



Fundamentos de Restauração Ecológica

Sociedade Internacional para Restauração Ecológica
Grupo de Trabalho em Ciência & Política
(Versão 2: Outubro de 2004) *

Tradução: Efraim Rodrigues, Ph.D.
Revisão: Danielle Celentano

efraim@efraim.com.br

Seção 1: Visão Geral	3
Seção 2: Definição de Restauração Ecológica	5
Seção 3: Atributos de Ecossistemas Restaurados	5
Seção 4: Explicações dos Termos	6
Seção 5: Ecossistemas de Referência	11
Seção 6: Espécies Exóticas	12
Seção 7: Monitoramentos e Avaliação	13
Seção 8: Planejamento da Restauração	14
Seção 9: Relação entre a Prática da Restauração e a Ecologia da Restauração	14
Seção 10: Relação entre Restauração e outras Atividades	15
Seção 11: Integração da Restauração Ecológica em um Programa Amplo	16

Este documento pode ser citado como: Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Os principais autores deste documento são André Clewell (Quincy, FL USA), James Aronson (Montpellier, France) e Keith Winterhalder (Sudbury, ON Canada). Clewell fez a proposta inicial

e escreveu seu primeiro rascunho. Aronson e Winterhalder, em colaboração com Clewell, revisaram o documento até sua forma atual. Winterhalder, na posição de diretor do Grupo de Ciência e Política da SER, coordenou este esforço e convidou outros membros do grupo de trabalho para participar. Eric Higgs (Victoria, BC Canada) elaborou a seção sobre a visão geral.

Dennis Martínez (Douglas City, CA USA) contribuiu com um trabalho que se tornou a base para o texto relacionado aos ecossistemas culturais.

Outros membros do Grupo de Trabalho ofereceram críticas e sugestões conforme o trabalho progredia, incluindo Richard Hobbs (Murdoch, WA Australia), James Harris (London, UK), Carolina Murcia (Cali, Colombia) e John Rieger (San Diego, CA USA). O grupo agradece Eric Higgs, antigo Titular do Conselho de Diretores da SER, pelo seu encorajamento e por trazer este documento perante os Diretores Internacionais da SER para sua adoção oficial no dia 6 de abril de 2002 em unanimidade.

Este documento substitui o SER International's Project Policies publicado inicialmente na revista *Restoration Ecology* 2(2):132-133, 1994 que foi posteriormente publicado no site da SER Internacional. Este documento também substitui o Policy on Project Evaluation publicado no mesmo site. O SER International environmental policies, publicado inicialmente na revista *Restoration Ecology* 1(3):206-207, 1993, permanece efetivo.

* O conteúdo desta segunda versão é exatamente o mesmo da versão publicada em 2002, exceto que "Internacional" foi anexado ao nome da SER, fotos foram adicionadas e os gráficos redesenhados. A versão 2 foi publicada simultaneamente em papel e na Internet em www.ser.org.

Seção 1: Visão geral

Restauração Ecológica é uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema em relação a sua saúde, integridade e sustentabilidade. Frequentemente, o ecossistema que necessita restauração foi degradado, perturbado, transformado ou inteiramente destruído como resultado direto ou indireto de ações humanas. Em alguns casos, estes impactos nos ecossistemas foram causados ou agravados por agentes naturais como fogo, enchentes, tempestades ou erupções vulcânicas a um ponto no qual o ecossistema não pode recuperar seu estado anterior à perturbação, ou sua trajetória histórica de seu desenvolvimento.

A restauração é uma tentativa de retornar o ecossistema à sua trajetória histórica. Portanto, as condições históricas são o ponto de partida ideal para o planejamento da restauração. O ecossistema restaurado não irá necessariamente recuperar seu estado prévio, já que as condições e limitações atuais podem ter causado seu desenvolvimento em uma trajetória alterada. A trajetória histórica de um ecossistema seriamente impactado pode ser difícil ou até impossível de ser determinada com acurácia. Não obstante, a direção geral e os limites desta trajetória podem ser estabelecidos através de uma combinação do conhecimento da estrutura do ecossistema antes de ser degradado, sua composição e funcionamento, através



de estudos em ecossistemas similares intactos, através de informações sobre as condições ambientais regionais e pela análise de informações de outras referências ecológicas culturais e históricas. Estas fontes combinadas permitem mapear a trajetória histórica ou condições de referência a partir dos dados ecológicos fundamentais e dos modelos preditivos. Seu uso no processo de restauração deve auxiliar a condução do ecossistema na direção de melhorar sua saúde e integridade.

A restauração representa comprometer terra e recursos por prazo longo e indeterminado e por isso exige ponderação. Decisões coletivas são mais prováveis de serem honradas e implementadas que aquelas tomadas unilateralmente. Por esta razão, é necessário que todos participantes concordem em iniciar o projeto de restauração por consenso. Uma vez que a decisão de restaurar é tomada, o projeto exige planejamento cuidadoso e sistemático e monitoramento da recuperação do ecossistema. A necessidade de planejamento aumenta quando a unidade de restauração é uma paisagem complexa de ecossistemas contíguos.

As intervenções empregadas em restaurações variam grandemente entre projetos, dependendo da extensão e duração das perturbações passadas, condições culturais que formaram a paisagem, além das limitações e

oportunidades atuais. Na circunstância mais simples, a restauração consiste em remover ou modificar uma perturbação específica, permitindo então que os processos ecológicos realizem uma recuperação independente. Por exemplo, a remoção de uma barragem (como já aconteceu centenas de vezes nos EUA e Europa) permite o retorno do regime de inundação. Em circunstâncias mais complexas, a restauração pode também exigir a reintrodução intencional de espécies nativas que foram perdidas e a eliminação ou controle de espécies exóticas prejudiciais ao limite máximo que for praticamente possível.

Freqüentemente, a degradação ou transformação de um ecossistema foi múltipla, as causas muito antigas e os constituintes históricos foram perdidos em sua maioria.

Algumas vezes a trajetória de desenvolvimento de um ecossistema degradado está totalmente bloqueada e sua recuperação através de processos naturais parece estar atrasada indefinidamente. Em todos estes casos, no entanto, a restauração ecológica objetiva iniciar ou facilitar a retomada destes processos que irão retornar o ecossistema à trajetória pretendida.

Quando o ecossistema sob manipulação descreve a trajetória desejada, ele de não mais precisar assistência externa para assegurar suas saúde e integridade futuras, quando a restauração pode ser considerada completa. Não obstante, o

ecossistema restaurado freqüentemente requer a gestão contínua para neutralizar a invasão de espécies oportunistas, dos impactos de várias atividades humanas, da mudança do clima e de outros eventos imprevisíveis. Neste caso, um ecossistema restaurado não é diferente de um ecossistema similar não danificado, e ambos são passíveis de precisar de algum nível de manejo. Embora a restauração do ecossistema e o seu manejo formem um continuum e freqüentemente empreguem técnicas similares de intervenção, a restauração ecológica visa ajudar ou iniciar

à recuperação, enquanto o manejo pretende garantir o bem estar continuado do ecossistema restaurado.

Alguns ecossistemas, particularmente em países em desenvolvimento, são ainda manejados por práticas tradicionais, culturalmente

sustentáveis. Existe uma reciprocidade nestes ecossistemas culturais entre atividades culturais e processos ecológicos, de maneira que as ações humanas reforçam sua saúde e sustentabilidade. Muitos ecossistemas culturais têm sofrido com o crescimento demográfico e pressões externas de vários tipos e necessitam restauração. A restauração de tais ecossistemas normalmente inclui simultaneamente a recuperação de práticas indígenas de manejo de ecossistemas, incluindo o apoio à sobrevivência cultural de povos indígenas e seus idiomas como bibliotecas vivas do conhecimento ecológico tradicional. A restauração ecológica encoraja e pode até



ser dependente da participação a longo prazo das pessoas. As culturas tradicionais estão agora passando por mudanças sem precedentes em todo mundo. Para acomodar estas mudanças, a restauração ecológica pode aceitar e até encorajar novas e apropriadas culturas e práticas sustentáveis que levem em conta as condições e limitações contemporâneas. Neste aspecto, a ênfase norte americana em restaurar paisagens intocadas faz pouco ou nenhum senso em locais como a Europa onde paisagens culturais são a regra, ou em grandes partes da África, Ásia e América Latina onde a restauração ecológica é indefensável se não apoiar a base ecológica da sobrevivência humana. O que torna a restauração ecológica particularmente inspiradora é que as práticas culturais e os processos ecológicos estimulam-se mutuamente. Desta forma, não é surpresa que o interesse na restauração ecológica esteja crescendo rapidamente e que, na maior parte dos casos, as crenças e práticas culturais sejam levadas em conta para ajudar a dar forma ao que será realizado sob a rubrica de restauração.

A definição oficial da SER Internacional, apresentada na próxima página, é suficientemente geral para permitir grande variedade de enfoque de restauração, ao mesmo tempo que faz deferência à historicamente rica idéia de “recuperação”.

D Seção 2: **Definição de Restauração Ecológica**

Restauração Ecológica é o processo de assistir a recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído.

A Seção 3: **Atributos de Ecossistemas Restaurados**

Esta seção discute o tema do que significa a “recuperação” na restauração ecológica.

Um ecossistema foi recuperado – e restaurado – quando conta com recursos bióticos suficiente para continuar seu desenvolvimento sem mais assistência ou subsídio. Ele irá sustentar-se sozinho estrutural e funcionalmente. Ele irá mostrar resiliência às faixas normais de variação de estresse ambiental e perturbação. Ele irá interagir com ecossistemas contíguos por meio de fluxos bióticos e abióticos e interações culturais.

Os nove atributos listados abaixo são a base para determinarmos se a restauração foi completada. A expressão completa de todos estes atributos não é essencial para comprovar uma restauração. Ao contrário, estes atributos somente demonstram uma trajetória adequada do desenvolvimento do ecossistema na direção do objetivo pretendido ou referência. Alguns atributos são facilmente mensuráveis. Outros precisam ser avaliados indiretamente, incluindo a maior parte das funções de ecossistemas, que não podem ser estimadas senão com esforços de pesquisa que excedem as capacidades e orçamentos da maior parte dos projetos de restauração.

1 O ecossistema restaurado contém um conjunto característico de espécies que ocorrem em ecossistemas de referência e que provém uma estrutura de comunidade apropriada.

2 O ecossistema restaurado consiste de espécies nativas na maior extensão possível. Em ecossistemas culturais

restaurados, podem ser permitidas espécies exóticas domesticadas, ruderais não invasivas e segetais que presumivelmente coevoluíram com eles. Ruderais são plantas que colonizam áreas perturbadas e segetais tipicamente crescem junto com espécies cultivadas.

3 Todos grupos funcionais necessários para o desenvolvimento contínuo e/ou estabilidade do ecossistema restaurado são representados por ou, se não forem, os grupos faltantes têm o potencial de colonizar por meios naturais.

4 O ambiente físico do ecossistema restaurado é capaz de sustentar suficientes populações reprodutivas de espécies para sua estabilidade continuada ou desenvolvimento ao longo da trajetória desejada.

5 O ecossistema restaurado aparentemente funciona normalmente para seu estágio ecológico de desenvolvimento e não há sinais de disfunção.

6 O ecossistema restaurado é adequadamente integrado em uma ampla paisagem ou matriz ecológica que interage através de trocas e fluxos bióticos e abióticos.

7 Ameaças potenciais da paisagem circundante à saúde e integridade do ecossistema restaurado foram eliminadas ou reduzidas ao máximo possível.

8 O ecossistema restaurado é suficientemente resiliente para suportar eventos estressantes normais e periódicos no ambiente local que servem para manter a integridade do ecossistema.

9 O ecossistema restaurado é auto-sustentado no mesmo grau que seu ecossistema de referência e tem o potencial de persistir indefinidamente sob

as condições ambientais existentes. Não obstante, aspectos da sua biodiversidade, estrutura e funcionamento podem mudar como parte do desenvolvimento normal de um ecossistema, e podem flutuar em resposta a estresses periódicos normais e perturbações ocasionais de maior consequência. Assim como em qualquer ecossistema intacto, a composição de espécies e outros atributos de ecossistemas restaurados pode evoluir conforme mudem as condições ambientais.

Outros atributos ganham relevância e deverão ser adicionados a esta lista se eles forem identificados como metas para projetos de restauração. Por exemplo, uma das metas de restauração pode ser oferecer bens naturais específicos e serviços para benefício social. Neste caso, o ecossistema restaurado serve como um capital natural para o aumento destes bens e serviços. Outra meta poderia ser que o ecossistema restaurado provenha habitat para espécies raras ou para proteger um conjunto gênico diverso de espécies selecionadas. Outras metas possíveis de restauração podem incluir a oferta de serviços estéticos ou a acomodação de atividades de consequência social, tais como o fortalecimento da comunidade através da participação de pessoas em projetos de restauração.

E Seção 4: **xplicação dos termos**

Vários termos técnicos são introduzidos ao longo deste documento. Alguns deles podem ser pouco familiares para os leitores não-ecologistas, enquanto outros tem múltiplos significados em diferentes usos. Para reduzir o potencial de mal entendidos, os termos chave são explicados nos modos em que eles são usados neste documento.

Um **ecossistema** consiste de **biota** (plantas, animais, microorganismos) em determinada área, o **ambiente** que sustenta ele, e suas **interações**. Populações de espécies que compõe a Biota são coletivamente chamadas de **comunidade biótica**.

A comunidade é freqüentemente analisada em base de seu status **taxonômico** (por exemplo, a comunidade de insetos) ou **forma de vida** (por exemplo, a comunidade de árvores).

Conjuntos de organismos podem também ser reconhecidos por seus papéis funcionais no ecossistema (por exemplo produtores primários, herbívoros, carnívoros, decompositores, fixadores de nitrogênio, polinizadores) no caso conhecidos como **grupos funcionais**. O **ambiente físico** ou **abiótico** que sustenta a biota de um ecossistema inclui o solo ou substrato, o meio aquático ou atmosférico, hidrológico, tempo e clima, relevo e orientação, regime de nutrientes e regime de salinidade. **Habitat** se refere ao local de moradia de um organismo ou comunidade que provê as condições necessárias para os processos vitais

Um ecossistema pode ser reconhecido em uma unidade espacial de qualquer tamanho, a partir de um micro-sítio contendo somente alguns poucos indivíduos até uma área mostrando algum grau de homogeneidade estrutural e taxonômica tal como uma área úmida comunitária

e pequena, ou um ecossistema floresta tropical pluvial na grande escala de bioma. A restauração ecológica pode ser conduzida em variadas escalas, mas na prática toda restauração de ecossistemas deve ser conduzida com perspectiva de paisagem espacialmente explícita de maneira a garantir adequados fluxos, interações e trocas com ecossistemas contíguos. Uma paisagem consiste de um mosaico de dois ou mais ecossistemas que trocam organismos, energia, água e nutrientes. Um objeto legítimo e importante de muitas restaurações

ecológicas é a reintegração de ecossistemas fragmentados e paisagens, ao invés de focar em um ecossistema único.

Uma **paisagem** ou **ecossistema natural** é aquela que se desenvolveu por processos naturais e que é auto organizável e a auto sustentável.

Uma **paisagem** ou **ecossistema cultural** é

aquele que se desenvolveu dentro de uma influência conjunta dos processos naturais e dos impostos pela civilização. Muitos campos e savanas são mantidos em grande parte por atividades humanas tais como a ignição freqüente de incêndios superficiais para caça e agrupamento de animais. Na Europa, muitas campinas ricas em espécies são ecossistemas culturais que apareceram a partir da retirada da floresta na Idade do Bronze, e têm sido mantidas através de cultivo e pastoreio sazonal do rebanho. O reparo de uma campina degradada pode ser considerado como uma restauração ecológica, ainda que o ecossistema de campina que foi escolhido



como paisagem de referência resulte de atividades humanas. Em outro exemplo, uma floresta densa de coníferas atualmente ocupa grandes porções do Oeste Norte Americano. No século 19, muito desta floresta foi aberta e passou a ser coberta com uma vegetação herbácea em função do uso freqüente do fogo e pelas plantas utilizadas pelos povos indígenas. Esta floresta parecia natural e sua condição era sustentável sob o regime de uso indígena. O retorno deste ecossistema para uma floresta aberta, ocupada e utilizada da maneira tradicional indígena, consiste uma restauração ecológica. **Práticas**

culturais sustentáveis são

uso do solo tradicionais

que mantêm a biodiversidade e produtividade.

Neste contexto, a biota é valorizada tanto pela sua importância para a estabilidade do ecossistema como por seu valor no curto prazo, tais como suas commodities. Talvez todos ecossistemas naturais sejam culturalmente influenciados, ao menos de alguma pequena forma, e esta realidade merece atenção na condução da restauração.

Os termos degradação, perturbação, destruição e transformação todos representam desvios do estado normal desejado de um ecossistema intacto. Os significados precisos destes termos se sobrepõem e sua aplicação não é sempre clara. **Degradação** pertence às sutis ou graduais mudanças que reduzem a integridade e saúde ecológicas. **Dano** se refere às mudanças agudas e óbvias em um ecossistemas. Um ecossistema é

destruído quando a degradação ou dano remove dele toda vida macroscópica e geralmente arruína o ambiente físico também. **Transformação** é a conversão de um ecossistema em um tipo diferente de ecossistema ou de uso do solo.

Um **ecossistema de referência** pode servir como modelo para o planejamento de uma restauração ecológica e posteriormente ser útil na sua avaliação. Em circunstâncias onde o objeto da restauração consiste de dois ou mais tipos de ecossistemas, a referência pode

ser chamada de **paisagem de referência** ou, se somente

uma porção dela irá ser restaurada, **unidade de paisagem de referência**.

O ecossistema designado, paisagem ou unidade pode ser simplesmente chamado de **referência**.

Tipicamente, a referência representa um ponto avançado do desenvolvimento da trajetória pretendida para a restauração. Em outras palavras, espera-se que o ecossistema restaurado replique os atributos da referência, e as metas e estratégias do projeto são desenvolvidas à luz desta expectativa.

A referência pode consistir de uma ou mais localidades especificadas que contenham ecossistemas modelos, uma descrição escrita ou uma combinação de ambos. A informação coletada sobre a referência inclui ambos componentes biótico e abióticos. Uma discussão mais abrangente do ecossistema de referência aparece na seção 5.



A **trajetória ecológica** é aquela que descreve o caminho de desenvolvimento de um ecossistema através do tempo. Na restauração, a trajetória inicia com o ecossistema por ser restaurado e progride na direção de um estado desejado de recuperação que é expresso pelas metas do projeto de recuperação e personificado no ecossistema de referência. A trajetória inclui todos atributos ecológicos – bióticos e abióticos - de um ecossistema, e teoricamente pode ser monitorado por medidas seqüenciais de um conjunto coerente de parâmetros ecológicos.

Qualquer dada trajetória não é estreita e específica. Ao contrário, a trajetória inclui uma ampla faixa de expressões ecológicas potenciais ao longo do tempo, como poderia ser descrito matematicamente pela teoria do caos, ou previsto pelos vários modelos ecológicos.

Uma descrição totalmente empírica da trajetória não é possível por dois motivos. Primeiro, o número de características de ecossistemas que podem ser medidas excedem grandemente aquelas que efetivamente podem ser monitoradas, e a descrição da trajetória é necessariamente incompleta. Segundo, o monitoramento dos dados conduz por si só a plotar as trajetórias individuais, mas sua combinação em uma trajetória única representando o ecossistema inteiro requer análise multivariada altamente complexa de um tipo que ainda precisa ser desenvolvida. Isto é um desafio crítico de pesquisa para o futuro



Biodiversidade refere-se à biota em termos de diversidade genética e taxonômica, à variedade de formas de vida presentes e a estrutura da comunidade criada a partir dela, e os papéis ecológicos desempenhados. A biota é organizada hierarquicamente a partir do nível de genoma até organismos individuais, espécies, populações e comunidades. Dois aspectos relacionados da biodiversidade são a composição de espécies, isto é, o arranjo taxonômico das espécies presentes, a riqueza de espécies, que é o número de espécies presentes. Não há como exagerar a importância de uma ampla

recuperação na composição de espécies. Todos grupos funcionais de espécies precisam estar representados para que um ecossistema restaurado possa manter-se sozinho.

A **redundância de espécies**, que é a presença de várias espécies com papéis similares na dinâmica do ecossistema, provê segurança que a saúde do ecossistema seja mantida quando submetida a estresse, perturbação ou outras mudanças ambientais.

Para que um ecossistemas esteja bem adaptado a suas condições locais e para possuir resiliência em resposta a mudanças ambientais ou estresses, as populações de espécies que o compõe devem ter **adaptividade genética**. Um ecossistema contendo populações geneticamente adaptadas é aquele não apenas é adaptado ao regime ambiental atual mas também possui “redundância genética”, onde o conjunto gênico contém uma diversidade de alelos que pode ser selecionada em

resposta a mudanças ambientais. Sob circunstâncias normais, a reintrodução de **ecótipos locais** é suficiente para manter a adaptividade genética. No entanto, em locais que tenham sofrido dano substancial, e por conseguinte alteração em seu ambiente físico, a introdução de um **estoque gênico diversificado** pode ser a estratégia preferida, permitindo portanto recombinação e desenvolvimento de ecótipos novos e mais adaptados.

Por **estrutura de comunidade** entende-se a fisionomia da comunidade em respeito a densidade, estratificação horizontal e frequência de distribuição de espécies e populações e os tamanhos e formas de vida dos organismos que compõem estas comunidades.

Processos ecológicos ou **funções de ecossistemas** são atributos dinâmicos de ecossistemas, incluindo interações entre organismos e dentre organismos e seus ambientes

Processos ecológicos são a base da auto-manutenção de um ecossistema. Alguns ecólogos da restauração limitam o uso do termo “funções de ecossistemas” àqueles atributos que mais diretamente afetam o metabolismo, principalmente o seqüestro e transformação de energia, nutriente e umidade. Exemplos de fixação de carbono pela fotossíntese, interações tróficas, decomposição e ciclagem de nutrientes minerais. Quando as funções de ecossistemas são estritamente definidas desta maneira, outros atributos dinâmicos são definidos como “processos ecológicos” tais como a estabilização de substratos,

controle microclimático, diferenciação de habitats para espécies especializadas, polinização e dispersão de sementes. O funcionamento em escalas espaciais mais amplas é geralmente considerado em termos mais gerais, tais como a retenção de nutrientes e umidade a longo prazo e sustentabilidade geral do ecossistema.

Funções e processo de ecossistemas, assim como a reprodução e crescimento de organismos, são o que fazem com que ecossistemas sejam **autogênicos**, ou tenham capacidade de auto-renovação.

Um objetivo comum para a restauração de qualquer ecossistema natural é

recuperar os processos autogênicos ao ponto em que a assistência do restaurador não seja mais necessária.

Neste aspecto, o papel central do restaurador prático é iniciar o processo autogênico.

Restauradores

freqüentemente assumem

que os processos autogênicos irão iniciar-se uma vez que uma composição de espécies e estrutura adequadas tenham sido reestabelecidas. Esta não é uma condição sempre válida, mas é um ponto de partida razoável para a restauração ecológica.

Alguns processos dinâmicos tem origem externa, como incêndios, inundações, vendavais, choques salinos das marés, tempestades, geadas e secas. Estes processos externos estressam a biota e são freqüentemente chamados de **estressores**. A biota de qualquer ecossistema precisa ser resistente ou resiliente aos eventos estressantes normais. Estes eventos servem



para manter a integridade do ecossistema através da prevenção do estabelecimento de outras espécies que não sejam adaptadas a estas condições. Por exemplo, uma entrada de água salgada da maré é essencial para manter um manguezal e impedir sua transformação em um ecossistema de água doce. Em ecossistemas culturais, atividades mediadas por seres humanos, como fogo e pastoreio, definem-se como estressores. Os termos **distúrbio** e **perturbação** são muitas vezes usados como sinônimos de estressor e evento estressante. Todavia, o termo **distúrbio** é restrito aqui aos impactos mais severos ou mais agudos em ecossistemas que os eventos normais estressantes normais.

Resistência é um termo que descreve a habilidade de um ecossistema de manter seus atributos estruturais e funcionais em face de stress e perturbações. **Resiliência** é a habilidade de um ecossistema de recuperar os atributos estruturais e funcionais que sofreram dano por estresse ou perturbação. **Estabilidade de ecossistema** é a habilidade dele manter sua trajetória apesar de estresse, o que denota um equilíbrio dinâmico, mais do que estabilidade. Estabilidade é atingida parcialmente com base na capacidade do ecossistema para resistência e resiliência.

Os termos integridade de ecossistema e saúde de ecossistema são comumente usados para descrever um estado desejado de um ecossistema restaurado. Ainda que alguns autores usem os termos como sinônimos, eles têm significados distintos. **Integridade de ecossistema** é o estado ou condição de um ecossistema que mostra características de biodiversidade da referência, tais como composição de espécies e estrutura de comunidade, e é totalmente capaz de sustentar o funcionamento normal do ecossistema.

Saúde de ecossistema é o estado ou condição de um ecossistema no qual seus atributos dinâmicos são expressos dentro amplitudes normais de atividade relativas ao estado ecológico de desenvolvimento. Um ecossistema restaurado expressa saúde se funciona normalmente, comparado ao seu ecossistema de referência ou a um conjunto adequado de atributos de ecossistemas restaurados como aqueles listados na seção 3.

O estado de integridade de ecossistema sugere, mas não necessariamente confirma o estado de saúde do ecossistema ou um ambiente abiótico adequado.

E Seção 5: **ecossistemas de referência**

Um ecossistema de referência ou referência serve como um modelo para o planejamento de um projeto de restauração e posteriormente para sua avaliação. Em sua versão mais simples, a referência é um local, sua descrição escrita, ou ambos. O problema com uma referência simples é que ela representa um único estado ou expressão dos atributos de ecossistema. A referência selecionada pode ser uma expressão de um entre tantos estados dentro da variação histórica daquele ecossistema. A referência reflete uma combinação particular de eventos estocásticos ocorridos durante o desenvolvimento do ecossistema. Da mesma maneira, um ecossistema submetido à restauração pode desenvolver-se em qualquer estado de uma lista potencialmente longa.

Qualquer um destes estados é aceito como uma restauração, desde que seja comparável com qualquer dos estados

potenciais que a referência poderia ter se desenvolvido. Então, uma única referência expressa inadequadamente a constelação de estados potenciais e sua faixa histórica de variação expressa pelo ecossistema restaurado.

Portando, uma referência é melhor organizada a partir de múltiplas referências e, se necessário, outras fontes. Esta descrição composta fornece uma base mais sólida para o planejamento da restauração.

As fontes de informação que podem ser usadas para descrever a referência incluem:

- Descrições ecológicas, listas de espécies e mapas da área do projeto antes do dano
- Fotografias aéreas e ao nível do solo, históricas e recentes, remanescentes da área a ser restaurada, indicando condições físicas e biota anteriores
- Descrições ecológicas e listas de espécies de ecossistemas similares intactos
- Espécimes de herbário e de museus
- Relatos históricos e orais de pessoas familiares com a área do projeto antes do dano
- Evidência paleoecológica, por exemplo pólen fóssil, carvão, anéis de árvores e fezes de roedores

O valor da referência aumenta com o aumento da informação que ela contém, mas cada inventário é comprometido pelas limitações de tempo e recursos.

Minimamente, o inventário ecológico básico deve ter os atributos mais relevantes do ambiente abióticos e os aspectos importantes da biodiversidade como a composição de espécies e estrutura de comunidade. Além disso, ele identifica os eventos periódicos estressantes normais que mantêm a integridade do ecossistema. Descrições de referência para ecossistemas culturais devem identificar as práticas culturais que são críticas para a restauração e posteriormente para o manejo do ecossistema.



A descrição da referência é complicada por dois fatores que devem ser equilibrados para assegurar sua qualidade e utilidade. Primeiro, uma área de referência deve ser normalmente selecionada por sua expressão bem desenvolvida da biodiversidade, enquanto que uma área em restauração exige geralmente um estágio ecológico mais inicial. Neste caso,

a referência precisa de uma interpolação para um estágio anterior para fins de planejamento e avaliação. A necessidade de interpretação diminui onde o estágio de desenvolvimento é suficientemente avançado para uma comparação direta com a referência. Segundo, onde o objetivo de restauração é o ecossistema natural, quase todas referências disponíveis terão sofrido algum tipo adverso de impacto humano que não deve ser copiado. Portanto, a referência pode exigir alguma interpretação para remover estas fontes de erro. Por causa destas razões, a preparação da descrição da referência exige experiência e julgamentos ecológicos sofisticados.

Objetivos escritos do projeto de restauração são críticos para a determinação do detalhe necessário na descrição da referência. Em restaurações em escala de paisagem, para as quais somente objetivos gerais foram descritos, a descrição da referência pode ser igualmente geral. Em tais situações, fotos aéreas podem representar a fonte mais importante de informação para a preparação da referência.

Restauração em uma escala mais restrita pode exigir informação muito mais detalhada da referência, tal como a coleta de dados em parcelas pequenas no campo.

E Seção 6: **espécies exóticas**

Uma espécie exótica de planta ou animal é aquela que foi introduzida através de atividade humana relativamente recente, em uma área onde ela não ocorria previamente. Considerando que a restauração ecológica de ecossistemas naturais objetiva recuperar tanta autenticidade histórica quanto possível, a redução ou eliminação de espécies exóticas em projetos de restauração é altamente desejável. Não obstante, regularmente há restrições financeiras e logísticas, e é importante ser realista e pragmático em relação ao controle de espécies exóticas. Em paisagens culturais, as espécies exóticas são freqüentemente parte integrante do ecossistema, especialmente como espécies cultivadas ou rebanho, e como ruderais e segetais que presumivelmente co-evoluíram com estas espécies domesticadas. Tais espécies exóticas são aceitáveis na restauração cultural.

Em ecossistemas naturais, espécies exóticas invasoras comumente competem e deslocam espécies nativas. No entanto,

nem todas espécies exóticas são prejudiciais, algumas até realizam papéis anteriormente de espécies nativas que se tornaram raras ou foram eliminadas. Em tais situações, sua remoção deve ser tênue. Algumas espécies exóticas foram introduzidas séculos atrás por agentes humanos e não-humanos e naturalizaram-se de tal forma que seu status de exóticas é discutível. Outras espécies imigraram e emigraram da região em resposta a flutuações climáticas durante o Holoceno, e dificilmente podem ser consideradas como exóticas. Mesmo que todas espécies exóticas sejam removidas de uma área em restauração, pode ainda haver grandes oportunidades para reinvasão. Portanto, torna-se essencial o desenvolvimento de uma estratégia para cada exótica presente, baseada nos fatos biológicos, econômicos e logísticos. A prioridade mais alta deve ser dada ao controle ou eliminação daquelas espécies mais ameaçadoras. Estas incluem espécies vegetais invasivas que são especialmente móveis e consistem ameaça ecológica em nível de paisagem e região, e animais que consomem ou deslocam espécies nativas. Deve tomar-se cuidado para causar a mínima perturbação às espécies nativas e ao solo quando as exóticas são retiradas.

Em alguns casos, espécies vegetais não nativas são usadas para um propósito exclusivo em um projeto de restauração, como por exemplo, como cobertura do solo, proteção ou fixadores de nitrogênio. A menos que elas sejam espécies de vida relativamente curta e não-persistentes que serão substituídas ao longo da sucessão, sua remoção posterior deve ser incluída no projeto da restauração.

Seção 7: Monitoramento e Avaliação

Uma restauração adequadamente planejada, objetiva atingir objetivos claramente propostos que refletem atributos importantes dos ecossistemas de referência. Objetivos são atingidos por meio de metas específicas. Os objetivos são ideais e as metas são medidas concretas que são tomadas para atingir aqueles objetivos. Duas questões fundamentais devem ser feitas com respeito a avaliação de ecossistemas restaurados. As metas foram cumpridas? Os objetivos foram atingidos? As respostas a ambas perguntas são válidas somente se ambos foram propostos antes da implementação da restauração.

Ecossistemas são complexos e nenhum deles é idêntico a outro, ao menos se forem examinados em detalhe. Por esta razão, nenhum ecossistema restaurado pode ser idêntico a uma referência.

O número de variáveis de ecossistema potencialmente úteis é muito grande para que todas sejam efetivamente utilizadas para avaliação em um período de tempo razoável. A seleção de quais variáveis medir e quais ignorar requer pragmatismo e julgamento por parte do avaliador.

Metas são avaliadas com base em **padrões de performance**, também conhecidos como critérios de planejamento ou de sucesso. Estes padrões ou critérios são concebidos em grande medida a partir da compreensão do ecossistema referência. Padrões de performance provêm uma base empírica para a determinação se as metas do projeto foram cumpridas. Metas, padrões de performance e protocolos para o monitoramento e para obtenção de dados deveriam ser incorporados ao

projeto de restauração antes do início do projeto. Se a interpretação dos dados coletados durante o monitoramento mostrarem que os padrões de performance foram atingidos, então não poderá haver dúvida que as metas foram atingidas e que o ecossistema restaurado provavelmente é suficientemente resiliente para requerer pequena ou nenhuma assistência extra do restaurador.

É aceito que os objetivos do projeto estão cumpridos ou o serão em um futuro próximo, uma vez que as metas foram cumpridas. A validade desta afirmativa não é garantida se as metas e padrões de performance forem inadequados e vicissitudes ambientais alterem a trajetória da restauração. Por esta razão, e desde que objetivos são ideais que resistem à medição empírica, um elemento de julgamento profissional e subjetividade é inevitável na avaliação de objetivos.

Há três estratégias para a condução de uma avaliação. *Comparação direta, análise de atributos e análise de trajetória.* Na **comparação direta**, parâmetros selecionados são determinados ou medidos na referência e nos locais da restauração. Se a descrição da referência é completa, algo como 20 ou 30 parâmetros podem ser comparados, incluindo aspectos tanto da biota como do ambiente abiótico. Isto pode levar a ambigüidade de interpretação quando os resultados de algumas comparações estejam próximos e outros não. A questão que se coloca – Quantos parâmetros devem ter valores similares e quão próximos devem estar para que os objetivos da restauração estejam cumpridos? O enfoque mais satisfatório pode ser a escolha cuidadosa um conjunto coerente de caracteres que coletivamente descrevam um ecossistema integralmente, ainda que sucintamente.

Na **análise de atributos**, os atributos são avaliados em relação a lista da seção 3. Nesta estratégia, dados quantitativos e semi-quantitativos do monitoramento programado e de outros inventários são úteis para julgar o grau em que cada objetivo foi atingido.

A **análise de trajetória** é uma estratégia promissora, mas ainda em desenvolvimento, para interpretar grandes conjuntos de dados comparativos. Nesta estratégia, dados coletados periodicamente na área em restauração são plotados para estabelecer tendências. Tendências que levam à condição da referência confirmam que o ecossistema está seguindo a trajetória pretendida.

Avaliações incluem também os objetivos e metas relativas a questões culturais, econômicas e sociais. Para estas, as técnicas de avaliação podem incluir aquelas das ciências sociais.

A avaliação dos objetivos sócio-econômicos é importante para os agentes e também para políticos que autorizam e financiam projetos de restauração.

P Seção 8: **Planejamento da Restauração**

O planejamento da restauração inclui, no mínimo, o seguinte:

- Justificativa clara de porque a restauração é necessária
- Descrição ecológica da área escolhida para restauração
- Declaração das metas e objetivos do projeto de restauração

- Escolha e descrição da referência
- Explicação sobre como a restauração proposta irá integrar-se com a paisagem e seus fluxos de organismos e matéria
- Planos explícitos, cronogramas e orçamentos para preparação da área, atividades de instalação e pós instalação, incluindo uma estratégia para correções imediatas no decorrer do projeto
- Padrões de performance bem desenvolvidos, com protocolos de monitoramento por meio dos quais o projeto possa ser avaliado
- Estratégias para proteção e manutenção a longo prazo do ecossistema restaurado

Onde for possível, ao menos uma área controle deve ser incluída na área do projeto, com o propósito de comparação com o ecossistema restaurado.

R Seção 9: **Relação entre Restauração Prática e Ecologia da Restauração**

Restauração ecológica é a prática de restaurar ecossistemas, conduzida por profissionais em projetos em locais específicos, enquanto que ecologia da restauração é a ciência na qual é baseada esta prática. **Ecologia da restauração** idealmente provê conceitos claros, modelos, metodologias e ferramentas para os profissionais basearem sua prática. Algumas vezes o profissional e o ecologista da restauração são a mesma pessoa, o nexo da prática e teoria.

O campo da ecologia da restauração

não é limitado ao serviço da prática de restauração. Ecologistas da restauração podem avançar a teoria ecológica através do uso de restaurações como áreas experimentais. Por exemplo, a informação resultante das restaurações poderiam ser úteis para resolver questões relativas à regras de montagem (assembly rules) de comunidades bióticas. Além disso, ecossistemas restaurados podem servir como referências para áreas destinadas para conservação da natureza.

R Seção 10: **Relação entre restauração e outras atividades**

Restauração ecológica é uma entre várias atividades que se esforça para alterar a biota e as condições físicas de uma área e é freqüentemente confundida com restauração. Estas atividades incluem recuperação, reabilitação, mitigação, engenharia ecológica e vários tipos de manejo de recursos como vida silvestre, pesca, pastagens nativas, agroflorestas e silvicultura. Todas estas atividades podem sobrepor-se ou até serem restaurações de fato se satisfizerem todos critérios na seção 3 deste documento. Em relação a outros tipos de atividades, a restauração geralmente requer maiores cuidados posteriores para satisfazer todos estes critérios.

Reabilitação divide com a restauração um foco em ecossistemas históricos ou pré existentes que servem como modelos ou referências, mas as duas atividades diferem em seus objetivos e estratégias. A reabilitação ou enfatiza a reparação de processos de ecossistema, produtividade e serviços, enquanto os objetivos da restauração também incluem

o restabelecimento da integridade biótica pré-existente em termos de composição de espécies e estrutura de comunidade. Não obstante, restauração, conforme concebido genericamente aqui, provavelmente inclui a maior parte dos projetos previamente identificados como reabilitação.

O termo **recuperação**, conforme usado no contexto das áreas de mineração da América do Norte e Reino Unido, tem uma aplicação ainda mais ampla que reabilitação. As metas principais da recuperação incluem a estabilização do terreno, garantia da segurança, melhoria estética e freqüentemente o retorno da terra ao que, em determinada região, seja considerado como propósito útil.

A revegetação, que é normalmente um componente da recuperação de terras, pode incluir o estabelecimento de apenas uma ou poucas espécies. Projetos de recuperação que tenham enfoque mais ecológico podem ser considerados como reabilitação ou até restauração.

Mitigação é uma ação que pretende compensar o dano ambiental. Mitigação é geralmente exigida nos EUA como uma condição para emissão de licença para loteamento ou projetos públicos que causem dano a áreas úmidas. Alguns, mas possivelmente poucos, projetos de mitigação satisfazem os atributos dos ecossistemas restaurados listados na seção 3 e por isso podem até qualificarem-se como restaurações.

O termo **criação** tem tido algum uso recente, particularmente em respeito a projetos que são conduzidos como mitigação em áreas totalmente isentas de vegetação. O termo alternativo **fabricação** é empregado algumas vezes. Freqüentemente, o processo de abrir uma área causa dano suficiente no ambiente

para exigir a instalação de um tipo diferente de ecossistema daquele que ocorreu historicamente. Criação que é conduzida como uma engenharia supervisionada ou arquitetura de paisagem não pode qualificar como restauração, porque ela inicia um desenvolvimento de ecossistema ao longo de uma trajetória preferida e por isso permite que um processo autogênico guie o desenvolvimento secundário com pouca ou nenhuma interferência humana.

Engenharia ecológica envolve manipulação de materiais naturais, organismos vivos e o ambiente físico químico para atingir objetivos antrópicos específicos e resolver problemas técnicos. Portanto, ela difere da engenharia civil, que se baseia em materiais feitos pelo homem como concreto e aço. Previsibilidade é uma consideração primária em todos projetos de engenharia, ao passo que a restauração reconhece e aceita o desenvolvimento imprevisível e considera objetivos além do pragmatismo restrito e inclui a biodiversidade, integridade de ecossistema e saúde. Quando a previsibilidade não é uma questão, o escopo de muitos projetos de engenharia ecológica pode ser expandido até que eles possam ser qualificados como restauração.

Seção 11:

Integração da restauração ecológica em programas amplos

Restauração ecológica muitas vezes é somente um entre muitos elementos dentro de um empreendimento público ou privado mais amplo tais como grandes projetos de desenvolvimento urbano, programas de manejo de bacias hidrográficas ou de ecossistemas e conservação da natureza. Gestores destes projetos com interesses mais amplos precisam estar conscientes

das complexidades e custos envolvidos no planejamento e implementação da restauração ecológica. Grandes economias podem ser feitas através de cuidadosa coordenação das atividades de restauração com outros aspectos destes programas. Por esta razão, gestores de projetos irão beneficiar-se ao reconhecer a restauração ecológica como um componente integrante destes programas. Se isto for feito, o restaurador poderá contribuir significativamente para todos os aspectos relacionados à restauração. Além disto, o restaurador estará em posição de assegurar que a restauração ecológica foi bem concebida e totalmente implementada. Desta maneira, o bem público é atendido.

Nossa missão é promover a restauração ecológica como um meio de sustentar a



Society for **Ecological Restoration** **International**

diversidade de vida na Terra e restabelecer uma relação ecologicamente sadia entre natureza e cultura.

SER Internacional é uma organização sem fins lucrativos infundida com a energia de seus membros – indivíduos e organizações – que são ativamente envolvidos no manejo e reparo ecologicamente sensível de ecossistemas.

Nossos membros vivem e trabalham ao redor do planeta e representam uma amplidão de conhecimento, experiência e perspectivas culturais sem precedentes. Somos cientistas, planejadores, administradores, consultores ambientais, arquitetos de paisagem, filósofos, professores, engenheiros, gestores de áreas naturais, escritores, agricultores, ativistas comunitários e voluntários.

SER Internacional oferece um campo crescente de restauração ecológica pela facilitação do diálogo entre restauracionistas, encorajando pesquisa, promovendo percepção e apoio público para restauração e manejo restauracionista, contribuindo para discussões de políticas públicas, reconhecendo aqueles que fizeram contribuições notáveis à restauração, e promovendo a restauração ecológica ao redor do planeta.

Fundada em 1987, a SER Internacional agora tem membros em 37 países, com 14 capítulos ao redor do planeta. Reconhecida por organizações públicas e privadas como fonte de conhecimento na ciência, prática e políticas de restauração, a SER Internacional atinge seus objetivos através da cooperação com organizações parceiras e com o trabalho de seus membros ao redor do planeta.

Somos uma comunidade mundial dedicada a restaurar ecossistemas perturbados ou degradados

Não deveria você também ser membro da SER Internacional? Você pode associar-se visitando www.ser.org, ou ligando, escrevendo, mandando e-mail ou fax para:

Society for Ecological Restoration International

285 West 18th Street, Suite 1

Tucson, Arizona 85701 USA

Phone: 520-622-5485 Fax: 520-622-5491

E-mail: info@ser.org www.ser.org