato de que a natureza é variável no espaço e no tempo, geralmente lança-se mãos de informações fragmentárias sobre esta variação para tentar entender a situação atual e deduzir o potencial para restauração, propondo métodos (Meffe & Carroll, 1994; Clewel & Rieger, 1997 e White & Walker, 1997). Por isso um único ecossistema de referência geralmente é inadequado para se obter essas informações e se avaliar o sucesso da restauração. White & Walker (1997) dividem as fontes possíveis de informação sobre o ecossistema a ser restaurado em: contemporâneas (obtidas no mesmo local e mesma época), históricas (mesmo local, épocas passadas), contemporâneas de sítios de referência (mesma época, locais diferentes) e históricas de sítio de referência (épocas e locais diferentes). Cada uma dessas possíveis fontes traz um conjunto importante de referências, mas isoladamente são limitadas (Tabela 2). A fim de se ter uma aproximação melhor da variação da natureza, contemplando melhor tanto a dinâmica da vegetação como a heterogeneidade física do ambiente, é

necessário se lançar mão de informações de múltiplas referências, incluindo uma variedade de ecossistemas como "modelos" para a restauração (Clewell & Rieger, 1997 e White & Walker, 1997).

Tabela 2. Sinopse dos valores e limitações de informações de referência sobre o ecossistema obtidas de quatro fontes definidas pela proximidade espacial e temporal do ecossistema a ser restaurado. Modificado de White & Walker, 1997).

Proximidade no tempo	Proximidade no espaço	
	Mesmo local	Local diferente
Mesma época	Equivalência climática	Equivalência climática
	Efeitos históricos desconhecidos	Efeitos históricos desconhecidos
	Evidências indiretas de estados passados	Evidências indiretas de estados passados
	Equivalência de sítio	Sítios diferentes quanto ao meio físico ou história de perturbações
Épocas diferentes	Passado climático e efeitos históricos desconhecidos	Passado climático e efeitos históricos desconhecidos
	Evidências diretas de estados passados	Evidências diretas de estados passados
	Equivalência de sítio	Sítios diferentes quanto ao meio físico ou história de perturbações

SUCCESSÃO SECUNDÁRIA

A base conceitual mais forte da restauração ecológica tem sido a sucessão natural (Young, 2000). Os modelos de sucessão têm sido usados para desenvolver esquemas de plantio (Kageyama et al., 1992; Gósem & Tucker, 1995 e Reis, 1999) e para prever se os projetos de restauração atingirão seus objetivos (Parker, 1997). A sucessão é o processo natural pelo qual os ecossistemas se recuperam de distúrbios e, portanto, compreender como este processo atua em um dado sítio é fundamental. Muitas vezes é necessário apenas iniciar o processo da sucessão, mas em casos em que o nível de

degradação foi muito intenso isso não é suficiente, tornando-se necessárias estratégias de longo prazo.

Durante a sucessão, a composição de espécies da comunidade muda, assim como a disponibilidade de recursos como luz, umidade e nutrientes. As atividades de manejo podem modificar a taxa e direção da sucessão; neste processo o estoque inicial de plantas presentes na comunidade, bem como as características de ciclo de vida de espécies particulares, podem alterar substancialmente o rumo da sucessão. (Goosen & Tucker, 1995). Embora o modelo mais comum descrito para a sucessão secundária das florestas tropicais envolva a substituição de espécies no tempo, onde as mais tolerantes à luz sucedem as mais heliófilas, numa seqüência pioneiras- secundárias iniciais- secundárias tardias e climax (*sensu* Budowski, 1965), nem sempre na prática o processo ocorre desta maneira. Para se determinar quais espécies, como e quando introduzir no ecossistema a ser restaurado, é muito mais importante levar em conta como é a sucessão natural na área do que se restringir a "rótulos" que são dados às espécies de acordo com sua classificação em grupos ecológicos sucessionais.

PROCESSOS ECOLÓGICOS OU COMPONENTES-CHAVE

Segundo Ehrenfeld & Toth (1997), os pontos importantes relativos ao conhecimento do ecossistema que devem ser considerados na restauração incluem a regulação dos seus processos, a relação entre estrutura e função (ou seja, até que ponto a recuperação da estrutura garante seu funcionamento e vice-versa), o controle da dinâmica do ecossistema ao longo do tempo e o intercâmbio de matéria e energia com a paisagem adjacente (Tabela 3). Embora seja importante considerar todo o conjunto de atributos do ecossistema, conforme descrito na Tabela 3, na prática, pela limitação de recursos e tempo, é necessário identificar e priorizar, num dado sítio, os processos mais relevantes que limitam ou impedem o desenvolvimento sucessional do ecossistema (Allen & Hoekstra, 1987 e Bradshaw, 1987).

Além disso, os esforços voltados à restauração da função do ecossistema deve levar em conta o papel de espécies individuais, principalmente aquelas que possam ter uma importância desproporcional no processamento de matéria e energia ou que possuam fortes interações, as espécies-chave, e portanto a

Tabela 3. Descritores do ecossistema, úteis na restauração ecológica, e suas características mais importantes. Modificado de Ehrenfeld & Toth (1997).

Descritor	Características
Bordaduras	<ul style="list-style-type: none"> • Físicas, biológicas ou artificiais; • Permeabilidade a fluxos de materiais, energia e organismos;
Entradas e saídas de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Formas de energia; • Habilidade de manipular entradas de energia; • "Inputs" de energia como fatores de estímulo ou estresse;
Entradas e saídas de matéria	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitude de entradas e saídas no sítio; • Magnitude esperada no ecossistema restaurado; • Condições geológicas, topográficas e outras que podem provocar entradas ou saídas extremas e limitantes;
Retenção e perda de material	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de retenção de nutrientes importantes e/ou poluentes no sítio; • Perda ou retenção esperadas no ecossistema-alvo; • Mecanismos de retenção disponíveis no sítio; • Probabilidade de que os mecanismos de retenção sejam restaurados;
Componentes do ecossistema	<ul style="list-style-type: none"> • Definição dos componentes, como produtores, herbívoros, consumidores primários etc.; • Estrutura da cadeia trófica; • "Feedback" entre componentes;
Ciclagem interna do ecossistema Decomposição	<ul style="list-style-type: none"> • Taxas de decomposição para diferentes tipos de material; diferentes microhabitats, efeitos da cadeia trófica do solo nas taxas
Absorção de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> • Taxas para diferentes nutrientes e diferentes espécies
Deposição de litter	<ul style="list-style-type: none"> • Taxas para diferentes nutrientes e diferentes espécies e tecidos
Decomposição	<ul style="list-style-type: none"> • Importância relativa da matéria orgânica do solo, litter, ramos finos e detritos no armazenamento a longo prazo;
Eficiência de transferência entre componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Reabsorção ou retenção de nutrientes
Produtividade primária líquida	<ul style="list-style-type: none"> • Taxas • Nível almejado e relação com diversidade de espécies • Mudança das taxas no tempo • Balanço entre produção acima e abaixo do piso • Alocação da produção entre ramos, caule, folha, estruturas reprodutivas;
Biomassa em pé	<ul style="list-style-type: none"> • Tamanho; mudanças fenológicas; distribuição entre tecidos vegetais
Dinâmica Regime de distúrbio	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos, frequência, intensidade, duração, extensão espacial;
Resiliência	<ul style="list-style-type: none"> • Respostas espaciais e temporais a distúrbios, taxas de recuperação;
Resistência	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças temporais em outros descritores do ecossistema durante a sucessão

restauração da estrutura (Palmer et al., 1997). Entretanto, segundo os mesmos autores, a ênfase em se restaurar a estrutura ou a função do ecossistema dependerá dos atributos das comunidades naturais, não perturbadas. Para aquelas com estrutura previsível e relativamente constante no tempo, onde a troca de matéria entre ecossistemas locais ou regionais é pequena, é possível o foco na restauração da estrutura, ou de populações particulares; para comunidades que exibem um fluxo estocástico na composição e abundância de espécies, é mais apropriado o foco na restauração de sua função.

IDENTIFICANDO E SUPERANDO AS BARREIRAS QUE IMPEDEM A REGENERAÇÃO NATURAL DA VEGETAÇÃO NATIVA

A sustentabilidade de um ecossistema e sua auto-manutenção em uma condição relativamente estável pressupõe que as espécies dominantes possam se regenerar normalmente e se manter dominantes a longo prazo. Em ecossistemas severamente degradados esta condição não só não ocorre, como também a colonização por espécies arbóreas e a sucessão secundária são dificultadas ou impedidas, numa escala de tempo compatível com as necessidades humanas, devido a limitações no ambiente físico e/ou biótico.

As barreiras para a regeneração natural de espécies florestais em ecossistemas degradados, tais como pastagens abandonadas, áreas de mineração ou de empréstimo, atuam em uma ou mais fases do ciclo de vida da planta (Figura 3), e podem incluir um ou mais dos seguintes fatores (Nepstad et al., 1990; Parrotta, 1993; Borges & Engel, 1993 e Miriti, 1998):

- *Ausência ou baixa disponibilidade de propágulos (sementes, estoques radiculares):* pela destruição do banco de sementes ou de raízes do solo; ausência de fontes de propágulos na vizinhança; ausência de dispersores; dificuldade da semente estabelecer contato com o solo pela alta biomassa de gramíneas;
- *Falhas no recrutamento de plântulas e jovens:* pelo aumento de predação de sementes e herbivoria de plântulas em áreas abertas; ausência de ambiente propício ao estabelecimento das mudas (microclima desfavorável com excesso de luz, aquecimento e secamento do solo, baixa umidade relativa do ar; deficiência de nutrientes e matéria orgânica no solo; compactação); competição com gramíneas;

- *Fatores adicionais de estresse:* fogo; pastoreio, super exploração das áreas em regeneração;
- *Falhas no estabelecimento de interações essenciais para a manutenção da integridade:* ausência de simbioses (micorrizas, rizobactérias), polinizadores e dispersores.

Uma série de trabalhos recentes da literatura tem demonstrado que as plantações florestais podem quebrar essas barreiras, exercendo um efeito "catalítico" da sucessão secundária e facilitando a regeneração natural da vegetação nativa (Nepstad et al., 1990; Parrota, 1993; 1995; 1999; Parrota et al., 1997a; 1997b; Parrota & Knowles, este volume; Brown & Lugo, 1994; Goosem & Tucker, 1995; Lamb et al., 1997 e Lamb, 1998). O efeito catalítico das plantações é devido a mudanças microclimáticas, favorecendo a germinação e estabelecimento de plântulas e o crescimento posterior das mudas.

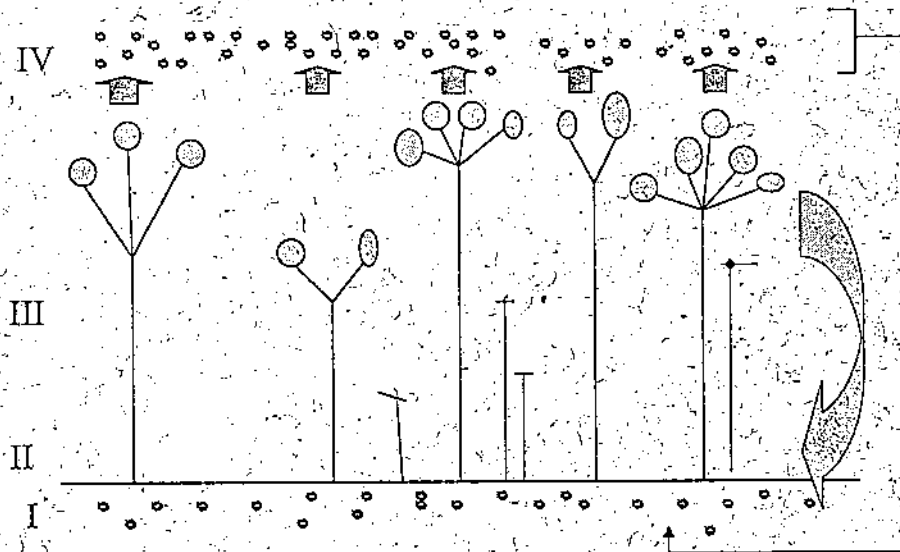


Figura 3. Modelo de dinâmica populacional de Harper (1977) em relação à restauração. É descrita a seqüência de eventos que determinam o sucesso de uma semente levando à produção de mais sementes. Os elementos assinalados com os algarismos de I a IV, representam as fases do ciclo de vida da planta, nas quais barreiras do meio físico ou biótico podem estar atuando, impedindo que o ciclo se complete e afetando a viabilidade da população. I: banco de sementes do solo; II: recrutamento de plântulas; III: crescimento em massa e em número de unidades modulares; IV: fase final da reprodução e dispersão de sementes.

desenvolvimento de uma camada de serrapilheira e húmus que melhora a fertilidade do solo e favorece o estabelecimento inicial e crescimento futuro; aumento da complexidade estrutural do habitat, provocando atração da fauna e maior entrada de propágulos; supressão de invasoras (gramíneas) e exclusão de fogo, influenciando positivamente na rapidez e continuidade da sucessão. Além disso, as plantações florestais contribuem para a regeneração natural da vegetação nativa à medida em que diminuem a pressão de uso sobre essas áreas pela população local, como é o caso de fragmentos de "miombo" (savana arbórea) em Malawi, África (Bone et al., 1997).

Trabalhos mostram que, em geral, o efeito catalítico sobre a regeneração natural é melhor em plantios mistos com espécies nativas em comparação com plantios puros ou plantações comerciais com exóticas (Parrotta, 1995 e Parrotta & Knowles, este volume), e sempre que possível esta deve ser a estratégia adotada. Entretanto, em áreas severamente degradadas só é possível o estabelecimento inicial de espécies exóticas, devido a limitações do sítio. Uma outra situação seria a necessidade de incorporar benefícios diretos para a sociedade, ou de realizar trabalhos em larga escala, quando as espécies exóticas cumprem razoavelmente bem o papel de catalizadoras da sucessão, desde que os talhões sejam manejados adequadamente para tal (Lugo, 1992; Brown & Lugo, 1994; Lamb et al., 1997 e Lamb, 1998).

Na abordagem das plantações florestais como catalizadoras da regeneração natural, devemos considerar que as árvores formam apenas o esqueleto estrutural das florestas, e que muitas outras formas de vida, incluindo a comunidade edáfica, epífitas, lianas, arbustos e ervas deverão ser capazes de colonizar a área plantada, aumentando a diversidade de nichos para a colonização concomitante da comunidade pela vida silvestre. A falha de colonização pela fauna leva ao estabelecimento de um "cemitério de árvores em pé", cujas populações não serão capazes de se sustentar no futuro, uma vez que a maior parte das espécies arbóreas das florestas tropicais depende dos animais para sua polinização e dispersão (Reis, 1999). Mais do que a polinização, um dos aspectos mais importantes que têm sido considerados nos trabalhos recentes é papel da fauna silvestre na dispersão de propágulos e conseqüente aumento da biodiversidade do local a ser restaurado (Parrotta et al., 1997b; Wunderle Jr., 1997 e Reis, 1999). Utilizar como um dos critérios de seleção de espécies para reflorestamento a sua atratividade para a fauna silvestre, em função tanto do tipo de recurso ofertado quanto da época do ano em que florescem ou frutificam, é uma estratégia que pode facilitar este processo (Nepstad et al., 1990; Knowles & Parrotta, 1995; Goosem & Tucker, 1995 e Reis, 1999).

INTEGRANDO A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO RURAL

Embora no conceito de restauração estejam incorporadas as suas dimensões econômicas e sociais, a grande maioria dos trabalhos tem considerado este assunto como meramente ecológico ou silvicultural. Entretanto, as barreiras para que a restauração ecológica possa ser aplicada em uma escala mais ampla e beneficiar uma parcela maior da população, os obstáculos são atualmente muito mais de ordem política, econômica e social.

A reabilitação de áreas degradadas requer o reconhecimento do lugar das florestas na cultura de cada sociedade, bem como a magnitude da pressão de ocupação de novas áreas agrícolas (Lamb & Tomlinson, 1994). Grandes esforços de restauração podem se mostrar inefetivos, se as florestas não ocuparem um lugar na cultura da sociedade local, e se a comunidade rural não acreditar que possam se beneficiar diretamente e a curto prazo com a restauração, e se sentirem com isso ameaçadas até mesmo de perder a posse da terra; além disso, a restauração deve ser compatível com os padrões locais de uso de recursos, com o nível local de conhecimentos e habilidades relevantes a restauração, sendo fundamental que organizações e grupos sociais sejam efetivamente mobilizados para dar suporte às atividades de restauração e que as políticas públicas sejam favoráveis às ações de restauração (Lamb & Tomlinson, 1994; Walters, 1997). Uma das questões mais importantes que emerge nos países pobres e em desenvolvimento tem sido os altos custos de implantação dos projetos de restauração/reabilitação, que são impeditivos para a grande maioria dos pequenos e médios produtores rurais (Engel & Parrotta, 2001).

Walters (1997) discute uma série de questões que podem ser usadas como guia para incorporar a dimensão social na restauração de florestas tropicais, referentes a: impactos econômicos; uso da terra, manejo de recursos e estrutura fundiária; conhecimento tradicional, habilidades e costumes; organização social e instituições; governo, políticas públicas e capacidade administrativa. Embora muitos problemas básicos de ordem técnica ainda estejam para ser resolvidos, a preocupação com essas questões pode contribuir para que a restauração possa sair do âmbito da pesquisa acadêmica e ser aplicada mais amplamente em benefício de toda a sociedade.

CONCLUSÕES

Ainda hoje existem duas tendências principais entre os pesquisadores e manejadores voltados à reparação de danos ambientais. Um grupo considera que o termo restauração significa o retorno exatamente ao estado original do ecossistema, e que este objetivo é inatingível, e portanto preferem usar outros termos, como recuperação. O outro grupo também assume que o retorno às condições primitivas exatas do ecossistema é impossível, devido principalmente à natureza dinâmica dos ecossistemas, mas que não deve ser este o objetivo principal da restauração; ao contrário, a capacidade natural de mudança temporal dos ecossistemas é vista como uma atributo desejável e que deve ser fomentado, enfatizando-se a restauração da sua integridade ecológica, biodiversidade e estabilidade a longo prazo. Isso muitas vezes significa iniciar e direcionar inicialmente a sucessão, aceitando o produto que a natureza irá oferecer a médio e longo prazo. A tendência mundial atual é de adotar o termo restauração, definindo claramente seu escopo, principais desafios e limitações de ordem ecológica, técnica, econômica e social. Um dos grandes desafios tem sido como avaliar a efetividade e sucesso da restauração, uma vez que esta tem objetivos que só podem ser alcançados a longo prazo. Esforços recentes têm se concentrado na definição de critérios que, a curto e médio prazo, possam dar uma perspectiva mais clara de que o ecossistema restaurado será viável a longo prazo; isso contribuirá para que as pessoas "percam o medo" de ter como objetivo maior a restauração ecológica, independente da abordagem técnica ou metodológica adotada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In: PRANCE, G. T. (Ed.) *Biological diversification in the tropics*. New York: Columbia University Press, 1982. p. 41-58.
- ALLEN, T.F.H.; HOEKSTRA, T.W. Problems of scaling in restoration ecology: a practical application. In: JORDAN III; GILPIN, M.E.; ABER, J.D. (Ed.) *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p.289-300.
- BRADSHAW, A.D. Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape Planning*, v. 11, 1984. p.35-48.

- BRADSHAW, A.D. Reclamation of lands and ecology of ecosystems. In: JORDAN III; GILPIN, M. E.; ABER, J. D. (Ed.) *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p.53-71.
- BONE, R.; LAWRANCE, M.; MAGOMBO, Z. The effect of *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantations on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. *Forest Ecology and Management*, v. 99, n.1/2, p. 83-100, 1997.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*, v. 2, n. 2, p.97-111, 1994.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba*, v.15, p.40-42, 1965.
- CARPANEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. *Anais*. São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p.329-336.
- CLEWELL, A.; RIEGER, J. P. What practitioners need from restoration ecologists. *Restoration Ecology*, v.5, n.4, p. 350-354, 1997.
- CORRÊA, R.S. Degradação e recuperação de áreas no Distrito Federal. In: CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B. (Ed.) *Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado*. Brasília: Editora Paralelo 15, 1998. p.13-19.
- DIAMOND, J. Reflections on goals and the relationship between theory and practice. In: JORDAN III; GILPIN, M.E.; ABER, J.D. (Ed.) *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p.329-336.
- EHRENFELD, J.G. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology*, v.8, n.1, p.2-9, 2000.
- EHRENFELD, J.G.; TOTH, L.A. Restoration ecology and the ecosystem perspective. *Restoration Ecology*, v.5, n.4, p.307-317, 1997.
- ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A. An Evaluation of Direct Seeding as a Means for Reforesting Degraded Lands in Central São Paulo State, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.152, p.169-181, 2001.
- GOOSEM, S.; TUCKER, N.I.J. *Repairing the rain forest*. Cairns: Wet Tropics Management Authority, 1995. 72p.
- HARPER, J.L. *Population Biology of Plants*. London: Academic Press, 1977.
- HOBBS, R.J.; HARRIS, J.A. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millenium. *Restoration Ecology*, v.9, n.2, p.239-246, 2001.
- JORDAN III; GILPIN, M.E.; ABER, J.D. (Ed.) *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 342p.
- KAGEYAMA, P.Y.; FREIXEDAS, V.M.; GERES, W.L.; DIAS, J.H.P.; BORGES, A.S. Consórcio de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais em Teodoro. Sampaio-SP. *Revista do Instituto Florestal*, v.4, Parte 2, p.527-533, 1992.
- KIMMINS, J.P. *Forest ecology*. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 531p.

- KNOWLES, O.H.; PARROTTA, J.A. Amazonia forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. *Commonwealth Forestry Review*, v.74, n.3, p.230-243, 1995.
- LAMB, D. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology*, v.6, n.3, p.271-279, 1998.
- LAMB, D.; TOMLINSON, M. Forest rehabilitation in the Asia-Pacific region: past lessons and present uncertainties. *Journal of Tropical Forest Science*, v.7, n.1, p.157-170, 1994.
- LAMB, D.; PARROTTA, J.; KEENAM, R.; TUCKER, N. Rejoining habitats remnants: restoring degraded rainforest lands. In: LAURANCE, W.; BIERREGAARD Jr., R.O. (Ed.) *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. p.366-385.
- LIETH, H.; LOHMANN, M. (Ed.) *Restoration of tropical forest ecosystems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 281p.
- LUGO, A. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. In: WALI, M.K. (Ed.) *Ecosystem rehabilitation: ecosystem analysis and synthesis*. The Hague: SPB Academic Publishing, 1992. p.247-255.
- MEFFE, G.K.; CARROL, C.R. Ecological restoration. In: *Principles of Conservation Biology*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc, 1994. p.409-438.
- METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.71, p.445-463, 1999.
- MINTER/IBAMA. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília: IBAMA, 1990. 96p.
- MIRITI, M.N. Regeneração florestal em pastagens abandonadas na Amazônia Central: competição, predação e dispersão de sementes. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.) *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus: INPA, 1998. p.179-190.
- MONTALVO, A. et al. Restoration biology: a population biology perspective. *Restoration Ecology*, v.5, n.4, p.277-290, 1997.
- NEPSTAD, D.; UHL, C.; SERRÃO, A. E. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil. In: ANDERSON, A. (Ed.) *Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest*. New York: Columbia University Press, 1990. p.215-229.
- OLDEMAN, R.A.A. Tropical forest: the ecosystem. In: BEUSEKOM, C.F.; VAN GOOR, C.P.; SCHMIDT, P. (Ed.) *Wise utilization of tropical rain forest lands*. Ede: MAB-Unesco, p.46-67, 1987.
- PALMER, M.A.; AMBROSE, R.F.; POFF, N.L. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology*, v.5, n.4, p.291-300, 1997.
- PARKER, V.T. The scale of successional models and restoration objectives. *Restoration Ecology*, v.5, n.4, p.301-306, 1997.

- PARROTTA, J.A. Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as "foster ecosystems". In: LIETH, H.; LOHMANN, M. (Ed.) Restoration of tropical forest ecosystems. The Hague: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.63-73.
- PARROTTA, J.A. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science*, v.6, p.627-636, 1995.
- PARROTTA, J.A. Productivity, nutrient cycling and succession in single and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, v.124, n.1, p.45-77, 1999.
- PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, v.99, n.1/2, p.1-7, 1997a.
- PARROTTA, J.A.; KNOWLES, O.H.; WUNDERLE JR., J.M. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v.99, n.1/2, p.21-42, 1997b.
- PUHAKKA, M.; KALLIOLA, R.; RAJASILTA, M.; SALO, J. River types, site evolution and successional vegetation patterns in Peruvian Amazonia. *Journal of Biogeography*, v.19, p.651-665, 1992.
- REIS, A.; ZAMBONIM, R.M.; NAKAZONO, E.M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera, 1999. 42p. (Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 14).
- SANFORD JR., R.L.; SALDARRIAGA, J.; CLARK, K.; UHL, C.; HERRERA, R. Amazon rain-forest fires. *Science*, v.227, p.53-55, 1985.
- SOS Mata Atlântica/INPE. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da mata atlântica no período 1990-1995. São Paulo: SOS Mata Atlântica/INPE, 1998. 47p.
- TIVY, F. Ecosystem stability and disturbance. In: *Biogeography: a study of plants in the ecosphere*. Essex: Longman Scientific & Technical, 1993. p.293-310.
- UHL, C.; NEPSTAD, D.; BUSCHBACHER, R.; CLARK, K.; KAUFFMAN, B.; SUBLER, S. Studies of ecosystem response to natural and anthropogenic disturbances provide guidelines for designing sustainable land-use systems in Amazonia. In: ANDERSON, A. (Ed.) *Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest*. New York: Columbia University Press, 1990. p.24-42.
- WALTERS, B.B. Human ecological questions for tropical restoration: experiences from planting native upland trees and mangroves in the Philippines. *Forest Ecology and Management*, v.99, n.1/2, p.275-290, 1997.
- WHITE, P.S.; PICKETT, T.A. Natural Disturbances and Patch Dynamics: An Introduction. In: PICKETT, T.A.; WHITE, P.S. (Ed.) *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. New York: Academic Press, 1985. p.3-13.

WHITE, P.S.; WALKER, J.L. Approximating Nature's variation: selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecology*, v.5, n.4, p.338-349, 1997.

WUNDERLE JR., J.M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, v.99; n.1/2, p.223-235, 1997.

YOUNG, T.P. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*, v.92, p.73-83, 2000.

