



PRINCÍPIOS E PADRÕES INTERNACIONAIS PARA A PRÁTICA DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

SEGUNDA EDIÇÃO: Novembro 2019

George D. Gann, Tein McDonald, Bethanie Walder, James Aronson, Cara R. Nelson, Justin Jonson, James G. Hallett, Cristina Eisenberg, Manuel R. Guariguata, Junguo Liu, Fangyuan Hua, Cristian Echeverría, Emily Gonzales, Nancy Shaw, Kris Decler, e Kingsley W. Dixon

Luiz F. D. de Moraes, Vera L. Engel, Rafael B. Chaves, Jerônimo B. B. Sansevero (tradutores)

ORGANIZADORES



INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES



APOIAM



© 2019 Society for Ecological Restoration. O formato desse documento e o uso das imagens diferem, mas o conteúdo é idêntico a: Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology 27(S1): S1–S46.

Restoration Ecology é publicado pela Wiley Periodicals, Inc. em nome da Society for Ecological Restoration (SER). Este é um documento de acesso aberto nos termos da *Creative Commons Attribution-Non Commercial License*, que permite o uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado e não seja utilizado para fins comerciais./

AUTORES

George D. Gann

The Institute for Regional Conservation, Delray Beach, FL 33483, U.S.A.; Society for Ecological Restoration, Washington, D.C. 20005, U.S.A.

Tein McDonald

Society for Ecological Restoration Australasia, 10 East St, Cooma, NSW 2630, Australia

Bethanie Walder

Society for Ecological Restoration, Washington, DC 20005, U.S.A.

James Aronson

Center for Conservation and Sustainable Development, Missouri Botanical Garden, St Louis, MO 63166, U.S.A.

Cara R. Nelson

Department of Ecosystem and Conservation Sciences, Franke College of Forestry and Conservation, University of MT, Missoula, MT 59812, U.S.A.; Ecosystem Restoration Thematic Group, Commission on Ecosystem Management, International Union for Conservation of Nature, 1196 Gland, Switzerland

Justin Jonson

Threshold Environmental, PO Box 1124, Albany, WA 6331, Australia

James G. Hallett

Society for Ecological Restoration, Washington, DC 20005, U.S.A.

Cristina Eisenberg

Oregon State University, College of Forestry, Department of Forest Ecosystems and Society, Corvallis, OR 97331, U.S.A.

Manuel R. Guariguata

Center for International Forestry Research, Av. La Molina 1895, Lima, Peru

AUTORES

Junguo Liu

School of Environmental Science and Engineering, Southern University of Science and Technology, Shenzhen, 518055, China; Society for Ecological Rehabilitation of Beijing, Beijing, China

Fangyuan Hua

Institute of Ecology, Peking University, Haidian Road, Beijing, China 100871; Department of Zoology, University of Cambridge, Cambridge, CB2 3EJ, United Kingdom

Cristian Echeverría

Laboratory of Landscape Ecology, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

Emily Gonzales

Parks Canada, 300-300 West Georgia St, Vancouver, BC V6B 6B4, Canada

Nancy Shaw

Grassland, Shrubland and Desert Ecosystem Research, USFS Rocky Mountain Research Station, 322 E. Front Street, Suite 401, Boise, ID 83702, U.S.A.

Kris Decler

Research Institute for Nature and Forest, Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussels, Belgium
Society for Ecological Restoration - Europe

Kingsley W. Dixon

ARC Centre for Mine Site Restoration, School of Molecular and Life Sciences, Curtin University, Bentley, WA 6102, Australia

Contribuição dos autores:

GDG, TM, e BW coordenaram a produção do documento e revisões solicitadas nas primeiras e nas versões subsequentes. GDG, TM, BW, JA, CRN, JJ, JGH, CE, MRG, JL, FH, CE, EG, e KWD escreveram seções do texto. JGH editou e revisou o documento. NS e KD esclareceram seções no texto.

SUMÁRIO

Autores	3
Sobre a Sociedade para a Restauração Ecológica	6
Elaboração do Documento	7
Sumário Executivo	13
Seção 1: Introdução	16
Seção 2: Oito princípios que sustentam a Restauração Ecológica	22
Princípio 1: A restauração ecológica estimula o comprometimento dos atores envolvidos	23
Princípio 2: A restauração ecológica se baseia em muitos tipos de conhecimento	28
Princípio 3: A prática da restauração ecológica é baseada em ecossistemas de referência nativos, considerando as mudanças ambientais	32
Princípio 4: A restauração ecológica apoia os processos de recuperação de ecossistemas	38
Princípio 5: A recuperação do ecossistema é avaliada por metas e objetivos claros, utilizando indicadores mensuráveis	40
Princípio 6: A restauração ecológica visa ao mais alto nível de recuperação alcançável	47
Princípio 7: A restauração ecológica ganha valor cumulativo quando aplicada em grandes escalas	53
Princípio 8: A restauração ecológica faz parte de um continuum de atividades restaurativas	57
Seção 3: Padrões para a prática de planejamento e implantação de projetos de restauração ecológica	63
1. Planejamento e delineamento	63
2. Implantação	69
3. Monitoramento, documentação, avaliação e relatórios	70
4. Manutenção pós-implantação	72
Seção 4: Práticas norteadoras	74
Parte 1: Desenvolvendo modelos de referência para a restauração ecológica	74
Parte 2: Identificando abordagens apropriadas de restauração ecológica	77
Parte 3: O papel da restauração ecológica nas iniciativas globais de restauração	79
Seção 5: Glossário	87
Literatura citada	98
Apêndice 1: Seleção de sementes e outros propágulos para a restauração	104
Apêndice 2: Modelos de avaliação de projeto em branco (para uso do restaurador)	112

SOBRE A SOCIEDADE PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA



SOBRE NOSSA ORGANIZAÇÃO

A Sociedade para a Restauração Ecológica, do inglês *Society for Ecological Restoration* (SER), é uma organização internacional sem fins lucrativos com membros em 70 países. A SER promove avanços na ciência, prática e política de restauração ecológica para sustentar a biodiversidade, melhorar a resiliência em um clima em transformação e restabelecer uma relação ecologicamente saudável entre natureza e cultura. A SER é uma rede global dinâmica, conectando pesquisadores, profissionais, gestores de terras, líderes comunitários e tomadores de decisão para restaurar os ecossistemas e as comunidades humanas que deles dependem. Por meio de seus membros, publicações, conferências, trabalho político e divulgação, a SER define e oferece excelência no campo da restauração ecológica.

INFORMAÇÕES DE CONTATO

Society for Ecological Restoration
1133 15th St. NW, Suite 300
Washington, DC 20005, USA
info@ser.org

www.SER.org

ELABORAÇÃO DO DOCUMENTO

Os Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica (os Padrões) foram desenvolvidos com consultas a profissionais da Sociedade de Restauração Ecológica e dos seus pares, nas comunidades científicas e conservacionistas globais. A primeira edição foi lançada em 2016, durante a Conferência sobre Biodiversidade das Nações Unidas, em Cancún, no México. Esse evento reuniu atores diversos da arena política internacional, muitos dos quais foram fundamentais para impulsionar as iniciativas globais para implantar programas de restauração ambiental em larga escala. Como esses

Padrões foram elaborados para compor um documento em aberto para ser modificado e compartilhado para consulta e uso por interessados, o lançamento incluiu um convite para que esses interessados pudessem fazer contribuições para a melhoria do documento e para promover seu uso amplo. Posteriormente, depois de um período de consulta de alguns anos, a SER solicitou a contribuição de um espectro diverso de pessoas e organizações envolvidas com a restauração ecológica. Entre os atores-chave contactados para



*Flora e Fauna, Wisconsin, USA.
Foto por Stephen Glass*

essas contribuições estão os secretários da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) e da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), incluindo sua interface Ciência-Política, o GEF (*Global Environmental Facility*), o Banco Mundial, e membros da Parceria Global para a Restauração de Paisagens e Florestas (PGRPF). Em 2017, a SER estabeleceu uma parceria com a Comissão de Manejo de Ecossistemas da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza) com o objetivo de organizar o Fórum Global sobre Biodiversidade e Restauração de Florestas, no qual a

versão de 2016 dos Padrões foi revisada (SER e IUCN, 2018). A SER também organizou um simpósio sobre os Padrões e um Café do Conhecimento na Conferência Mundial de Restauração Ecológica, em 2017. Outras contribuições foram obtidas em outros eventos, incluindo a Conferência Mundial da Parceria sobre Serviços Ecossistêmicos, em Shenzhen, na China, em 2017. A fim de apreender as perspectivas da comunidade associada, a SER fez um convite para receber comentários em seu website, e enviou uma pesquisa on-line para seus membros, afiliados e mantenedores. A SER também considerou e respondeu a comentários recebidos em críticas publicadas em seu periódico *Restoration Ecology*.

Todos os comentários recebidos durante o processo de consulta foram considerados na revisão. A segunda edição dos Padrões foi aprovada pelo Comitê de Ciência e Política da SER, e pela diretoria da SER em 18 de junho de 2019.

Como na primeira edição, essa versão será revisada e melhorada, na medida da evolução da ciência, prática e manejo adaptativo da disciplina da restauração.

Os Padrões são compatíveis e se sobrepõem aos Padrões Abertos para a Prática da Conservação (*Conservation Measures Partnership* 2013), e complementam aos Padrões Sociais e Ambientais para REDD+ (REDD+ SES 2012), além de outros padrões e diretrizes para a conservação.

COLABORADORES

Levi Wickwire deu permanente suporte ao desenvolvimento do documento. Karen Keenleyside contribuiu para o conteúdo da versão original. A inspiração e as ideias de Andre Clewell conduziram à elaboração da lista de atributos e ao modelo do círculo (Figura 4, Apêndice 2), Kayri Havens colaborou com a adaptação do Apêndice 1 sobre seleção de sementes e outros propágulos e Craig Beatty contribuiu para a Seção 4, Parte 3, sobre as iniciativas globais de restauração. Agradecemos aos seguintes tradutores da primeira edição: Claudia Concha, Marcela Bustamante e Cristian Echeverría (Espanhol); Ricardo Cesar (Português); Narayana Bhat (Árabe);

Jaeyong Choi (Coreano); Junguo Liu (Mandarim); e, Jean-François Alignan, Julie Braschi, Élise Buisson, Jacqueline Buisson, Manon Hess, Renaud Jaunatre, Maxime Le Roy, Sandra Malaval, e Réseau d'Échanges et de Valorisation en Écologie de la Restauration (REVER) (Francês). Agradecimentos a Little Gecko Media (Austrália) e Peter de Albuquerque (Brasil), pelos gráficos, e a Samara Group (EUA), pelos gráficos e layout.

REVISORES

Muitos especialistas internacionais contribuíram com sugestões para a construção da segunda edição. Apresentamos aqui nossos agradecimentos a muitos deles, mas podemos ter involuntariamente esquecido algumas pessoas. As visões expressas no documento são as dos autores, e não necessariamente as dos revisores. Sasha Alexander, Mariam Akhtar-Schuster, Craig Beatty, Consuelo Bonfil, Karma Bouazza, Elise Buisson, Andre Clewell, Jordi Cortina, Donald Falk, Marco Fioratti, Scott Hemmerling, Richard Hobbs, Karen Holl, Berit Köhler, Nik Lopoukhine, Graciela Metternicht, Luiz Fernando Moraes, Stephen Murphy, Michael Perring, David Polster, Karel Prach, Anne Tolvanen, Alan Unwin, Ramesh Venkataraman, Steve Whisenant, Andrew Whitley, e Shira Yoffe fizeram revisões críticas. Jena Santoro colaborou com o resumo. O documento publicado foi bastante beneficiado pela revisão feita por Karel Prach, Vicky Temperton e Joy Zedler. O apoio, dedicação e disponibilidade dessas pessoas para a revisão do documento foram incomparáveis.

Os participantes do **Fórum Global sobre Biodiversidade e Restauração de Florestas, organizado pela SER e pela IUCN-CEM**, em Foz do Iguaçu, Brasil, em 2017, ajudaram a tornar mais claros o escopo e o conteúdo dos Padrões da SER: Ângela Andrade, James Aronson, Rafael Avila, Brigitte Baptiste, Rubens de Miranda Benini, Rachel Biderman, Blaise Bodin, Consuelo Bonfil, Magda Bou Dagher Kharrat, MiHee Cho, Youngtae Choi, Jordi Cortina, Kingsley Dixon, Giselda Durigan, Cristian Echeverría, Steve Edwards, George Gann, Manuel R. Guariguata, Yoly Gutierrez, James Hallett, Ric Hauer, Karen Holl, Fangyuan Hua, Paola Isaacs, Justin Jonson, Won-Seok Kang, Agnieszka Latawiec, Harvey Locke, James McBreen, Tein McDonald,

Paula Meli, Jean Paul Metzger, Miguel A. Moraes, Ciro Moura, Cara Nelson, Margaret O'Connell, Aurelio Padovezi, Hernán Saavedra, Catalina Santamaria, Gerardo Segura Warnholtz, Kirsty Shaw, Nancy Shaw, Bernardo Strassburg, Evert Thomas, José Marcelo, Alan Unwin, Liette Vasseur, Joseph Veldman, Bethanie Walder e Jorge Watanabe.

A lista de participantes do **Café do Conhecimento sobre os Padrões Internacionais, na Conferência Mundial de Restauração Ecológica de 2017 da SER, em Foz do Iguaçu, Brasil**, incluiu Mitch Aide, Rafael Carlos Ávila-Santa Cruz, Suresh Babu, Blaise Bodin, Craig Beatty, Steve Edwards, George Gann, Angelita Gómez, Emily Gonzales, Justin Jonson, Marion Karmann, Tein McDonald, Cara Nelson, Antonio Ordorica, Claudia Padilla, Liliane Parany, David Polster, Catalina Santamaria, Bethanie Walder, Andrew Whitley, Paddy Woodworth, e Gustavo Zuleta.

NOTA SOBRE A TRADUÇÃO PARA O PORTUGUÊS

A presente tradução é fruto da colaboração entre a Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE) e a Society for Ecological Restoration (SER). A tradução foi realizada de forma coletiva por Luiz Fernando Duarte de Moraes, Vera Lex Engel, Rafael Barreiro Chaves e Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero, que também executaram uma primeira revisão do documento traduzido. Uma segunda revisão foi feita por James Jackson Griffith e por Alice Maria Rodrigues Nunes, que agregaram contribuições fundamentais para a finalização e para uma maior qualidade da tradução. Alice, professora na Universidade de Lisboa, sugeriu ainda o quadro abaixo, em que compara termos utilizados em Portugal e no Brasil, facilitando a leitura dos Padrões em um número maior de países.

INGLÊS	BRASIL	PORTUGAL
	aprendizado	aprendizagem
framework	arcabouço	enquadramento, estrutura, âmbito
	coleta	recolha
	coletar	recolher
	compartilhamento	partilha
	conceitual	conceptual
	conceituar	conceptualizar
	conscientização	consciencialização
	desenho amostral	desenho experimental
empowerment	empoderamento	capacitação
	engajar	envolver
meaningful	expressivo, significativo	proveitoso, profícuo
	florestamento	florestação
	génico	genético
	levantamento	amostragem
	manejo de ecossistemas	gestão de ecossistemas
	monitoramento	monitorização
	nível intermediário	nível intermédio
	orçar	orçamentar
	orçar	orçamentar
	pastejo	pastoreio
	planejamento	planeamento
	plântio	plantação
	procedência	proveniência
	registro	registo
	restauração ecológica	restauro ecológico
	revisadas	revistas
	revisar	rever
	sensoriamento remoto	detecção remota
	sentido de pertencimento	sentimento de pertença
	serviços ecossistêmicos	serviços do ecossistema
informed by	subsidiado por	apoiado por, baseado em
	treinamento	formação
	usuários	utilizadores

RETORNO (*FEEDBACK*) RECEBIDO SOBRE A PRIMEIRA EDIÇÃO PUBLICADA

Valiosos comentários foram recebidos de Constance Bersok, Kris Boody, Zoe Brocklehurst, Elise Buisson, Peter Cale, David Carr, Michael Rawson Clark, Andre Clewell, Adam Cross, Maria del Sugeyrol Villa Ramirez, Rory Denovan, Giselda Durigan, Rolf Gersonde, Emily Gonzales, Diane Haase, Ismael Hernández Valencia, Eric Higgs, Sean King, Beatriz Maruri-Aguilar, Rob Monico, Michael Morrison, Stephen Murphy, Tom Nedland, J.T. Netherland, Samira Omar, David Ostergren, Glenn Palmgren, Jim Palus, Aviva Patel, David Polster, Jack Putz, Danielle Romiti, George H. Russell, David Sabaj- Stahl, Raj Shekhar Singh, Nicky Strahl, Tobe Query, Edith Tobe, Michael Toohill, Daniel Vallauri, Jorge Watanabe, Jeff Weiss, William Zawacki e Paul Zedler. Cassandra Rosa compilou observações detalhadas e revisou os comentários de mais de 100 entrevistados no questionário sobre os Padrões que a SER enviou.

FINANCIAMENTO

O autor MRG agradece o apoio financeiro recebido do Programa de Florestas, Árvores e Agroflorestas do CGIAR. JL agradece o apoio da Fundação Nacional para Ciência Natural da China (41625001) e do Programa Estratégico de Pesquisas Prioritárias, da Academia de Ciências Chinesa (Apoio No. XDA20060402). KWD recebeu apoio financeiro do governo australiano via Conselho de Pesquisa do Centro Australiano de Treinamento em Transformação Industrial para a Restauração de Áreas Mineradas (projeto número IC1150100041). A Sociedade para a Restauração Ecológica recebeu apoio financeiro da Fundação *Temper of the Times* para o desenho e a elaboração dos gráficos.

SUMÁRIO EXECUTIVO

A restauração ecológica, quando implantada de forma efetiva e sustentável, contribui para a proteção da biodiversidade, melhorando a saúde e o bem-estar humano; aumentando a segurança alimentar e hídrica; produzindo bens, serviços e prosperidade econômica; e dando suporte à mitigação das mudanças climáticas, resiliência e adaptação. É uma abordagem baseada em soluções, levando ao engajamento de comunidades, cientistas, formuladores de políticas e gestores de terras na reparação de danos ecológicos e na reconstrução de uma relação mais saudável entre as pessoas e os demais constituintes da natureza. Quando combinada com a conservação e o uso sustentável, a restauração ecológica é o *link* necessário para mudar as condições ambientais locais, regionais e globais de um estado de degradação contínua para um outro de ganho líquido. A segunda edição dos Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica (os Padrões) apresenta um arcabouço robusto para que projetos de restauração alcancem as metas pretendidas, ao mesmo tempo em que enfrenta desafios de planejamento e implantação efetivos, levando em conta as dinâmicas complexas dos ecossistemas (especialmente no contexto de mudanças climáticas), e passando pelos balanços associados a prioridades e decisões acerca do uso e manejo das terras.

Os Padrões estabelecem oito princípios que sustentam a restauração ecológica. Os Princípios 1 e 2 articulam importantes fundamentos que guiam a restauração ecológica: o engajamento efetivo de uma ampla gama de atores envolvidos; e o uso integral de todo o conhecimento disponível, seja científico, tradicional, e local, respectivamente. Os princípios 3 e 4 resumem a abordagem central da restauração ecológica, destacando os ecossistemas de referência ecologicamente apropriados como o alvo da restauração, e deixando clara a necessidade imperiosa de que as atividades de restauração ofereçam suporte aos processos de recuperação dos ecossistemas. O Princípio 5 ressalta o uso de indicadores mensuráveis para avaliar o progresso em direção aos objetivos da restauração. O Princípio 6 explicita o compromisso da restauração ecológica obrigatoriamente de que visar sempre o nível mais alto de recuperação possível de ser alcançado.

São disponibilizadas ferramentas para identificar o nível de recuperação desejado e para rastrear o progresso. O Princípio 7 ressalta a importância da restauração em escalas espaciais mais amplas para



*Restauração em Ação, África do Sul.
Foto de Kelvin Trautman*

ganhos cumulativos.

Finalmente, a restauração ecológica é considerada como apenas uma das várias abordagens possíveis como soluções para os danos causados aos ecossistemas, e o Princípio 8 esclarece sua relação com outras abordagens afins, em um “*Continuum Restaurativo*”.

Os Padrões ressaltam o papel da restauração ecológica na conexão de objetivos sociais, comunitários, de produtividade e de sustentabilidade. Os

Padrões também fornecem medidas de desempenho de ações de restauração recomendadas a serem consideradas por empresas, comunidades e governos. Além disso, os Padrões ampliam a lista de práticas e ações para guiar os restauradores nas suas atividades de planejamento, implantação e monitoramento. As práticas norteadoras e recomendações incluem a discussão de estratégias apropriadas para as amostragens locais e identificação de ecossistemas de referência, bem como sobre as diferentes abordagens de restauração, incluindo regeneração natural; a consideração da diversidade genética, sob condições de mudanças climáticas, e o papel da restauração ecológica nas iniciativas globais de restauração. Esta edição inclui também um glossário extenso de terminologia relacionada com restauração.

A SER e seus parceiros internacionais produziram os Padrões para adoção por comunidades, empresas, governos, educadores, e gestores de terras para melhorar a prática da restauração em todos os setores e em todos os ecossistemas, terrestres e aquáticos. Os Padrões dão suporte para o desenvolvimento de planos de restauração ecológica, contratos e licenciamentos, bem como a critérios para auditoria e monitoramento. Genérico por natureza, o arcabouço

contido nos Padrões pode ser adaptado a ecossistemas, biomas e paisagens específicos; países específicos ou culturas tradicionais. Os padrões servem para nos inspirar, e propiciam ferramentas destinadas a aperfeiçoar os resultados, promover melhores práticas e fornecer benefícios ambientais e sociais globais líquidos. No momento em que o mundo entra na Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas (2021-2030), os Padrões fornecem um modelo para garantir que a restauração ecológica alcance seu pleno potencial na promoção de equidade social e ambiental e, em última análise, benefícios e resultados econômicos.

1 SEÇÃO 1 – INTRODUÇÃO

Os Princípios e Padrões Internacionais para Prática da Restauração Ecológica (os Padrões) oferecem um guia para restauradores, equipes operacionais, estudantes, planejadores, manejadores, elaboradores de políticas públicas, financiadores, e agências de em restaurar ecossistemas degradados por todo mundo – sejam terrestres, aquáticos, costeiros ou marinhos. Eles inserem a restauração ecológica no contexto global, incluindo o seu papel na recuperação da biodiversidade e melhoria do **bem-estar**¹ humano em uma época de rápidas mudanças globais.

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA COMO MEIO PARA A MELHORIA DA BIODIVERSIDADE E DO BEM-ESTAR HUMANO E SEU PAPEL NAS INICIATIVAS GLOBAIS MAIS AMPLAS

A humanidade reconhece os **ecossistemas naturais** no planeta como detentores de valores ecológicos, sociais e econômicos insubstituíveis. Além do seu **valor intrínseco**, como a **biodiversidade** e sua importância espiritual ou estética, os ecossistemas saudáveis garantem o fluxo dos **serviços ecossistêmicos**. Esses serviços incluem: a provisão de ar e água limpos; a fertilidade dos solos; os objetos de valor cultural, e os alimentos, fibras, combustível e fármacos essenciais para saúde, bem-estar e meios de subsistência humanos. Os ecossistemas naturais também podem reduzir os efeitos de desastres naturais e mitigar as mudanças climáticas.

A degradação, dano e destruição dos ecossistemas (de agora em diante refere-se coletivamente aos três

termos como **degradação**) reduzem a biodiversidade, o funcionamento, e a resiliência dos ecossistemas, que por sua vez afeta negativamente a resiliência e sustentabilidade dos **sistemas socioecológicos**. Embora a proteção dos ecossistemas nativos remanescentes seja crucial para a conservação do patrimônio natural e cultural do mundo, a proteção por si só é insuficiente, dada a degradação passada e presente. Para responder aos atuais desafios ambientais globais e assegurar a provisão de serviços ecossistêmicos e bens essenciais para o bem-estar humano, **a sociedade global deve assegurar um saldo positivo na extensão e no funcionamento dos ecossistemas naturais através do investimento não apenas na proteção, mas também na recuperação ambiental, incluindo a restauração ecológica**. Essa reparação deve ser implantada em múltiplas escalas, para alcançar efeitos globais mensuráveis.

A conscientização sobre a necessidade de recuperar o ambiente está crescendo, resultando em uma escalada global dos esforços relacionados com restauração ecológica (consulte também a Seção 4, Parte 3). Por exemplo, os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Organização das Nações Unidas (ONU) para 2030 alertam para a necessidade de restaurar os ecossistemas costeiros e marinhos (Objetivo 14) e terrestres (Objetivo 15) que foram degradados, para “proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, manejo florestal sustentável, combate à desertificação, e interromper e reverter a degradação da terra e perda da biodiversidade”. A Convenção sobre Diversidade Biológica (2016) conclama à “restauração de ecossistemas naturais e seminaturais

¹ As definições para os termos em negrito encontram-se no Glossário, na Seção 5

degradados, inclusive em ambientes urbanos, como uma contribuição para reverter a perda de biodiversidade, recuperar a conectividade, melhorar a resiliência do ecossistema e aumentar a provisão de serviços ecossistêmicos, mitigar os efeitos das mudanças climáticas e adaptar-se a eles, combater a desertificação e a degradação da terra, e melhorar o bem-estar humano com a redução dos riscos e da escassez ambientais”. Além disso, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o período 2021-2030 a “Década da Restauração de Ecossistemas”. O conceito de restauração em muitas dessas iniciativas e acordos é muito amplo e inclui muitas abordagens para o **manejo de ecossistemas e soluções baseadas na natureza**, todas valiosas. Os Padrões abordam a relação entre restauração ecológica e outras formas de manejo de ecossistemas e soluções baseadas na natureza, e esclarecem o papel específico da restauração ecológica em contribuir para os objetivos de conservar a biodiversidade e melhorar o bem-estar humano em todo o mundo.

A NECESSIDADE DE PRINCÍPIOS E PADRÕES

Reparar ecossistemas degradados é uma tarefa complexa que requer tempo, recursos e conhecimento consideráveis. A restauração ecológica contribui de maneira substancial para a proteção da biodiversidade e do bem-estar humano, mas muitos projetos e programas de restauração, por mais bem-intencionados, têm um desempenho abaixo do esperado. Os Padrões reconhecem que a configuração apropriada; bom planejamento e implantação; conhecimento necessário, habilidade, esforço e recursos suficientes; compreensão de contextos e riscos sociais específicos; envolvimento apropriado das partes interessadas; e o monitoramento adequado para um manejo adaptativo contribuirão para melhorar os resultados obtidos. A aplicação de princípios e padrões pode aumentar a eficácia dos esforços de restauração ecológica, por meio do estabelecimento de critérios apropriados de implan-

tação técnica em diferentes tipos de ecossistemas. Eles também fornecem uma estrutura que envolve as partes interessadas e respeita as realidades e necessidades socioculturais, que podem ser aplicadas tanto à restauração obrigatória (ou seja, exigida como parte das condições acordadas) quanto à não obrigatória (ou seja, o reparo voluntário de danos). Esses critérios podem melhorar os resultados da restauração ecológica, sejam usados para orientar agências, empresas ou indivíduos envolvidos no planejamento, implantação e monitoramento; orientar os reguladores no desenvolvimento de acordos para restauração obrigatória e na avaliação do cumprimento desses acordos; ou orientar os formuladores de políticas na concepção, apoio, financiamento e avaliação de projetos de restauração em qualquer escala. Assim, o uso de princípios e padrões claros e cuidadosamente considerados que sustentam a restauração ecológica pode reduzir o risco de danos não intencionais aos ecossistemas e à biodiversidade nativa, e ajudar a desenvolver projetos de alta qualidade e programas passíveis de monitoramento e avaliação.

HISTÓRICO

Este documento vem expandir e juntar-se ao conjunto de documentos fundamentais da SER, incluindo os Princípios da *SER International* sobre a restauração ecológica (SER 2004), *Guidelines for Developing and Managing Restoration Projects* (Clewell et al. 2005), *Ecological Restoration — a Means of Conserving Biodiversity and Sustaining Livelihoods* (Gann & Lamb 2006) e *Ecological Restoration for Protected Areas: Principles, Guidelines and Best Practices* (Keenleyside et al. 2012). Ele também utiliza o Código de Ética da SER (SER 2013) e baseia-se especificamente em fontes, modelos e materiais das duas edições da *National Standards for the Practice of Ecological Restoration in Australia* (McDonald et al. 2016a; McDonald et al. 2018). Houve também a influência de vários livros, incluindo *Restoration Ecology: The New Frontier*

(Van Andel & Aronson 2012), *Ecological Restoration: Principles, Values and Structure of an Emerging Profession* (Clewell & Aronson 2013), *Foundations of Restoration Ecology* (Palmer et al. 2016), *Routledge Handbook of Ecological and Environmental Restoration* (Allison & Murphy 2017),



Capítulo² da SER Ontario, Canadá. Foto de Nigel Finney

and *Management of Ecological Rehabilitation Projects* (Liu & Clewell 2017).

Integramos conteúdos do editorial “*Ecosystem Restoration is Now a Global Priority*” (Aronson & Alexander 2013) e dos documentos de políticas *Ecosystem Restoration: Short-term Action Plan of the CBD* (Convention on Biological Diversity 2016), *Partnering with Nature: The Case for Natural Regeneration in Forest and Landscape Restoration* (Chazdon et al. 2017), e *Restoring Forests and Landscapes: The Key to a Sustainable Future by the Global Partnership on Forest and Landscape Restoration* (GPFLR; Besseau et al. 2018). Para o desenvolvimento desta edição contribuíram trabalhos publicados no periódico *Restoration Ecology* da SER, série de livros sobre *The Science and Practice of Ecological Restoration* (Island Press) e *Restoration Resource Center*, bem como muitos outros documentos. Enquanto as Seções 1 a 3 quase não têm

referências para uma maior concisão, a Seção 4 (Práticas Norteadoras), o Apêndice 1 e o **Suplemento S1** incluem citações.

O QUE HÁ DE NOVO NESTA VERSÃO?

Para melhor abordar os diferentes papéis que as pessoas desempenham na restauração e como os objetivos dos grupos indígenas se encaixam no quadro geral da restauração ecológica, reorganizamos os Princípios para incorporar de maneira mais adequada os fatores socioeconômicos e culturais que podem afetar em grande medida os resultados da restauração ecológica. O Princípio 1

explora os objetivos sociais e inclui como ferramenta “A Roda de Benefícios Sociais” para auxiliar a transmissão das metas e objetivos sociais de um projeto.

Os Princípios e Conceitos-chave estão reunidos em uma única seção intitulada Princípios. No Suplemento S1 é feita uma compilação de documentos históricos usados para sintetizar os Princípios. A ampliação da escala da restauração ecológica e a relação entre restauração ecológica e atividades afins incluídas na Seção 4 da primeira edição são incorporados nos Princípios 7 e 8 nesta versão. Os tópicos principais relacionados com modelos de referência e abordagens de restauração estão incluídos em uma nova seção sobre Práticas Norteadoras (Seção 4), que também aborda a integração

² N.T.: “Capítulo” (Chapter) é uma divisão regional da estrutura da SER (Society for Ecological Restoration), que representa a sociedade em várias partes do mundo; no Brasil, a Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE) criou o seu primeiro capítulo, para o bioma Mata Atlântica, representado pelo “Pacto para a Restauração da Mata Atlântica”.

da restauração ecológica em iniciativas globais de restauração. Adicionamos um apêndice técnico sobre obtenção de sementes e outros propágulos para restauração.

PRINCIPAIS DEFINIÇÕES E TERMOS

A SER define **restauração ecológica** como o processo de auxiliar na recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. É diferente da **ecologia da restauração**, a ciência que apoia a prática da restauração ecológica, e de outras formas de reparo ambiental que buscam auxiliar na recuperação dos ecossistemas nativos e da **integridade do ecossistema**. A restauração ecológica visa a direcionar um ecossistema degradado para uma trajetória de recuperação que permite a adaptação às mudanças locais e globais, bem como a persistência e evolução de suas espécies constituintes.

A restauração ecológica é comumente usada para descrever tanto o processo como o resultado desejado para um ecossistema, mas os **Padrões (Standards)** reservam o termo **restauração** para a atividade realizada e o termo **recuperação**³ para o resultado almejado ou alcançado.

Os Padrões definem restauração ecológica como qualquer **atividade** com o objetivo de alcançar uma recuperação substancial do ecossistema em relação a um **modelo de referência** apropriado, independentemente do tempo necessário para atingir a recuperação. Os modelos de referência usados para projetos de restauração ecológica são baseados em **ecossistemas nativos**, incluindo muitos **ecossistemas culturais tradicionais** (ver Princípio 3).

Os projetos ou programas de restauração ecológica incluem uma ou mais **metas**⁴ que identificam o

³ Nota dos Tradutores (N.T.): O termo “recuperação” é usado aqui significando o **resultado almejado ou alcançado** após a realização das ações de restauração, e não para definir uma abordagem específica, como quando usado em Recuperação de Áreas Degradadas (RAD).

⁴ N.T.: Considerando entendimentos distintos entre os idiomas, nesta tradução adotamos meta como o marco específico, alcançável e mensurável, e objetivos para o que for mais abrangente e de longo prazo.

ecossistema nativo a ser restaurado (baseado no modelo de referência), e as metas do projeto que estabelecem o nível de recuperação desejado. A **recuperação total** é definida como o estado ou condição em que, após a restauração, todos os **atributos-chave do ecossistema** se assemelham aos do modelo de referência⁵. Esses atributos incluem ausência de ameaças, composição de espécies, estrutura da comunidade, condições físicas, função do ecossistema e interações com o meio externo. Quando são planejados níveis mais baixos de recuperação ou estes ocorrem devido a limitações de recursos, técnicas, ambientais ou sociais, a recuperação é designada como **recuperação parcial**. Um programa ou **projeto de restauração ecológica** deve aspirar à **recuperação substancial** da biota nativa e das funções do ecossistema (em contraste com **reabilitação**, definida abaixo). Quando a recuperação total é a meta, uma referência importante é quando o ecossistema demonstra **auto-organização**. Nesse estágio, em caso de **barreiras** inesperadas ou a falta de algumas espécies em particular ou processos específicos desviarem a trajetória de recuperação, outras ações de restauração podem ser necessárias para garantir que a trajetória continue, em última instância, em direção à recuperação total. Uma vez totalmente recuperadas, quaisquer atividades em andamento (por exemplo, para manter **regimes de perturbação**) seriam consideradas **manutenção do ecossistema** ou manejo. Atividades específicas, como a queima prescrita ou controle de espécies invasoras, podem ser usadas tanto nas fases da restauração como de manutenção de um projeto.

O objetivo dos projetos de **reabilitação** não é a recuperação do ecossistema nativo, mas sim restabelecer um nível de funcionamento do ecossistema para a provisão renovada e continuada de serviços ecossistêmicos, potencialmente derivados também de ecossistemas não nativos. A reabilitação é uma

⁵ N.T.: O conceito de modelo de referência será mais bem explorado na seção correspondente, mais adiante nesse documento.

das muitas **atividades restaurativas** alinhadas ao longo de um continuum que inclui a restauração ecológica e suas atividades afins e complementares, todas as quais contribuem para melhorar a **integridade do ecossistema** e a **resiliência socio-ecológica** (ver Princípio 8).

PRESSUPOSTOS SUBJACENTES

Subjacentes aos Padrões estão alguns pressupostos sobre o papel da restauração ecológica. Primeiro, a restauração da maioria dos ecossistemas nativos é um processo desafiador, e a recuperação substancial geralmente requer longos períodos. Consequentemente, muitos projetos de restauração ecológica estão ainda longe de alcançar os níveis de biodiversidade, funcionamento e provisão de serviços dos ecossistemas intactos. Assim, embora a compensação possa ser obrigatória como resultado da

perda ou degradação do ecossistema, **o potencial para restauração ecológica nunca deve ser invocado como uma justificativa para destruir ou danificar os ecossistemas nativos existentes ou para uso não sustentável**. Da mesma forma, qualquer potencial de translocação de espécies raras não deve ser usado para justificar a destruição do habitat intacto existente. Quando a compensação é compulsória, no entanto, o nível de compensação deve ser muito superior à perda ou degradação estimada do ecossistema, e deve-se tomar cuidado para garantir que as compensações não causem degradação adicional.

Em segundo lugar, os Padrões estabelecem o uso de um ecossistema nativo de referência como um modelo para o ecossistema a ser restaurado. O modelo de referência, derivado de múltiplas fontes de informação, visa caracterizar a condição do ecossistema



*Sempre-viva Chuveirinho (Actinocephalus claussonianus) - Parque Nacional Chapada dos Veadeiros Goiás, Brasil.
Direitos autorais Marcel Huijser*

como seria se não tivesse sido degradado, ajustado conforme necessário para incorporar alterações decorridas ou previstas nas condições bióticas ou ambientais (por exemplo, mudanças climáticas). Os Padrões também deixam claro que os modelos de referência apropriados para restauração ecológica não se baseiam em imobilizar uma comunidade ecológica em algum ponto no passado, mas sim no aumento do potencial para que espécies e comunidades nativas se recuperarem e continuem a se recompor, se adaptar e evoluir.

Finalmente, a restauração ecológica é parte de um conjunto maior de práticas de manejo dos ecossistemas destinadas a conservar e, quando apropriado, utilizar de forma sustentável os ecossistemas nativos. Essas práticas compreendem desde a agricultura regenerativa, pesca e silvicultura à engenharia ecológica, incluindo aquelas citadas na Convenção sobre Diversidade Biológica, nos Objetivos para Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas para 2030 e em projetos de Restauração de Paisagens e Florestas (FLR) e uma infinidade de programas locais e regionais. Como tal, a restauração ecológica complementa outras atividades de conservação e soluções baseadas na natureza e vice-versa.

SEÇÃO 2 – OITO PRINCÍPIOS QUE SUSTENTAM A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Os seguintes Princípios fornecem um arcabouço para explicar, definir, orientar e medir as atividades e resultados da prática da restauração ecológica (Figura 1). Eles representam um refinamento de princípios e conceitos apresentados em documentos de referência da SER, literatura científica e experiências de restauradores (Suplemento S1).



Figura 1. Oito princípios que sustentam a Restauração Ecológica

Image no traducida

1. ENGAJA PARTES INTERESSADAS
2. ESTÁ BASEADA EM MUITOS TIPOS DE CONHECIMENTO
3. É BASEADA EM ECOSISTEMAS DE REFERÊNCIA NATIVOS, AINDA QUE CONSIDERE AS MUDANÇAS AMBIENTAIS
4. APOIA OS PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DOS ECOSISTEMAS
5. É AVALIADA POR OBJETIVOS E METAS CLAROS, UTILIZANDO INDICADORES MENSURÁVEIS
6. VISA AO MAIS ALTO NÍVEL DE RECUPERAÇÃO POSSÍVEL
7. GANHA VALOR CUMULATIVO QUANDO APLICADA EM GRANDES ESCALAS
8. FAZ PARTE DE UM CONTINUUM DE ATIVIDADES RESTAURATIVAS

PRINCÍPIO 1.

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA ESTIMULA O ENVOLVIMENTO DE DIVERSOS ATORES



As ações de restauração ecológica são realizadas por muitas razões, incluindo o objetivo de recuperar a **integridade dos ecossistemas** e o de satisfazer valores pessoais, culturais, socioeconômicos e ecológicos. Essa combinação de benefícios ecológicos e sociais pode levar a uma maior **resiliência socioecológica**. Os humanos se beneficiam de um envolvimento mais próximo e recíproco com a natureza. Participar em projetos de restauração pode ser transformador, por exemplo, quando crianças envolvidas desenvolvem um sentido de pertencimento (“sentimento de pertença”) sobre áreas em restauração, ou quando os voluntários de comunidades locais se motivam para buscar novas carreiras ou vias vocacionais na ciência ou na prática da restauração. Comunidades vivendo em ecossistemas degradados ou próximos destes podem melhorar suas condições de saúde e usufruir de outros benefícios promovidos pela restauração, como a melhora da qualidade do ar, da terra, da água e dos habitats das espécies nativas. Povos indígenas e comunidades locais (rurais e urbanas) se beneficiam onde a restauração reforça culturas, práticas e produção de alimentos (por exemplo, pesca, caça e coleta para subsistência) baseados na natureza. Além disso, a restauração pode fornecer oportunidades de emprego de curto e longo prazo para **os atores** locais, criando ciclos de retorno ecológico e econômico positivos.

Os atores envolvidos podem contribuir com o sucesso ou inviabilizar um projeto. Reconhecer as expectativas e interesses desses atores e envolvê-los diretamente é fundamental para garantir que a

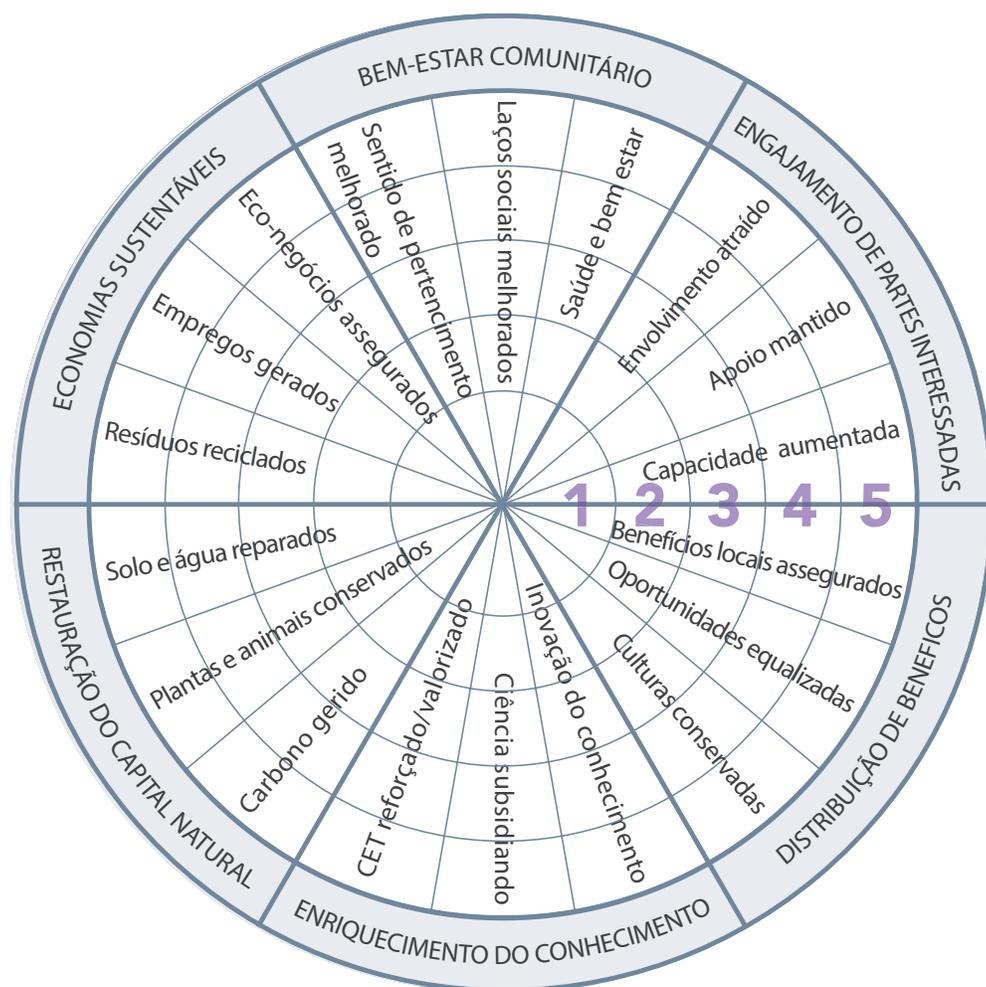
natureza e a sociedade se beneficiem mutuamente. As partes interessadas podem ajudar a priorizar a distribuição de ações de restauração pela paisagem, definir as metas do projeto (incluindo o nível desejado de recuperação), contribuir com conhecimento sobre condições ecológicas e padrões sucessionais para melhorar o desenvolvimento do modelo de referência e participar de **monitoramento participativo**. Além disso, podem fornecer apoio político e financeiro para a sustentabilidade de projetos de longo prazo, bem como moderar conflitos ou desentendimentos que possam surgir. O reconhecimento de diversas formas de propriedade e gestão de propriedades (por exemplo, governamental, privado, comunitária), posse de terra, e organização social é essencial para alcançar esses objetivos. Os gestores de projetos de restauração devem, portanto, genuína e ativamente se envolver com aqueles que vivem ou trabalham dentro ou próximos a áreas em restauração, e aqueles que têm interesse nos valores ecológicos e **capital natural** do projeto (incluindo serviços ecossistêmicos). Idealmente, esse envolvimento deve ocorrer na fase conceitual ou bem antes do início do projeto, para que as partes interessadas possam ajudar a definir a visão, alvos, metas, objetivos e métodos de implantação e monitoramento. O envolvimento deve continuar durante todo o projeto para ajudar a ir ao encontro das expectativas sociais, criar a capacitação e um senso de pertencimento, e manter o apoio e contribuições. A construção colaborativa do diálogo e da confiança entre todas as partes interessadas promove o respeito por diferentes pontos de vista e tipos de conhecimento, e mantém o interesse e o comprometimento durante

todas as fases do projeto. Tal colaboração pode levar a uma tomada de decisão local mais rápida e eficaz, especialmente quando são implantadas abordagens de monitoramento participativo ou colaborativo.

A colaboração com comunidades locais, incluindo comunidades indígenas, organizações comunitárias sem fins lucrativos e cientistas-cidadãos para desenvolver planos de restauração pode aumentar o investimento da comunidade em restauração. Os jovens e as mulheres, particularmente em comunidades carentes, podem se tornar interlocutores poderosos. Esse engajamento da comunidade pode trazer justiça social e elementos da ecologia humana para o projeto, favorecendo um maior apoio financeiro.

Figura 2.

Exemplo de Roda de Benefícios Sociais para auxiliar no rastreamento do nível atingido das metas e objetivos de desenvolvimento social de um projeto ou programa de restauração ecológica. Tanto a Roda de Benefícios Sociais quanto a Quadro 1 podem ser personalizados para atender às metas e objetivos específicos de qualquer projeto ou programa de restauração ecológica. A Roda de Benefícios Sociais complementa a Roda de Recuperação Ecológica, esta última sendo a ferramenta usada para avaliar o progresso da recuperação ecológica, fazendo uma comparação com o modelo de referência do projeto. A Roda da Recuperação Ecológica é descrita no Princípio 6. Para conservar a simetria gráfica, neste exemplo são usados seis atributos e três subatributos. Pode ser necessário, entretanto, aumentar ou diminuir estas quantidades, de acordo como o projeto”.



As metas de **bem-estar** social e humano, incluindo aquelas que restabelecem ou reforçam os serviços ecossistêmicos, devem ser identificadas e adicionadas às metas ecológicas durante a fase de planejamento de um projeto de restauração (ver Princípio 5, Princípio 7 e Seção 4, Parte 3). As orientações para identificar metas adequadas a fim de melhorar os resultados sociais e ambientais nos sistemas socioecológicos são fornecidas em vários documentos (por exemplo, Lynam et al. 2007; Keenleyside et al. 2012; REDD+ SES 2012; Conservation Measures Partnership 2013). Modelos para comunicar o progresso no alcance de objetivos sociais são disponibilizados na Figura 2 e no Quadro 1. Esses modelos podem ser adaptados para atender aos objetivos sociais de qualquer projeto.

Quadro 1.

Amostra do Sistema Social Cinco Estrelas para avaliar o progresso do alcance de objetivos sociais em um projeto ou programa de restauração. Os objetivos sociais poderão ser muitos e diversificados. Nem todos os elementos desta tabela serão relevantes para todos os projetos. Esta Roda de Benefícios Sociais pode ser aplicada a projetos de pequena ou grande escala, com a escala sendo usada como multiplicadora de resultados, em vez de ser um atributo em si.

ATRIBUTO	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
Envolvimento das partes interessadas	Partes interessadas identificadas e informadas do projeto e da sua fundamentação. Estratégia de comunicação contínua preparada.	Principais partes interessadas apoiando e envolvidas na fase de planejamento do projeto.	Número de interessados, apoio e envolvimento aumentando no início da fase de implementação.	Número de interessados, suporte, e envolvimento consolidando-se ao longo da fase de implementação.	Número de interessados, apoio, e envolvimento otimizado, e arranjos de autogestão e continuidade estão em vigor.
Distribuição de benefícios	Benefícios para as comunidades locais negociados, garantindo oportunidades equitativas e o reforço das relações culturais tradicionais com o local.	Início de benefícios para as comunidades locais e oportunidades equitativas mantidas. Elementos culturais tradicionais integrados, conforme apropriado, no planejamento do projeto.	Benefícios para as comunidades locais em nível intermediário e oportunidades equitativas mantidas. Quaisquer elementos culturais tradicionais bem protegidos na implementação do projeto.	Benefícios para as comunidades locais em alto nível e oportunidades equitativas mantidas. Integração substancial de quaisquer elementos culturais tradicionais, aumentando as perspectivas de reconciliação.	Benefícios para as comunidades locais e oportunidades equitativas muito altos, com a integração ideal de quaisquer elementos culturais tradicionais, contribuindo substancialmente para a reconciliação e justiça social.
Enriquecimento do saber	Fontes relevantes de conhecimento existente identificadas e mecanismos para gerar novos conhecimentos selecionados.	Fontes relevantes de conhecimento existente (e potencial para novos conhecimentos) são a base do planejamento do projeto e do delineamento do monitoramento.	Fase de implantação fazendo uso de todos os conhecimentos relevantes, de retorno das partes interessadas e de resultados iniciais do projeto.	Implantação enriquecida por todos os conhecimentos relevantes, bem como de ações de tentativa e erro decorrentes do próprio projeto. Resultados analisados e relatados.	Implantação enriquecida por todos os conhecimentos relevantes, e resultados do projeto divulgados amplamente, inclusive para outros projetos semelhantes.

Quadro 1. (continuado)

Amostra do Sistema Social Cinco Estrelas para avaliar o progresso do alcance de objetivos sociais em um projeto ou programa de restauração. Os objetivos sociais poderão ser muitos e diversificados. Nem todos os elementos desta tabela serão relevantes para todos os projetos. Esta Roda de Benefícios Sociais pode ser aplicada a projetos de pequena ou grande escala, com a escala sendo usada como multiplicadora de resultados, em vez de ser um atributo em si.

ATRIBUTO	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
Capital Natural	Sistemas de manejo de solo e água para reduzir a sobreutilização e restaurar e conservar o capital natural, instalados no local.	Sistemas de manejo de solo e água resultando em um baixo nível de recuperação e conservação do capital natural local.	Sistemas de manejo do solo e água resultando em um nível intermediário de recuperação e conservação do capital natural (incluindo um balanço de carbono melhorado).	Sistemas de manejo do solo e água resultando em um nível alto de recuperação e conservação do capital natural (incluindo um balanço neutro de carbono).	Sistemas de manejo do solo e água resultando em um nível muito alto de recuperação e conservação do capital natural (incluindo um balanço positivo de carbono).
Economias sustentáveis	Modelos de negócio e de emprego sustentáveis (aplicáveis ao projeto ou negócios auxiliares) planejados.	Modelos de negócio e de emprego sustentáveis iniciados.	Modelos de negócio e de emprego sustentáveis em fase de teste.	Experiências de modelos de negócio e de emprego sustentáveis bem-sucedidas.	Modelos de negócio e de emprego sustentáveis com grande êxito.
Bem-estar da comunidade	Participantes chave identificando-se como administradores e provavelmente melhorando os laços sociais e o sentido de pertencimento.	Todos os participantes identificando-se e provavelmente beneficiando de melhores vínculos sociais e sentido de pertencimento.	Muitos interessados provavelmente beneficiando de melhores vínculos sociais, sentido de pertencimento, e do restabelecimento de serviços ecossistêmicos incluindo os recreativos.	A maioria dos interessados provavelmente beneficiando de melhores vínculos sociais, sentido de pertencimento, e do restabelecimento de serviços ecossistêmicos, incluindo os recreativos.	Identificação pública do local como tendo benefícios para o bem-estar gerados pela participação da comunidade e pelo restabelecimento de serviços ecossistêmicos, incluindo os recreativos.

PRINCÍPIO 2.

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA SE BASEIA EM MUITOS TIPOS DE CONHECIMENTO



A prática da restauração ecológica requer muito conhecimento ecológico que pode ser extraído de experiências práticas, **Conhecimento Ecológico Tradicional (CET)**, **Conhecimento Ecológico Local (CEL)**, Quadro Explicativo 1), e **descobertas científicas**. Essas formas de conhecimento são produtos de observação, experimentação e tentativa e erro, sejam formais ou informais. Os melhores conhecimentos disponíveis devem estar na base da concepção e implantação da restauração ecológica, e contribuir para o **manejo adaptativo** (Princípio 5), sempre que os resultados das ações de restauração possam indicar a necessidade de modificar abordagens de manejo.

O conhecimento do restaurador é derivado da experiência na reparação de ecossistemas, e de

informações providas de um espectro de disciplinas (por exemplo, ecologia da restauração, agronomia e produção de sementes, ciências florestais, horticultura, botânica, ciência da vida selvagem, zoologia, hidrologia, ciência do solo, as engenharias, desenho da paisagem (“arquitetura paisagista”), biologia da conservação e manejo de recursos naturais). Além disso, especialistas em CEL e CET, que são tipicamente membros de uma comunidade local, podem fornecer informação extensa e detalhada sobre áreas e ecossistemas, extraídas de suas relações e conexões de longo prazo com esses locais. Quando integradas em projetos de restauração, essas múltiplas formas de conhecimento oferecem oportunidades para melhorar os resultados da restauração em termos de benefícios ecológicos, sociais e culturais.



Quadro de Facilitação Gráfica criado durante a Conferência do Filial do Noroeste Estadunidense da SER, realizada em 2018, Spokane, WA, EUA. Desenho realizado pelo Grupo Samara (Katelyn Hale, Olivia Guethling)

CONHECIMENTO ECOLÓGICO TRADICIONAL E SUA RELEVÂNCIA PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

O Conhecimento Ecológico Tradicional (CET) é definido como conhecimento e prática transmitidos de geração em geração e baseado em fortes memórias culturais, sensibilidade à mudança e valores que incluem a reciprocidade. Exemplos de manejo do solo baseados em CET incluem o uso de fogo prescrito e induzindo inundações sazonais para modificar a vegetação, e para a conservação dos chamados engenheiros do ecossistema (por exemplo, castores e elefantes) ou predadores de topo de cadeia (por exemplo, lobos e leões) visando à melhoria de habitat para outras espécies e, por sua vez, prover recursos alimentares para humanos. Esses processos funcionam dentro da faixa de variabilidade natural de um ecossistema. Os povos indígenas têm usado essas práticas ao longo de milênios para aumentar a produtividade de alimentos do ecossistema, matérias-primas para a medicina, e elementos cerimoniais. O CET envolve a reciprocidade – por exemplo, a partilha e a contenção mútua sustentados por crenças espirituais que consideram plantas e animais como uma irmandade humana. As práticas do CET aumentam a biodiversidade e melhoram a resiliência ecológica ao criar mosaicos de paisagem finamente otimizados. As observações pelo CET são qualitativas e de longo prazo. Os observadores são muitas vezes pessoas envolvidas em práticas de subsistência, incluindo caça, pesca e coleta. A sua sobrevivência está ligada à saúde da terra. Mais importante ainda, o CET é inseparável do tecido espiritual e social de uma cultura. De acordo com a cosmovisão indígena, lograr a compreensão ecológica das coisas exige tudo do ser humano - corpo, mente, coração e espírito. Conseqüentemente, o CET oferece importantes percepções ecológicas e auxiliar, mas também uma rede de conhecimento que inclui valores que podem ajudar a restaurar os ecossistemas.

O Conhecimento Ecológico Local (CEL) é definido como conhecimento in loco da terra e seus processos, aplicado pelo ser humano para criar terrenos mais produtivos e ecossistemas mais saudáveis, aumentando a biodiversidade e melhorando a resiliência do ecossistema. O CEL é predominante em lugares onde os indígenas não estão mais presentes e em que o conhecimento das práticas indígenas foi perdido. Na Europa, por exemplo, o CEL é amplamente difundido e inclui práticas agrícolas do período pré-industrial, o manejo da água e a caça de subsistência. Em alguns lugares, o CEL e o CET podem funcionar juntos, embora possam ter origem em diferentes paradigmas culturais.

Ao incorporar o CET ou o CEL na restauração ecológica, os restauradores podem identificar e avaliar rapidamente as espécies e sua adaptabilidade, processos e estágios sucessionais e interações-chave entre espécies. O CET e o CEL também podem ajudar a definir ecossistemas nativos de referência e catalisar a restauração, permitindo a aplicação de práticas culturais como a prescrição de fogo, a rotação de pastagens e o manejo da água. As estratégias de restauração ecológica que incorporem a ciência formal, e os subsídios de CET e CEL podem ser particularmente eficazes na reparação de ecossistemas degradados.

O conhecimento científico é gerado pelo processo de medir e testar hipóteses de forma sistemática. O conhecimento científico relevante para a restauração vem da investigação básica (fundamental) e aplicada dentro de uma ampla gama de disciplinas, da economia às ciências sociais, físicas e biológicas, incluindo as subdisciplinas da ecologia da restauração, biologia da conservação, genética da conservação e ecologia da paisagem. Embora tal conhecimento forneça informações essenciais para projetar e implantar projetos de restauração ecológica, há lacunas significativas na compreensão da eficácia (em que medida as metas e os objetivos são alcançados) e efeitos (respostas bióticas e abióticas aos tratamentos de manejo) de muitas atividades de restauração, respostas ecológicas às mudanças climáticas, e melhorar soluções de adaptação climática (**'prontidão climática'**) (ver também Princípio 3 e Apêndice 1). As pesquisas científicas podem contribuir para preencher essas lacunas. Acresce que a investigação científica da prática de restauração ecológica pode abordar questões ecológicas essenciais, como o modo como os ecossistemas se organizam e funcionam, bem como questões socioecológicas. Gerar novos conhecimentos científicos pode não ser necessário ou realista em todos os projetos de restauração ecológica, mas deve ser sempre considerado, especialmente quando pouco se sabe sobre a eficácia da técnica adotada ou onde as intervenções de restauração se caracterizam como extremas ou de alto risco (por exemplo, reconstrução do ecossistema após a mineração).

As colaborações entre restauradores e pesquisadores podem melhorar os esforços científicos por fortalecer os desenhos experimentais e melhorar a capacidade de se fazer inferências a partir de avaliações. Tais pesquisas podem trazer mais inovação e fornecer orientações adicionais para o manejo. Pesquisas com um foco específico podem ajudar os profissionais a superar problemas difíceis de manejar (por exemplo, condições severas de substrato, baixas

taxas de reprodução, e disponibilidade e qualidade inadequadas de germoplasma; ver Apêndice 1). Os resultados também podem ser compartilhados e ajudar a reduzir os custos de outros projetos. Profissionais e especialistas em conhecimento local podem desempenhar um papel importante em grandes projetos de pesquisa, fornecendo acesso aos seus projetos, identificando limitações na capacitação e lacunas no conhecimento, e aperfeiçoando aspectos logísticos.

A partilha de conhecimentos práticos e científicos é fundamental para implantar a restauração de forma eficiente e eficaz, e para alcançar escala na restauração. Uma forma importante de avançar na ciência e na prática da restauração ecológica em larga escala é desenvolver e promover a cooperação bilateral e multilateral, entre e dentro dos países (ver também Seção 4, Parte 3). O compartilhamento de experiências e de conhecimento, cofinanciamento e o desenvolvimento colaborativo de novos conhecimentos para políticas e práticas mais eficazes devem ser incentivados entre as regiões, e a **Cooperação Sul-Sul** é especialmente importante para a partilha de conhecimento em países em desenvolvimento e recém-industrializados.

A disponibilidade de dados científicos sobre a eficácia e os efeitos dos tratamentos de restauração deve ser determinada na fase de elaboração do projeto. Quando surgem desafios técnicos em **projetos compulsórios de restauração**, a pesquisa deve ser direcionada no sentido de identificar intervenções alternativas de restauração dentro de prazos razoáveis. Se essas pesquisas ainda não fornecerem soluções, devem ser planejadas abordagens alternativas para satisfazer os requisitos legais.

A dificuldade em alcançar os objetivos de restauração não significa que a restauração não seja viável, em termos técnicos, práticos ou econômicos, no futuro. A falta de conhecimento e competência técnica pode ser contornada pelo manejo adaptativo, vinculado

ao monitoramento focado e baseado em resultados. No entanto, na restauração compulsória (comum no setor de mineração, por exemplo) o conhecimento e a capacidade de execução devem ser adquiridos antes do projeto para garantir que os acordos legais possam ser cumpridos.

PRINCÍPIO 3.

A PRÁTICA DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA É BASEADA EM ECOSISTEMAS DE REFERÊNCIA NATIVOS, CONSIDERANDO AS MUDANÇAS AMBIENTAIS



A restauração ecológica requer a identificação do **ecossistema nativo** a ser restaurado e o desenvolvimento de **modelos de referência** para planejar e comunicar uma visão compartilhada dos **alvos** e metas do projeto. Os modelos de referência devem ser baseados em ecossistemas específicos do mundo real que são alvos de atividades de conservação e restauração (por exemplo, floresta boreal, pântano de água doce, recife de coral). Idealmente, o modelo de referência descreve a condição aproximada em que o local estaria se a degradação não tivesse ocorrido. Essa condição não é necessariamente a mesma do estado histórico, uma vez que ela reflete a capacidade inerente dos ecossistemas de mudar em resposta à alteração das condições. Em alguns casos, os impactos das rápidas mudanças ambientais e da capacidade de adaptação a essas mudanças podem justificar a adoção de modelos ajustados ou alternativos (ver também Quadros Explicativos 2 e 3, e Seção 4, Parte 1).

Os modelos de referência são desenvolvidos com base em múltiplas fontes de informação. A melhor prática é construir modelos de empirismo científico baseados em informações sobre atributos específicos do ecossistema, obtidos a partir de várias *áreas análogas no presente* ou **áreas de referência**. Essas áreas devem ser ambiental e ecologicamente semelhantes ao local do projeto, mas, idealmente, ter sofrido pouca ou mínima degradação (entretanto, ver Quadro Explicativo 4). Informações sobre

as condições passadas e atuais da área, bem como consultas aos atores envolvidos, podem auxiliar no desenvolvimento de modelos de referência, especialmente quando não estão disponíveis áreas de referência não degradadas. Essas informações são geralmente coletadas durante a avaliação das áreas ou na fase de inventário inicial (da **linha de base**) do projeto (Princípio 5).

Áreas de referência podem ser raras em regiões que têm poucas áreas protegidas. Nessas situações, locais anteriormente danificados que tiveram períodos variáveis para regeneração natural (por exemplo, novas áreas protegidas, sítios arqueológicos, zonas militares cercadas ou zonas desmilitarizadas) podem indicar a trajetória de recuperação do ecossistema após um tipo específico de dano. Pode ser necessário inferir as condições de referência a partir de áreas menos perturbadas no local, combinadas com modelos sucessionais dados históricos e modelos de projeção de cenários.

É importante salientar que os modelos de referência devem ser baseados nos atributos específicos do ecossistema a serem recuperados, e considerar tanto a complexidade ecológica quanto a mudança temporal (ou seja, a dinâmica sucessional ou de equilíbrio do ecossistema; ver Seção 4, Parte 1, para discussão desses conceitos). Para descrever o ecossistema de referência podem ser usados seis **atributos-chave do ecossistema** (Quadro 2). Juntos, esses

seis atributos contribuem para a integridade global do ecossistema, que resulta das propriedades de diversidade, complexidade e resiliência inerentes aos ecossistemas nativos funcionais. Dada a grande variedade de tipos de ecossistemas para os quais a restauração ecológica é necessária, essas categorias de atributos são amplas e não prescritivas. Os modelos de referência não devem ser usados para imobilizar um ecossistema em um determinado ponto no tempo. Uma propriedade inerente dos ecossistemas é que eles mudam ao longo do tempo como resultado de fatores internos (por exemplo, mudanças nas taxas de crescimento populacional) e externos (por exemplo, perturbações físicas). Modelos de referência devem ser desenvolvidos com foco explícito na compreensão da dinâmica temporal para desenvolver projetos de restauração viáveis e relevantes que permitam que as espécies locais se recuperem, se adaptem, evoluam e se reorganizem em comunidades.

Vários modelos de referência podem ser necessários para um projeto de restauração. Primeiro, áreas extensas ou com topografia variada provavelmente podem incluir um mosaico de ecossistemas e seus ecótonos. Em segundo lugar, podem ser necessárias referências múltiplas ou sequenciais para refletir a dinâmica do ecossistema ou mudanças previsíveis ao longo do tempo. As áreas em ecossistemas com uma dinâmica de sucessão ecológica podem estar nas fases iniciais do desenvolvimento sucessional logo após as ações de restauração e, posteriormente, avançar para os outros estágios sucessionais. Em ecossistemas com dinâmicas de equilíbrio complexas, podem existir várias trajetórias sucessionais, tornando necessários vários modelos para tentar descrever distintos resultados possíveis da restauração. Esses estados alternativos podem resultar de mudanças nas densidades populacionais ou em fatores ambientais condicionantes, ou as duas situações combinadas. Além disso, modelos de

Quadro 2.

Descrição dos principais atributos (ou atributos-chave) do ecossistema utilizados para caracterizar o ecossistema de referência, bem como avaliar a condição da linha de base, definir as metas de projeto e monitorar o grau de recuperação em uma área em restauração. Esses atributos são padrões adequados para realizar o monitoramento descrito no Princípio 5 e no Sistema Cinco Estrelas, discutidos no Princípio 6.

ATRIBUTOS	DESCRIÇÃO
Ausência de ameaças	Ameaças diretas ao ecossistema, tais como a sobre-exploração, a contaminação ou espécies invasoras, estão ausentes.
Condições físicas	Condições ambientais (incluindo as condições físicas e químicas do solo e da água, e topografia) necessárias para sustentar o ecossistema alvo estão presentes.
Composição de espécies	Espécies nativas características do ecossistema de referência estão presentes, enquanto espécies indesejáveis estão ausentes.
Diversidade estrutural	Diversidade adequada dos principais componentes estruturais, incluindo estádios demográficos, níveis tróficos, estratos de vegetação e diversidade espacial de habitats estão presentes.
Função ecossistêmica	Níveis apropriados de crescimento e produtividade, ciclagem de nutrientes, decomposição, interações com espécies e taxas de perturbação.
Trocas externas	O ecossistema está adequadamente integrado à sua paisagem de entorno ou ambiente aquático por meio de trocas externas, e fluxos abióticos e bióticos.

referência podem precisar de ajustes ao longo do tempo com base nos resultados do monitoramento do projeto.

ECOSSISTEMAS CULTURAIS TRADICIONAIS

A maioria dos ecossistemas em todo o mundo foi moldada pela ação humana, para fornecer alimentos, fibras, medicamentos ou artefatos culturalmente importantes (por exemplo, totens, ferramentas espiritualmente significativas). O conceito de **ecossistemas culturais tradicionais** reconhece que os ecossistemas não são apenas conjuntos de organismos, mas refletem a coevolução de plantas, animais e seres humanos em resposta às condições ambientais passadas. A extensão em que os ecossistemas nativos são o resultado da modificação humana é variável, e muitas vezes pouco clara; mas é reconhecido que ocorreram e foram mantidas modificações consideráveis por práticas tradicionais que se assemelham a distúrbios naturais. Por exemplo, a existência de clareiras cobertas por gramíneas no interior de florestas é frequentemente atribuída a queimadas por povos indígenas. Se esses ecossistemas de pastagens utilizados pelo homem exibem espécies e características biofísicas semelhantes às que ocorrem em savanas e pastagens naturais mantidas pelo fogo, tais áreas de uso antrópico devem ser consideradas ecossistemas nativos. Nessas áreas que abrigam biodiversidade nativa, as práticas tradicionais de manejo devem ser incentivadas como componentes necessários à integridade do ecossistema. Na verdade, em alguns ecossistemas, a ausência de manejo tradicional (por exemplo, manejo com fogo, pastagem, colheita, plantio, inundações sazonais) pode conduzir à degradação. Da mesma forma, muitas das antigas florestas manejadas por desbaste (ou talhadia) e prados europeus de feno não fertilizados ricos em espécies, e outros antigos ecossistemas modificados pela ação humana na região do Mediterrâneo e no Sahel são exemplos de ecossistemas nativos e modelos de referência adequados para a restauração

ecológica. No contexto jurídico da União Europeia, esses são chamados de **ecossistemas seminaturais** (e não ecossistemas culturais), e incluem campos calcários, várzeas secas e úmidas, pastagens arborizadas, pastagens de invernadas em montanhas, áreas salobras pastejadas, chaparraís e sistemas agroflorestais mediterrâneos, e lagoas de peixes mesotróficas.

Devido a histórias socioecológicas complexas nos ecossistemas culturais tradicionais, múltiplos ecossistemas complementares podem funcionar como referências para a restauração ecológica. Em alguns casos, o objetivo de restauração pode ser um estágio sucessional inicial de um ecossistema, que será mantido através de manejo tradicional. Ecossistemas culturais antigos ou atuais, compostos principalmente de espécies não nativas, que utilizam insumos artificiais (por exemplo, fertilizantes) ou são estruturalmente ou funcionalmente distintos dos ecossistemas nativos regionais (por exemplo, jardins botânicos formais) não são modelos de referência apropriados para a restauração ecológica na acepção aqui definida.

ECOSSISTEMAS DE REFERÊNCIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças contínuas no clima ao longo de milênios, séculos e décadas são uma característica importante do nosso planeta. Embora este pano de fundo de mudanças ambientais seja constante, as mudanças climáticas induzidas por ações humanas aumentaram o ritmo de alteração em muitos ecossistemas em todo o mundo. Ainda que sejam geralmente reconhecidas como indesejáveis e requeiram ação urgente por parte da sociedade, as mudanças previstas serão provavelmente irreversíveis no futuro próximo previsível. Isso significa que, a par com o esforço para melhorar o potencial de restauração e outras ações para desacelerar as mudanças climáticas, as mudanças climáticas precisam ser reconhecidas como parte das condições ambientais contemporâneas, às quais muitas espécies vão se adaptar ou então extinguir-se.

As mudanças climáticas exigem o estabelecimento de metas com base em pesquisas em andamento sobre a antecipação de efeitos sobre espécies e ecossistemas. Embora exista incerteza, sabemos que a rotatividade de espécies e a reorganização das comunidades sob as mudanças climáticas resultarão em grandes alterações em ecossistemas inteiros em muitas áreas geográficas (por exemplo, muitas comunidades marinhas, costeiras, alpinas e de clima temperado frio), embora em alguns ecossistemas climaticamente tamponados as mudanças possam ser mínimas. À medida que o clima muda, os **envelopes climáticos** para cada espécie mudarão de lugar. Isso significa que, para um determinado ecossistema, algumas espécies serão perdidas, enquanto outras podem sobreviver devido à plasticidade ou capacidade de adaptação às mudanças nas condições ambientais, e outras novas ainda podem chegar.

A degradação das terras, especialmente a fragmentação, exacerba os efeitos das mudanças climáticas em muitas espécies e comunidades ecológicas, tanto por isolar populações, o que afeta negativamente a diversidade genética e o potencial de adaptação, quanto por limitar as oportunidades para as espécies se dispersarem ou migrarem para habitats mais adequados climaticamente. Por isso, há necessidade de intervenções de manejo que otimizem a diversidade genética e o potencial de adaptação das populações, para evitar o seu desaparecimento das áreas de habitat atuais e que promovam a migração para novas áreas. As opções incluem reter e **aumentar** populações geneticamente diversas de espécies vegetais e animais nativas existentes, e garantir que essas populações existam em configurações que aumentam as conexões e melhoram o **fluxo gênico**, quando for apropriado para aumentar a adaptabilidade às condições alteradas (ver Apêndice 1).

Quadro Explicativo 3

E OS CASOS EM QUE HOUE MUDANÇAS AMBIENTAIS INSUPERÁVEIS?

Os gestores de projeto podem adotar ecossistemas nativos alternativos como alvos para áreas afetadas por mudanças ambientais substanciais e incontornáveis. É de esperar que os ecossistemas alternativos ocorram sob as condições alteradas. Exemplos de conversão incluem locais onde: (1) a hidrologia mudou irreversivelmente de água salina para água doce (por exemplo, devido à mudança dos fluxos das correntes), de água doce para salina (por exemplo, devido ao aumento do nível do mar), ou de mésico para árido (por exemplo, devido ao rebaixamento do lençol freático ou à seca completa de rios ou lagos); (2) as águas pluviais produziram fluxos intermitentes; e (3) foram adicionados nutrientes aos solos e não podem ser removidos sem esforço extremo ou muitos recursos. Um ecossistema de referência alternativo também pode ser escolhido quando os regimes tradicionais de fogo ou outras funções ecossistêmicas foram irreversivelmente alterados.

Decidir quando um ecossistema de referência alternativo é apropriado depende das condições locais e do motivo da irreversibilidade, e requer uma apreciação ecológica qualificada (Fig. 3). Pode ser apropriado considerar mais do que um ecossistema de referência alternativo, por exemplo, em áreas agrícolas urbanas e altamente modificadas, onde é necessária uma seleção cuidadosa para corresponder à situação socioecológica local. Acrescente-se que a aparência de um local pode não ser um indicador confiável do potencial de restauração. Em muitos casos em que a restauração foi assumida por alguns como impossível, a recuperação foi alcançada após a aplicação de abordagens qualificadas e baseadas em conhecimento adquirido. Quando há dúvidas sobre o potencial de recuperação, mas a recuperação é altamente desejável, uma abordagem padrão é realizar tratamentos experimentais em uma pequena área por um período suficiente para determinar a eficácia. Os tratamentos experimentais são mais bem concebidos se forem resultado da colaboração entre cientistas e profissionais (técnicos), e podem ajudar na escolha informada de um ecossistema a ser usado como base para o desenvolvimento do modelo de referência.



Figura 3. *Árvore de decisão para auxiliar na seleção de ecossistemas nativos apropriados para projetos de restauração*

A IMPORTÂNCIA DAS LINHAS DE BASE

Na restauração ecológica, a palavra linha de base é usada de duas maneiras muito diferentes. Nos Padrões, a linha de base refere-se à condição de um local no início do processo de restauração. Em outros contextos, a linha de base descreve um ecossistema antes da degradação (por exemplo, como usado pela Convenção sobre a Diversidade Biológica). Este último uso também se aplica ao conceito de mudanças (ou declínio) de linhas de base, que descrevem o modo como alguns ecossistemas podem estar mais degradados do que se pensava anteriormente, ou quando observadores atuais consideram como não degradados ecossistemas que eram considerados degradados por outros observadores no passado. O conceito de mudança linhas de base tem sido particularmente bem estudado nos ecossistemas marinhos e na pesca. No contexto dos Padrões, o conceito de mudança de linhas de base deve ser considerado ao utilizar áreas de referência para desenvolver um modelo geral de referência para restauração ecológica, pois uma área de referência pode ser percebida como não degradada ou minimamente degradada, e essa percepção não detecta que podem estar ausentes espécies ou funções importantes. Não levar em conta que as áreas de referência não tenham a integridade e o funcionamento desejáveis pode resultar em modelos de referência menos precisos.

Este é um problema igualmente importante para programas de restauração obrigatórios, uma vez que as agências podem almejar padrões mais baixos com base em ideias errôneas do que constitui um ecossistema não degradado. Isso pode ser importante para programas de compensação da biodiversidade, que, se mal projetados, podem contribuir para a degradação contínua e a perda da biodiversidade. Além disso, foi demonstrado que, mesmo que a recuperação total de um ecossistema seja possível, saldos negativos causados pelas perdas da biodiversidade e do funcionamento do ecossistema podem continuar por longos períodos até que a recuperação completa possa ser alcançada. Conseqüentemente, os programas de restauração ecológica, sejam eles obrigatórios ou voluntários, devem se esforçar para fazer mais do que parece necessário para garantir um saldo positivo em geral de biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

PRINCÍPIO 4.

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA APOIA OS PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DE ECOSISTEMAS



As ações de restauração ecológica são planejadas para auxiliar os processos naturais de **recuperação** que, em última análise, são levados a cabo pelos efeitos do tempo nos processos físicos e pelas respostas e interações da biota ao longo de seus ciclos de vida. As atividades de restauração se concentram na reintegração de componentes e condições adequadas para que esses processos sejam restabelecidos e apoiem a recuperação de atributos do ecossistema, incluindo a capacidade de auto-organização e de **resiliência do ecossistema** a a estresses futuros. Essas atividades são planejadas e implantadas com base no modelo de referência (Princípio 3), e em alvos, metas e objetivos consensualizados (Princípio 5).

A maneira mais confiável e econômica de iniciar a restauração é aproveitar o potencial das espécies remanescentes (por exemplo, plantas, animais, microrganismos) para regenerar (ou seja, colonizar ou expandir a comunidade a partir de indivíduos *in situ*), embora os ecossistemas degradados muitas vezes requeiram intervenção substancial para compensar o **potencial de regeneração natural** perdido (ver também Seção 4, Parte 2). Antes de planejar os tratamentos de restauração mais adequados, é necessária uma avaliação para determinar: (1) o potencial de regeneração após a remoção das causas da degradação e (2) a necessidade de restabelecer elementos bióticos e abióticos ausentes. Essa avaliação deve integrar o conhecimento dos **traços funcionais** (particularmente mecanismos de recuperação) das espécies que podem ocorrer ou colonizar o local, e a previsão da

disponibilidade e fluxos de propágulos. Quando existirem lacunas de conhecimento, é útil avaliar a resposta de recuperação em pequenas áreas es antes da aplicação em áreas mais extensas. As intervenções de restauração focadas em áreas com alto potencial de regeneração natural poderiam ser priorizadas a fim de liberar recursos posteriormente para áreas que requerem atividades mais intensivas (ver Seção 4, Parte 2).

A restauração pode levar a resultados inesperados. Os profissionais devem estar preparados para realizar tratamentos adicionais ou se envolver em pesquisas projetadas para encontrar soluções para superar barreiras ou limitações à regeneração natural. As ações de restauração destinadas a estimular a recuperação de espécies nativas, por exemplo, também podem estimular uma resposta de espécies indesejáveis presentes no **banco de sementes**, muitas vezes exigindo múltiplas intervenções de acompanhamento para alcançar as metas do projeto.



*Antes e depois das atividades de restauração, Massachusetts, USA.
Foto de Alex Hackman*

PRINCÍPIO 5.

A RECUPERAÇÃO DO ECOSISTEMA É AVALIADA POR METAS E OBJETIVOS CLAROS, UTILIZANDO INDICADORES MENSURÁVEIS



Na fase de planejamento dos projetos de restauração, são identificados o escopo, a visão, os alvos, as metas e os objetivos do projeto, juntamente com indicadores específicos para medir o progresso. Tanto os atributos ecológicos quanto os sociais do projeto devem ser incluídos (Quadro Explicativo 5). Os indicadores podem então ser usados para monitorar o progresso ao longo do tempo, aplicando abordagens de **manejo adaptativo** (Quadro Explicativo 6). Recursos adequados para o monitoramento devem ser alocados para que haja um monitoramento efetivo.

Os alvos, metas e objetivos ecológicos dependerão em larga medida de uma avaliação do local ou de um inventário da linha de base. Esta avaliação descreve o estado do local degradado e fornece informações tanto da identificação do modelo de referência (Princípio 3) quanto do grau de recuperação necessário para aproximar a área da condição de referência. O inventário da linha de base descreve os elementos bióticos e abióticos atuais do local, incluindo seus atributos de composição, estrutura e funcionamento, bem como ameaças e aportes externos. O processo de inventário é um passo inicial fundamental para entender o que é desejável e possível em um local degradado em termos de alvos, metas, objetivos e indicadores para a restauração. O inventário é usado posteriormente para detectar alterações ao longo do tempo em relação à condição inicial (linha de base).

As avaliações do progresso em direção ao alvo ecológico devem incluir indicadores para cada um dos seis principais atributos ecossistêmicos do ecossistema de referência (Quadro Explicativo 7). As metas ecológicas do projeto devem abordar o grau de recuperação almejado para cada atributo, com indicadores específicos e mensuráveis para avaliar a condição do local antes do início do projeto. Os mesmos indicadores também são monitorados após a implantação do projeto para avaliar se as ações de restauração estão cumprindo as metas e objetivos ecológicos do projeto. Para avaliar o progresso, cada objetivo de restauração deve definir claramente: (1) os indicadores que serão medidos (por exemplo, cobertura percentual de dossel de plantas nativas); (2) resultado desejado (por exemplo, aumentar, diminuir, manter); (3) magnitude desejada do efeito (por exemplo, aumento de 40%); e (4) período (por exemplo, 5 anos). Para projetos onde a recuperação completa pode ser possível e é desejável, o alvo ecológico se alinhará com o modelo de referência. Contudo, quando se prevê apenas a recuperação parcial, o alvo e o modelo de referência podem não estar plenamente alinhados. Por exemplo, o ecossistema-alvo pode não ter algumas espécies ou incluir espécies substitutas ou invasoras exóticas, ou as metas ecológicas podem ser modificadas para atingir metas sociais.

As metas sociais variam amplamente entre os projetos, e surgem de uma variedade de considerações

sociais (ver Princípio 1). Após uma expressiva consulta das partes interessadas, as metas sociais do projeto devem ser incorporadas no plano oficial. Devem-se incluir justificativas metodológicas para quaisquer comparações de custos e benefícios entre os resultados ecológicos e sociais previstos. Os relatórios do projeto podem então reconhecer e destacar os benefícios para a sociedade e para os ecossistemas que podem proceder do projeto.

Quadro Explicativo 5

HIERARQUIA DE TERMOS COMUMENTE USADOS NO PLANEJAMENTO DE PROJETOS⁶

- O **Escopo** é o amplo foco geográfico ou temático ou do projeto.
- A **Visão** é o sumário geral das condições desejadas que se pretende alcançar por meio do projeto. Uma boa visão é relativamente genérica, visionária (inspiradora) e breve.
- Os **Alvos** identificam os ecossistemas nativos a serem restaurados em determinado local, com base no modelo de referência, juntamente com a identificação de resultados sociais ou restrições esperadas do projeto.
- **Objetivos** são afirmações formais sobre as condições ecológicas ou sociais desejadas em médio e longo prazo, incluindo o grau de recuperação buscado. Devem estar claramente ligadas ao alvo, serem mensuráveis, terem limite temporal e serem específicas.
- **Metas** são declarações formais sobre os resultados provisórios ao longo da trajetória de recuperação. As metas devem estar claramente vinculadas aos alvos e aos objetivos, e devem ser mensuráveis, limitados no tempo e específicos.
- **Indicadores** são medidas específicas e quantificáveis de atributos que se conectam diretamente aos objetivos de curto e longo prazo. Os indicadores ecológicos são variáveis que são medidas para avaliar mudanças nos atributos físicos (por exemplo, unidades de turbidez), químicos (por exemplo, concentração de nutrientes) ou bióticos (por exemplo, abundância das espécies) dos ecossistemas, conforme são indicados pelo modelo de referência. Indicadores socioecológicos ou culturais medem mudanças no bem-estar humano tais como a participação em práticas tradicionais, governança, idioma e educação.

⁶ N.T.: Os termos usados aqui, com algumas adaptações, são baseados naqueles dos Padrões Abertos para a Prática da Conservação (*Conservation Measures Partnership* 2013).

MONITORAMENTO E MANEJO ADAPTATIVO

O monitoramento de projetos de restauração é essencial para cada uma das seguintes metas.

GERAR APRENDIZAGEM SOCIAL

O monitoramento participativo envolve os atores e partes interessadas na coleta e análise de dados obtidos por meio das atividades de restauração. Esta abordagem participativa pode levar à melhoria de processos colaborativos de tomada de decisão, e ao fortalecimento da capacidade e autonomia dos atores envolvidos. O monitoramento participativo bem-sucedido aborda, em tempo útil, as questões e necessidades dos atores envolvidos. Os métodos são acordados coletivamente, fáceis de aplicar, e encorajam a aprendizagem social, ao mesmo tempo em que constroem redes de aprendizagem. Deste modo, o monitoramento participativo é, frequentemente, mais benéfico quando se baseia em fontes de informação e métodos de avaliação da confiabilidade que são relevantes para os atores envolvidos, do que em abordagens científicas convencionais.

RESPONDER QUESTÕES ESPECÍFICAS

O monitoramento pode ser usado para responder a questões específicas, assim melhorando a compreensão da restauração ecológica e assegurando que a tomada de decisões seja baseada na informação. Tais resultados requerem dados apropriadamente coletados e um desenho experimental efetivo. Uma das abordagens é a comparação do local em restauração a áreas de referência pré-selecionadas. Outro método envolve o monitoramento antes e depois do tratamento tanto nos locais de controle como nos locais tratados (este tipo de experimento é chamado “Antes-Depois-Controle-Impacto” ou simplesmente “ADCI”). Este procedimento pode determinar a eficácia dos tratamentos em uma relação de causa-efeito. Este monitoramento formal, em que os dados são coletados usando um desenho experimental apropriado, pode resolver questões sobre a necessidade de novos tratamentos ou sobre o retorno de organismos e o restabelecimento de processos ecológicos. É necessário também fazer o registro rigoroso de tratamentos específicos de restauração e outras condições que possam afetar os resultados. A prática padrão nessas situações é que quem inicia a pesquisa estabeleça parcerias entre cientistas, restauradores e a comunidade local, para garantir que o projeto receba um nível apropriado de aconselhamento científico e prático, bem como de assistência para aperfeiçoar seu sucesso e relevância.

APLICAR O MANEJO ADAPTATIVO

Esta forma de “aprender fazendo” é uma abordagem sistemática para melhorar a prática da restauração. O manejo adaptativo não é um método de “tentativa e erro”. Se aplicado corretamente, o manejo adaptativo melhora nossa compreensão da restauração ao:

- (1) explorar vias alternativas para atingir as metas da restauração;
- (2) prever os resultados das alternativas com base no estado atual de conhecimento sobre o assunto;
- (3) implantar uma ou mais dessas opções;
- (4) monitorar para aprender sobre os impactos das ações de restauração; e finalmente,
- (5) usar os resultados para atualizar o conhecimento e ajustar as práticas de restauração.

O manejo adaptativo pode e deve ser a abordagem padrão para qualquer projeto de restauração ecológica, independentemente de quão bem provido de recursos o projecto possa estar. A implantação total de uma abordagem de manejo adaptativo requer monitoramento e avaliação oportuna dos resultados, bem como financiamento para a restauração em andamento. Um processo básico necessário para identificar se as intervenções de restauração estão funcionando, ou se necessitam ser modificadas, é a inspeção rotineira do local e o registro de observações das respostas das espécies (p. ex., taxas de crescimento, floração, regeneração, ausência ou presença de plantas consideradas daninhas, pragas e doenças). A amostragem formal da biodiversidade pode incluir um amplo espectro de técnicas de amostragem de solo, água, vegetação e animais. O desenho de protocolos de monitoramento deve ocorrer na fase de planejamento do projeto, para garantir que os objetivos e metas do projeto e seus indicadores selecionados são mensuráveis, que o esquema e cronograma de monitoramento estão bem alinhados, e que há sinais claros que desencadeiem as devidas ações, se as metas não forem cumpridas. Se desejado e apropriado, podem ser desenhados experimentos formais, observando as convenções para tamanho da amostra, replicações, e o uso de controles não tratados para interpretar os resultados.

FORNECER EVIDÊNCIAS PARA OS ATORES ENVOLVIDOS

São apresentadas às partes interessadas e aos reguladores fotografias de série temporal como evidência que as metas estão sendo alcançadas (isto é, fotografando sempre do mesmo ponto de observação, imagens antes e depois dos tratamentos para mostrar mudanças ao longo do tempo). Em locais de pouca extensão, pontos fixos para fotos podem ser estabelecidos no chão, enquanto para áreas maiores podem ser mais eficientes imagens produzidas por sensoriamento remoto. Como essas imagens permitem apenas a visualização de mudanças ocorridas, geralmente espera-se de projetos com financiamento adequado (particularmente aqueles sob controle regulatório) que realizem um monitoramento quantitativo formal. Este deve ser baseado em um plano de monitoramento que identifique, entre outras coisas, o delineamento do monitoramento, a linha do tempo (prazos), quem são os responsáveis, o tipo de análise planejada, a estrutura para a resposta e comunicação com os reguladores, agências financiadoras ou outras partes interessadas.

Quadro Explicativo 7

EXEMPLO DE PLANEJAMENTO HIPOTÉTICO, INCLUINDO INTEGRAÇÃO DE OBJETIVOS ECOLÓGICOS E SOCIAIS

ESCOPO

Dois bosques de 5 ha de carvalho-de-Garry (*Quercus garryana*, ou carvalho-branco de Oregon – Nota dos Tradutores)) localizados nas Ilhas do Golfo do Sul de British Columbia, Canadá, conectados por um prado aberto e um lago.

SITUAÇÃO ATUAL

O pastejo e a fragmentação resultaram em um declínio na diversidade de aves da floresta em dois dos bosques de carvalho remanescentes. Esses dois bosques, conectados por um prado degradado por sobrepastejo contém 30% de cobertura de espécies nativas de plantas herbáceas e lenhosas e 50% de espécies não nativas. Os 20% restantes são de solo descoberto. O lago apresenta uma alta contagem de *E. coli*, provinda de lixiviados dos solos pastejados. A ocorrência de plantas aquáticas flutuantes aumenta após eventos de chuva, o que leva a mortandade ocasional de peixes.

VISÃO DO PROJETO

O retorno de ecossistemas saudáveis, cuidados e desfrutados pelos residentes da ilha, resultando em coesão social renovada e manejo sustentável dos ecossistemas.

ALVOS ECOLÓGICOS

Nos bosques não perturbados de carvalho-de-Garry (terreno arborizado) e nos prados (terreno semiaberto) existem carvalhos maduros onde o chão da floresta é acarpelado com flores silvestres da primavera. Antes da chegada dos europeus, os habitantes indígenas originais⁷ mantinham os prados limpos de sub-bosque para cultivar o lírio-azul. O bulbo desta flor silvestre de cor azul constitui uma importante fonte de alimento. O lago de águas abertas é habitat da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), do robalo-de-boca-pequena (*Micropterus dolomieu*) e da perca-sol (*Lepomis gibbosus*). Uma área úmida serve de transição do lago para a costa. Lontras nadam entre os lírios-do-brejo-amarelos e pássaros-pretos-de-asa-vermelha se equilibram nas taboas.

METAS (ECOLÓGICAS E SOCIAIS)

1. A diminuição da sedimentação ativa e da contagem de *E. coli* no curso d'água a um nível compatível com os padrões de um departamento de saúde para a natação, dentro de cinco anos. Reducción de la eutrofización del lago, con la población adulta de truchas que supere las 20 capturas por unidad de esfuerzo; actividades pesqueras sostenibles en un plazo de 5 años;

⁷ N.T.: First Nations

2. A redução da eutrofização, com a população adulta de trutas excedendo 20 capturas por unidade de esforço; atividades de pesca sustentável dentro de 5 anos;
3. Os vizinhos representam 80% dos voluntários em um programa de gerenciamento dentro de 5 anos;
4. Duas espécies de aves, ausentes por 10 anos antes do início do projeto, retornam para se reproduzir no local dentro de 10 anos; Bosques de robles de Garry con más del 90% de especies de plantas nativas de un sitio de referencia en un plazo de 15 años; y,
5. A coesão social renovada dentro da comunidade, com foco na melhoria do sentido de pertencimento em comparação às linhas de base em 10 anos;
6. Bosques de carvalho com >90% das espécies nativas de plantas de um local de referência dentro de 15 anos; e,
7. Matriz herbácea entre os bosques remanescentes recobertas com 80% das plantas nativas características de prados de carvalho-de-Garry dentro de 15 anos.

OBJETIVOS (ecológicos e sociais), aferidos por indicadores específicos

1. Suspensão de pastejo por gado dentro de 1 ano;
2. Abundância de plantas não nativas reduzida para <25% de cobertura dentro de 2 anos;
3. Adesão de no mínimo 25 voluntários a um programa de gerenciamento, com vizinhos compreendendo >50% dos membros dentro de 2 anos.
4. Aumento de 10% nas taxas de recrutamento de duas ou mais espécies nativas lenhosas dentro de 5 anos em ambos os bosques remanescentes;
5. Aumento da densidade de espécies lenhosas nativas para pelo menos 100 indivíduos por hectare, tanto de árvores como de arbustos;
6. Aumento na riqueza de espécies nativas nos prados para o mínimo de 6 espécies de gramíneas e 10 de outras herbáceas por cada 10 m², dentro de 5 anos; e
7. Aumento de 50% nas visitas de campo por crianças das escolas locais dentro de 5 anos.

Notar que estes números são meramente hipotéticos e não representam uma recomendação.

PRINCÍPIO 6.

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA VISA AO MAIS ALTO NÍVEL DE RECUPERAÇÃO ALCANÇÁVEL



Um projeto de restauração ecológica tem por objetivo alcançar o mais alto nível de recuperação possível, em relação aos seis atributos do ecossistema de referência. A recuperação, seja total ou parcial, leva tempo e pode ser lenta. Assim, os gestores devem adotar uma política de melhoria contínua, baseada em um monitoramento adequado. Tal política pode permitir que os gestores atualizem e desenvolvam as metas do projeto continuamente para avançar a recuperação inicial em direção a melhores resultados. Uma abordagem para elaborar projetos e acompanhar o progresso ao longo do tempo é o uso do Sistema Cinco Estrelas e a Roda de Recuperação Ecológica.

RODA DE RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA E SISTEMA CINCO ESTRELAS – JOGANDO NAS METAS

O Sistema Cinco Estrelas (Quadros 3 e 4) e a Roda de Recuperação Ecológica (Figura 4) são fornecidos como ferramentas para ajudar gestores, profissionais e autoridades regulatórias a estabelecer, visualizar e comunicar o nível de recuperação aspirado, e avaliar e acompanhar progressivamente o grau de recuperação do ecossistema nativo ao longo do tempo em relação ao modelo de referência. Essas ferramentas também fornecem um meio de relatar alterações da **condição da linha de base** em relação à referência.

É importante ressaltar que o Sistema Cinco Estrelas é focado em medidas ecológicas, e não sociais; não é uma ferramenta destinada a avaliar o andamento de um projeto de restauração em relação aos seus objetivos sociais (ver Princípio 1). Em vez disso, os gestores são encorajados a usar o Sistema Cinco Estrelas e a Roda de Recuperação Ecológica para ilustrar os alvos e metas ecológicas de seu projeto em relação aos seis atributos-chave, e propor uma estrutura de monitoramento. A ideia é ousar nas metas e mostrar o progresso ao longo do tempo, mesmo que a recuperação completa não seja inicialmente possível ou que a meta seja a recuperação parcial.

Quadro 3.

Resumo dos padrões genéricos para níveis de recuperação de 1 a 5 estrelas. Cada nível é cumulativo. Os diferentes atributos podem ter classificações diferentes, devido a diferentes taxas de resposta aos tratamentos, bem como aos objetivos do projeto. Na Tabela 4 são fornecidos padrões genéricos mais detalhados para os seis principais atributos do ecossistema. Este sistema é aplicável a qualquer nível de recuperação onde é usado um ecossistema de referência.

NÚMERO DE ESTRELAS	RESUMO DO RESULTADO DA RECUPERAÇÃO
★	Deterioração em curso impedida. Substratos remediados (física e quimicamente). Algum nível de biota nativa presente; características bióticas ou abióticas não afetam negativamente futuros nichos de recrutamento. Estão planejadas melhorias futuras para todos os atributos e o futuro manejo do local garantido.
★★	Ameaças de áreas adjacentes começam a ser manejadas ou mitigadas. O local tem um pequeno subconjunto de espécies nativas características e baixa ameaça por espécies indesejáveis no local. Conectividade melhorada organizada com proprietários do entorno.
★★★	Ameaças adjacentes sendo manejadas ou mitigadas e ameaça muito baixa de espécies indesejáveis no local. Um subconjunto moderado de espécies nativas características é estabelecido e há alguma evidência do funcionamento do ecossistema sendo restabelecido. Uma maior conectividade na escala de paisagem é evidente.
★★★★	Um subconjunto substancial de biota característica presente (representando todos os agrupamentos de espécies), fornecendo evidências do desenvolvimento da estrutura da comunidade e dos processos ecossistêmicos. Melhoria da conectividade foi estabelecida e ameaças do entorno estão sendo manejadas ou mitigadas.
★★★★★	Estabelecimento de um conjunto característico de biota a um ponto onde a complexidade estrutural e trófica provavelmente atingirão um nível de alta similaridade com o ecossistema de referência com mínimas intervenções de restauração. Fluxos adequados na paisagem do entorno são favorecidos e iniciados e a resiliência é restaurada com o restabelecimento de regimes de distúrbios adequados. Planos para o manejo no longo prazo em vigor.

Quadro 4.

Amostra da escala de restauração de 1-5 estrelas interpretada no contexto dos seis principais atributos do ecossistema usados para medir o progresso ao longo de uma trajetória de restauração. Esta escala de 5 estrelas representa um gradiente de similaridade, de muito baixa a muito alta, com o modelo de referência. Por tratar-se de um esquema genérico, os utilizadores devem desenvolver indicadores e métricas de monitoramento específicas para o ecossistema e subatributos que identificarem.

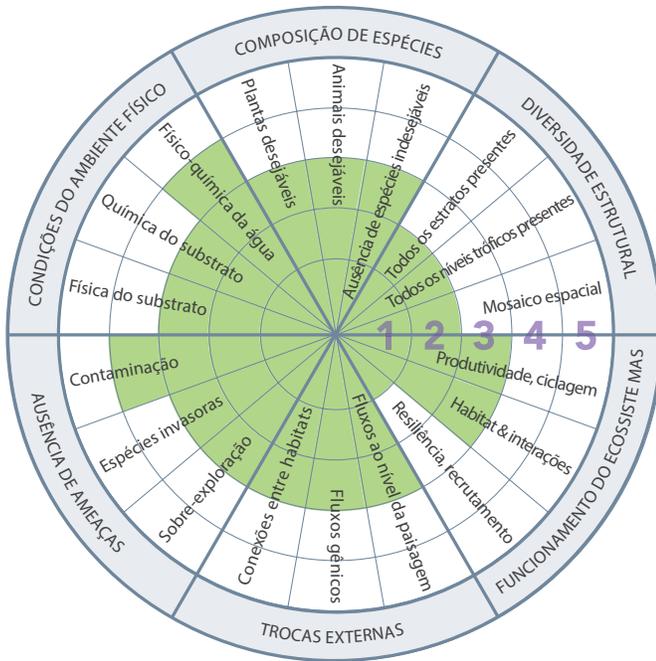
ATRIBUTO	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
Diversidade estrutural	Um ou poucos estratos ¹ presentes e nenhuma padronização espacial ou complexidade trófica da comunidade, em relação ao ecossistema de referência.	Mais estratos presentes, mas baixa padronização espacial e complexidade trófica, em relação ao ecossistema de referência.	A maioria dos estratos presentes e alguma padronização espacial e complexidade trófica em relação ao local de referência.	Todos os estratos presentes. Padronização espacial evidente e complexidade trófica expressiva se desenvolvendo, em comparação com o ecossistema de referência.	Todos os estratos presentes e padronização espacial e complexidade trófica altas. Maior complexidade e padronização espacial com capacidade para se auto-organizar e atingir alta similaridade com o ecossistema de referência.
Funcionamento do ecossistema	Substratos e aspectos hidrológicos se encontram apenas em um estágio inicial, capaz de possibilitar o desenvolvimento futuro de funções semelhantes à referência.	Substratos e aspectos hidrológicos mostram maior potencial para uma gama mais ampla de funções, incluindo a ciclagem de nutrientes, e a provisão de habitats e recursos para outras espécies.	Evidências do restabelecimento de funções (e.g., ciclagem de nutrientes, filtragem de água, e provisão de habitat e recursos para uma variedade de espécies).	Evidências substanciais de funções-chave e processos iniciando, incluindo reprodução, dispersão e recrutamento de espécies nativas.	Evidências consideráveis de funções e processos em uma trajetória segura em direção à área de referência e evidências de resiliência ecossistêmica, sugerida pelo restabelecimento de regimes de distúrbio adequados.

¹ Nota dos Tradutores: No que diz respeito à existência de estratos, atentar para a estrutura da fitofisionomia do ecossistema a ser restaurado.

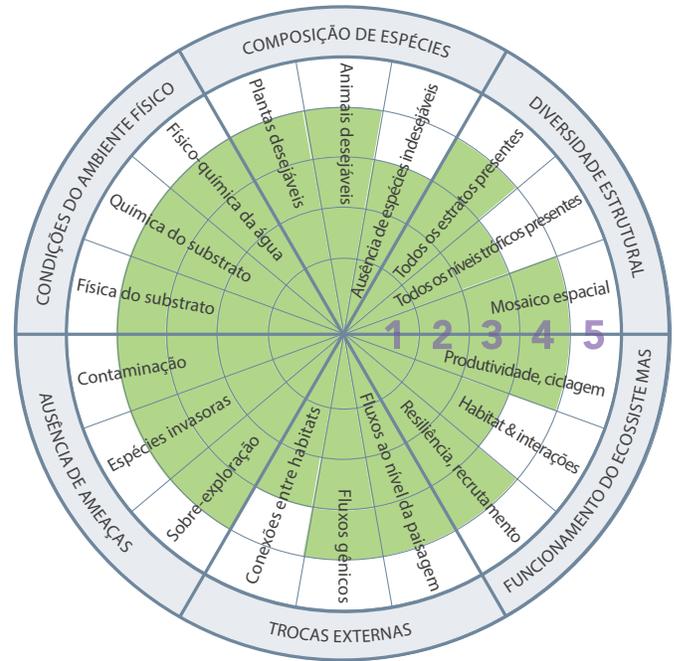
Quadro 4. (continuado)

Amostra da escala de restauração de 1-5 estrelas interpretada no contexto dos seis principais atributos do ecossistema usados para medir o progresso ao longo de uma trajetória de restauração. Esta escala de 5 estrelas representa um gradiente de similaridade, de muito baixa a muito alta, com o modelo de referência. Por tratar-se de um esquema genérico, os utilizadores devem desenvolver indicadores e métricas de monitoramento específicas para o ecossistema e subatributos que identificarem.

ATRIBUTO	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
Trocas externas	Identificado potencial de trocas (por exemplo, de espécies, genes, água, fogo) com a paisagem do entorno ou ambiente aquático.	Conectividade para trocas positivas melhorada (e para negativas, minimizada), organizadas através da cooperação com as partes interessadas. Conexões sendo restabelecidas.	Trocas positivas entre o local e o ambiente externo tornam-se evidentes (por exemplo, mais espécies, fluxos gênicos etc.).	Estabelecido alto nível de trocas positivas com outros ecossistemas nativos; controle de espécies indesejáveis e distúrbios.	Evidências de que as trocas com o ambiente externo são muito semelhantes à referência, e que estão instaladas e operacionais ações de manejo de longo prazo integradas à escala da paisagem.



Linha de base



10 Anos após

Figura 4. A Roda de Recuperação Ecológica é uma ferramenta para transmitir o progresso da recuperação dos atributos do ecossistema em comparação com o modelo de referência. Neste exemplo, a primeira roda representa a condição de cada atributo avaliado durante o estágio de inventário da linha de base do projeto. A segunda roda representa um projeto de restauração de dez anos, onde mais da metade de seus atributos atingiu a condição de quatro estrelas. Profissionais familiarizados com as metas, objetivos, indicadores específicos do local e níveis de recuperação alcançados até o momento podem preencher os segmentos de cada subatributo após uma avaliação formal ou informal. No Apêndice 2 estão modelos em branco para o diagrama e o seu formulário de acompanhamento. Podem ser adicionados ou modificados rótulos de subatributos para melhor representar um projeto específico. Para conservar a simetria gráfica, são usados neste exemplo três subatributos. Entretanto, pode ser necessário aumentar ou diminuir este número, de acordo como o projeto.

OBSERVAÇÕES SOBRE A INTERPRETAÇÃO DO SISTEMA CINCO ESTRELAS

Segue abaixo uma série de respostas a perguntas frequentes:

- Desde que foram descritos por McDonald et al. (2016a), o Sistema Cinco Estrelas e a Roda de Recuperação Ecológica têm sido cada vez mais adaptados e utilizados por profissionais e cientistas em uma ampla variedade de ecossistemas ao redor do mundo (por exemplo, rios no Reino Unido, recifes de coral no México, florestas na Austrália).

- A avaliação usando o Sistema Cinco Estrelas deve ser específica para o local e a dimensão do projeto. O Sistema Cinco Estrelas foi desenvolvido para implantação no nível de um local específico, mas pode ser aplicado no nível de programa, agregando dados de outros locais onde for implantado para estimar o grau de recuperação (médio, mínimo, máximo) em programas de maior escopo.
- Os indicadores descritos nos Quadros 3 e 4 são genéricos e devem ser interpretados mais

especificamente pelos gestores para se adequarem ao seu ecossistema ou projeto específico, seja terrestre ou aquático.

- O Sistema Cinco Estrelas pode ser usado como uma estrutura para orientar o monitoramento quantitativo ou qualitativo. As estrelas podem ser facilmente quantificadas usando variados sistemas de monitoramento e abordagens estatísticas, como taxas de resposta razão do valor médio de uma variável no local de restauração em comparação com a do modelo de referência), que são comumente empregados por cientistas e restauradores para medir os resultados da restauração. Independentemente de serem utilizadas abordagens qualitativas ou quantitativas, é imprescindível especificar explicitamente o nível de detalhe e o grau de formalidade do monitoramento a partir do qual são tiradas conclusões. Isso significa que a Roda de Recuperação Ecológica ou uma Quadro de avaliação não devem ser usadas como evidência de progresso da restauração sem citar também os dados de monitoramento nos quais se baseia.
- Não se começa, necessariamente, designando cada atributo de um projeto com a classificação “zero” de recuperação ou merecendo apenas uma estrela. A razão disso é porque a hierarquização se baseia no grau de semelhança (ou dessemelhança) ao modelo de referência que, por sua vez, envolve um conjunto de indicadores mensuráveis relevantes para os subatributos. As áreas com biota remanescente e os substratos não alterados começarão com valores mais altos na hierarquização, enquanto os locais com substratos perturbados ou biota ausente começarão em valores mais baixos. Seja qual for o ponto de partida de um projeto na hierarquização do Sistema, o objetivo será auxiliar o ecossistema a progredir ao longo da trajetória de recuperação, na medida do possível. Uma pontuação de “zero” estrelas seria informada em relatórios escritos ou como um zero em fichas de dados, e representada por uma célula vazia na Roda de Recuperação Ecológica.
- Acrescentando cores ou padrões adicionais ou criando rodas de recuperação sequenciais, o usuário pode mostrar a condição da linha de base, a condição final proposta e as condições em vários momentos durante o processo de recuperação.
- O Sistema Cinco-estrelas não pretende avaliar o desempenho individual de restauradores ou o valor de projetos. Alguns projetos, devido a restrições inerentes ao local não poderão aspirar a cinco estrelas.

PRINCÍPIO 7.

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA GANHA VALOR CUMULATIVO QUANDO APLICADA EM GRANDES ESCALAS



Qualquer projeto de restauração ecológica pode ter resultados benéficos, independentemente das dimensões da área, incluindo o aumento do número e do tamanho populacional de espécies depauperadas, a redução de populações de espécies invasoras e de outras ameaças, e a melhoria das funções ecossistêmicas, como a ciclagem de nutrientes. No entanto, muitos processos ecológicos funcionam em escalas de paisagem, bacias hidrográficas e regionais (por exemplo, fluxo gênico, colonização, predação, perturbações ecológicas). A degradação que ocorre em escalas maiores pode sobrepor-se aos esforços para restauração de áreas menores. Por exemplo, as espécies com requisitos mínimos de habitat grande ou que requerem maior complexidade trófica podem não ser acomodadas em projetos pequenos. Para combater as mudanças climáticas, é urgente aumentar substancialmente a taxa de **sequestro de carbono** pela maior produção de biomassa vegetal e animal (incluindo biomassa nos solos). Da mesma forma, a segurança hídrica (em termos de qualidade, quantidade e fluxos) é mais eficazmente alcançada quando a intervenção é ao nível de paisagem, e conecta sistemas terrestres e aquáticos. Assim, alguns projetos de restauração ecológica devem ser realizados em larga escala (por exemplo, centenas ou milhares de hectares) para fornecer os benefícios ambientais e ecológicos desejados. O planejamento e a priorização das atividades em nível local também são necessários, como partes integrantes dos esforços de planejamento da paisagem (ver Seção 4, Parte 3). O planejamento em escala de paisagem pode ajudar a evitar situações

em que os sistemas produtivos em um local de restauração ecológica (por exemplo, agricultura ou silvicultura) sejam simplesmente realocados para outras áreas, causando degradação adicional. O planejamento da restauração ecológica em escalas maiores deve garantir que os esforços de restauração resultem em mudanças positivas para a paisagem.

DESAFIOS E SOLUÇÕES EM POTENCIAIS

Aumentar o escopo da restauração ecológica pode trazer algumas economias de escala, mas também pode aumentar o risco de estender demais a necessidade por recursos financeiros, institucionais e de infraestrutura, particularmente onde as respostas do ecossistema aos tratamentos são imprevisíveis. Os desafios sociais incluem identificar todas as partes interessadas relevantes e suas necessidades e interesses específicos, alcançando acordo entre os atores com interesses concorrentes, especialmente quando as instituições políticas têm pouca força, ou quando existem fortes desigualdades econômicas e de poder entre os proprietários de terras. Para lidar com tais desacordos, um mecanismo como o planejamento participativo do uso da terra precisa estar em vigor. Para questões sensíveis à escala e sensíveis ao tempo, os tratamentos são geralmente testados em pequena escala antes de uma aplicação mais ampla. Em alguns casos, investir em melhorias graduais em escalas maiores (por exemplo, para controlar ameaças representadas pela presença de espécies

invasoras ou por uma poluição disseminada), pode permitir alcançar resultados mais significativos do que intervenções mais intensas em escalas menores ou em períodos mais curtos. O aumento da escala de um projeto de restauração confere uma vantagem, no entanto, apenas quando representa um aumento na escala em que os benefícios (por exemplo, aumento da abundância de espécies nativas, diminuição da abundância de espécies nocivas ou aumento do sequestro de carbono) são ampliados. Por essa razão, e para evitar subvalorizar projetos menores que possam ser de alta importância ecológica (por exemplo, a restauração de pequenos pântanos), a escala deve ser avaliada apenas como um multiplicador dos outros valores alcançados. Vários potenciais benefícios adicionais devem ser considerados ao prever se um projeto provavelmente fará diferença em escalas maiores (Quadro 5). Adicionalmente, funções de maior escala podem ser aprimoradas através do aumento

da conectividade benéfica (por exemplo, corredores ecológicos para a fauna silvestre), incluindo conexões com áreas adjacentes que sejam alvo de intervenções de restauração (Princípio 8; Seção 4, Parte 3). É importante notar que o valor cumulativo só pode ser alcançado no longo prazo, o que significa que aqueles que inicialmente investem em restauração podem não se beneficiar diretamente.

Um mecanismo para ampliar a escala da restauração ecológica é garantir que os projetos sejam estrategicamente integrados em **programas de restauração** maiores que contenham vários projetos envolvendo não apenas restauração, mas também outras atividades restaurativas realizadas em diferentes unidades da paisagem, com diferentes colaboradores que se alternam ao longo do tempo. Esses programas podem consistir na reunião de vários locais com projetos de restauração que estejam ligados funcional e fisicamente. Um programa de



Íbis branco.

Foto com copyright de Marcel Huijser

restauração ecológica em larga escala é tipicamente coordenado por uma coligação de agências governamentais, organizações sem fins lucrativos, jardins botânicos e outros aliados, e envolve processos de planejamento amplos e complexos. São exemplos o Plano Diretor para a restauração dos Everglades, nos EUA, e o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, no Brasil, os dois produtos de coligações das agências governamentais, do setor privado, das ONG e das instituições de pesquisa. A inclusão de grandes áreas e a adesão a projetos mais amplos de restauração podem criar desafios para a seleção de metas e para o desenvolvimento de modelos de referência devido à falta de áreas de referência comparáveis (ver Seção 4, Parte 1) ou à sua complexidade, embora novas ferramentas, como o LiDAR, podem ajudar a superar os desafios apresentados, atualmente, na restauração de algumas paisagens.

Quadro 5.

Características do projeto que contribuem para seu potencial em melhorar a recuperação do ecossistema, considerando a escala. Para maximizar o sucesso, o projeto deve ser baseado em informações ecológicas sólidas e estar bem inserido nas culturas e instituições locais.

CARACTERÍSTICA	EXEMPLOS
Localização estratégica e oportunidade	Os projetos de restauração adotam estratégias que aproveitam ao máximo recursos escassos e pontos de alavancagem conhecidos, para uma restauração eficaz. Os projetos são priorizados em termos de: (1) metas mais urgentes ou que aceleram o cumprimento de outras metas, e (2) áreas com maior potencial de recuperação.
Redução do risco de extinção	Os projetos têm valor agregado quando ajudam a recuperar populações, espécies ou ecossistemas ameaçados. Este trabalho é guiado por listas oficiais em vigor em muitos países, geralmente relacionadas ou consistentes com as Listas Vermelhas da <i>International Union for Conservation of Nature</i> (IUCN).
Ameaças generalizadas	Projetos que abordam ameaças em larga escala ou generalizadas podem influenciar áreas muito além do local do projeto. Por exemplo, projetos que contribuem substancialmente para o sequestro de carbono, reduzem a contaminação dos recursos hídricos, ou que contribuem para controlar pragas vegetais ou animais, não só melhoram os resultados localmente, como contribuem para melhores resultados em outros locais.
Segurança do apoio institucional	Projetos em larga escala precisam de segurança no longo prazo para garantir que os benefícios resultantes dos recursos investidos persistirão ao longo do tempo. A proteção formal do local através da garantia legal de posse é ideal, tal como é a garantia de que os compromissos políticos e econômicos de longo prazo sejam assumidos pelas principais instituições públicas e privadas que atuam na área, em escala local, regional ou nacional.

PRINCÍPIO 8.

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA FAZ PARTE DE UM CONTINUUM DE ATIVIDADES RESTAURATIVAS



À medida que a degradação dos ecossistemas continua globalmente, muitos países e comunidades estão adotando políticas e medidas destinadas a conservar a biodiversidade, recuperar a resiliência e a integridade ecológica, melhorar a qualidade e a quantidade de serviços ecossistêmicos e transformar a forma como as sociedades interagem com a natureza. A restauração ecológica é uma de uma gama ou família de **atividades restaurativas** que podem ser concebidas como um *continuum*, onde o grau de distinção entre um tipo de atividade e o outro é mínimo, mas da ação mais básica para a mais avançada a distinção é bastante significativa. Uma atividade restaurativa é aquela que, direta ou indiretamente, apoia ou mesmo concretiza, a recuperação de atributos ecossistêmicos que foram perdidos ou degradados. Conceitualmente, o *continuum* restaurativo (por exemplo, como retratado na Figura 5) oferece uma abordagem holística para recuperar os ecossistemas do mundo inteiro, permitindo que os profissionais apliquem o tratamento que seja o mais adequado e eficaz dadas as condições ecológicas, sociais e financeiras (tanto as oportunidades quanto as restrições). O *continuum* restaurativo fornece um contexto para entender como as diferentes atividades se relacionam entre si, ao mesmo tempo em que ajuda a identificar as práticas mais indicadas para um determinado contexto (ver Quadro Explicativo 8). O *continuum* inclui quatro grandes categorias de práticas restaurativas:

- (1) Redução de **impactos sociais** (ou seja, na aplicação de práticas menos impactantes em termos do consumo e utilização de serviços ecossistêmicos em todos os setores; Quadro Explicativo 8);
- (2) **Remediação** (ou seja, de locais poluídos e contaminados);
- (3) **Reabilitação** (ou seja, de áreas que incluem aquelas usadas para produção ou ocupação humana; Quadro Explicativo 9); e
- (4) **Restauração ecológica**.

As práticas para redução de impactos sociais, remediação e reabilitação são consideradas restaurativas por reduzir as causas e os efeitos decorrentes da degradação, aumentar o potencial de recuperação do ecossistema e promover uma transição para a sustentabilidade. Como tal, também são consideradas **atividades aliadas** da restauração ecológica. Alguns projetos ou programas podem cobrir mais de uma categoria de atividades, particularmente aqueles realizados em contextos mais amplos, como Soluções Baseadas na Natureza (SbN – ou NBS, com base no termo em Inglês), incluindo **infraestrutura verde**, e **Restauração da Paisagem e Florestas** (FLR). Essas estruturas geralmente incorporam uma ou mais atividades aliadas à restauração ecológica. Para serem considerados restaurativos, os resultados de esforços no nível de projeto ou de paisagem devem ter um saldo positivo sobre as condições ambientais. Por exemplo, atividades que não melhoram ou não melhorarão as condições ambientais

atuais ou aquelas que provocam danos (como o **florestamento – florestação** - de campos nativos, causando um saldo negativo para a biodiversidade) não se qualificam como restaurativas.

A restauração ecológica e atividades aliadas podem ser vistas mais como partes de um todo integrado dentro de um amplo paradigma de sustentabilidade (ver Seção 4, Parte 3), do que como atividades desconectadas ou concorrentes. As atividades restaurativas são cumulativamente benéficas, melhorando os resultados de um nível para o outro. O contexto conceitual e as melhores práticas de restauração ecológica apresentadas nestes Padrões podem inspirar e orientar muitas ações que possam ser implantadas para melhorar a saúde geral e a resiliência do meio ambiente.

Conceituar ações de manejo por meio desse *continuum* (juntamente com a compreensão dos

princípios e padrões da restauração ecológica) deve ajudar os governos, indústrias e comunidades a alcançar melhorias integradas de saldo positivo das condições que irão acelerar mudanças positivas em escalas maiores (Princípio 7). No Quadro 6 são apresentadas recomendações de medidas de desempenho para atividades restaurativas realizadas em diversos setores ou contextos da indústria, governo e comunidade. Independentemente do setor ou contexto, é benéfico adotar práticas de melhoria contínua, e priorizar a restauração ecológica como a melhor opção restaurativa, onde for viável. Quando a restauração ecológica for inadequada ou inviável (por exemplo, quando a remediação ou a redução dos impactos sociais for a única opção), o trabalho restaurativo deve visar ao maior nível de recuperação possível. Tanto nas atividades aliadas como na própria restauração ecológica é de esperar que as melhorias pequenas e contínuas tenham efeitos cumulativos em projetos de escala maior.

o CONTINUUM

RESTAURATIVO

Melhoria da biodiversidade, da saúde ecológica e dos serviços ecossistêmicos



Figura 5. O CONTINUUM Restaurativo inclui uma gama de atividades e intervenções que podem melhorar as condições ambientais e reverter a degradação do ecossistema e a fragmentação da paisagem. O continuum destaca as interconexões entre essas diferentes atividades e reconhece que as características específicas do local programado para ações restaurativas ditam quais as atividades mais adequadas para diferentes unidades da paisagem. À medida que caminhamos da esquerda para a direita no continuum, tanto os resultados em termos dos índices de saúde ecológica quanto os de biodiversidade, qualidade e quantidade dos serviços ecossistêmicos aumentam. Observe que a restauração ecológica pode ocorrer em paisagens urbanas, suburbanas, agrícolas e industriais.

Quadro Explicativo 8 IMPACTOS REDUZIDOS

No contexto da degradação ambiental global, existe uma necessidade urgente de encontrar formas de reduzir impactos ambientais adversos decorrentes da forma que as sociedades extraem, produzem, comercializam, consomem e descartam os bens do ecossistema. Pelo lado da produção, o aumento da regulação em diversas regiões do mundo está resultando em metodologias de agricultura, silvicultura, pesca e mineração ecologicamente mais informadas. Estas atividades têm potencial para reduzir os impactos negativos da poluição e contaminação, a fragmentação de ecossistemas intactos, a supressão de ecossistemas nativos, a superexploração e a disseminação de espécies invasoras. Já pelo lado do consumo, uma combinação de regulação e aumento de expectativa social está mudando algumas práticas de fabricação e comportamentos sociais, particularmente em territórios urbanos, onde mais da metade da população vem consumindo bens e serviços a crescentes taxas per capita. Embora as soluções sejam susceptíveis a táticas evasivas e de “maquiagem verde”⁸, atividades que genuinamente visam a mitigar ou alcançar uma redução líquida dos impactos humanos (e assim aumentar o potencial de recuperação dos ecossistemas) podem ser consideradas aliadas da restauração ecológica e claramente parte do *continuum* restaurativo¹⁴, atividades que genuinamente visam a mitigar ou alcançar uma redução líquida dos impactos humanos (e assim aumentar o potencial de recuperação dos ecossistemas) podem ser consideradas aliadas da restauração ecológica e claramente parte do *continuum* restaurativo.

⁸ N.T.:Maquiagem verde é o termo que adotamos para greenwashing, que pode ser traduzido também como “lavagem verde”

Quadro Explicativo 9 REABILITAÇÃO

Reabilitação é um termo genérico usado para atividades de reparação ecológica que visam a restaurar o funcionamento do ecossistema, em vez de focar na restauração da biodiversidade e integridade de um determinado ecossistema nativo de referência. As atividades de reabilitação são adequadas para um amplo espectro de setores do manejo de água e solo nos quais a recuperação substancial dos ecossistemas nativos não seja possível ou desejável devido a necessidades humanas concorrentes e legítimas. Quando a reabilitação é aplicada em áreas mineradas ou locais pós-industriais, pode ainda ser chamada de **reclamation**⁹. O progresso da recuperação ecológica em muitos projetos de reabilitação pode ser verificado usando o Sistema Cinco Estrelas e a Roda de Recuperação Ecológica, no qual podem ser demonstradas melhorias em um ou mais atributos ecossistêmicos. Para usar a Roda de Recuperação a fim de demonstrar o progresso rumo à reabilitação, em vez de ser preenchido com os valores obtidos dos ecossistemas de referência, o perímetro mais extremo da roda deve conter os valores desejados para os atributos-chaves do ecossistema. De acordo com o conceito de “melhoria contínua” (ver Princípio 6), os projetos de reabilitação que alcancem alguma melhoria nas condições ecológicas pode posteriormente ser objeto de restauração ecológica. Por exemplo, onde a revegetação de uma pastagem degradada, ou área pós-mineração, utilizando plantio misto de espécies vegetais nativas e exóticas e micros-simbiontes nativos tenha resultado em melhoria das funções do solo, podem ser desenvolvidos planos de restauração que incluam a colheita de espécies exóticas e sua subsequente substituição por espécies nativas, bem como outras ações para auxiliar o sistema a recuperar até a condição em que ele estaria se a degradação não houvesse ocorrido. Em alguns casos nos quais o solo tenha sido estabilizado com espécies exóticas, podem ser espécies nativas (por plantio ou facilitação de sua regeneração) e removidas as exóticas, para, em última instância, auxiliar o restabelecimento de um ecossistema nativo.

⁹ N.T.: Em Português, não é raro encontrar esta atividade designada pelo termo genérico: Recuperação de Áreas Degradadas – RAD.

Quadro 6.

Medidas de desempenho recomendadas para atividades restaurativas em uma variedade de setores ou contextos da indústria, do governo e da comunidade. Nota: A pontuação “Estrela” refere-se ao Sistema de Cinco Estrelas descrito no Princípio 6. A menos que seja especificado de outra forma, as pontuações com estrelas nesta tabela são consideradas uma média de todas as pontuações dos 6 atributos.

SEGMENTO OU CONTEXTO	ATIVIDADE RESTAURATIVA E PADRÃO DE DESEMPENHO RECOMENDADO
Manejo de áreas protegidas	<ul style="list-style-type: none">• Ecossistemas nativos com potencial para recuperação total: restauração ecológica ao nível de 5 estrelas.• Ecossistemas nativos com potencial apenas para recuperação parcial: restauração ecológica idealmente para 4 estrelas, mas em nível mínimo de 3 estrelas.• Programas ou atividades de recuperação de espécies individuais: Componentes altamente valorizados de programas maiores que devem aspirar aos mais altos padrões.
Áreas de conservação e espaços verdes urbanos	<ul style="list-style-type: none">• Ecossistemas nativos com potencial de recuperação total para alguns atributos: restauração ecológica ao nível de 5 estrelas sempre que possível, ou pelo menos nível de 4 estrelas.• Ecossistemas nativos ou áreas no entorno de ecossistemas nativos com potencial apenas para recuperação parcial: Restauração ecológica aspirando ao mais alto nível praticável, mas objetivando o mínimo de nível de 3 estrelas para atributos biológicos.• Áreas convertidas em parques e jardins: Reabilitação a um nível mínimo de 2 estrelas para o atributo de funcionamento do ecossistema ou pelo menos uso sustentável sem efeito deletério sobre os ecossistemas nativos e, se possível, o fornecimento de benefícios ecológicos adicionais ao ecossistema nativo.
Atividade florestal	<ul style="list-style-type: none">• Restauração de florestas nativas para conservação da biodiversidade: restauração ecológica ao nível de 5 estrelas.• Silvicultura de espécies nativas: Restauração ecológica ao nível de 4-5 estrelas (entre ciclos de exploração da madeira).• Reflorestamento no entorno de ecossistemas nativos: restauração ecológica aspirando ao mais alto nível praticável, mas pelo menos um nível de 3 estrelas.• Reflorestamento principalmente para serviços ecossistêmicos: reabilitação no mínimo ao nível de 2-3 estrelas para o atributo funcionamento do ecossistema, ou pelo menos uso sustentável (entre ciclos de exploração) sem efeito deletério sobre os ecossistemas nativos, de preferência com benefícios ecológicos adicionais.
Pesca	<ul style="list-style-type: none">• Ecossistemas nativos com potencial para recuperação total: restauração ecológica ao nível de 5 estrelas• Ecossistemas nativos ou áreas no entorno de ecossistemas nativos com potencial apenas para recuperação parcial: Restauração ecológica buscando o mais alto nível de aspiração praticável, mas objetivando o mínimo de nível de 3 estrelas para atributos biológico• Atividades adjacentes aos ecossistemas nativos: reabilitação no mínimo ao nível de 2 estrelas para o atributo funcionamento do ecossistema, ou pelo menos uso sustentável sem efeito deletério sobre os ecossistemas nativos, de preferência com benefícios ecológicos adicionais.

Quadro 6. (continuado)

Medidas de desempenho recomendadas para atividades restaurativas em uma variedade de setores ou contextos da indústria, do governo e da comunidade. Nota: A pontuação “Estrela” refere-se ao Sistema de Cinco Estrelas descrito no Princípio 6. A menos que seja especificado de outra forma, as pontuações com estrelas nesta tabela são consideradas uma média de todas as pontuações dos 6 atributos.

SEGMENTO OU CONTEXTO	ATIVIDADE RESTAURATIVA E PADRÃO DE DESEMPENHO RECOMENDADO
<p>Túneis e corredores utilitários</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ecossistemas nativos com potencial para recuperação total: restauração ecológica ao nível de 5 estrelas • Ecossistemas nativos ou áreas no entorno de ecossistemas nativos com potencial apenas para recuperação parcial: restauração ecológica aspirando ao mais alto nível praticável, mas objetivando o nível mínimo de 3 estrelas ao menos para os atributos biológicos. • Dentro dos corredores utilitários (ecossistemas não-nativos): reabilitação no mínimo ao nível de 2 estrelas para o atributo funcionamento do ecossistema, ou pelo menos uso sustentável sem efeito deletério sobre os ecossistemas nativos, de preferência com benefícios ecológicos adicionais.
<p>Agricultura e horticultura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ecossistemas nativos com potencial para recuperação total: ideal é restauração ecológica ao nível de 5 estrelas • Recuperação da produtividade agrícola ou adoção de agricultura ecológica no entorno de ecossistemas nativos: Restauração ecológica aspirando ao mais alto nível praticável, mas pelo menos ao nível de 3 estrelas. • Ecossistemas nativos com potencial apenas para recuperação parcial: restauração ecológica aspirando ao mais alto nível praticável, mas objetivando o nível mínimo de 2 a 3 estrelas ao menos para os atributos biológicos. • Recuperação da capacidade agrícola para provisão de serviços ecossistêmicos: reabilitação no mínimo ao nível de 2 estrelas para o atributo funcionamento do ecossistema, ou pelo menos o uso sustentável sem efeito deletério sobre os ecossistemas nativos, de preferência com benefícios ecológicos adicionais.
<p>Sítios de mineração, pedreiras e para exploração (por perfuração) de petróleo e gás</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Quando ecossistemas nativos intactos ou quase intactos são impactados (ecossistemas nativos com potencial para recuperação total): restauração ecológica ao nível de 5 estrelas. • Quando ecossistemas nativos degradados são impactados (ecossistemas nativos somente com potencial para recuperação parcial): Restauração ecológica aspirando ao mais alto nível praticável, ou seja, um nível de 3 ou mais estrelas. • Impactos em unidades de paisagem já convertidas (realocadas) com baixo potencial para recuperação do ecossistema nativo: reabilitação ao nível de 1 ou 2 estrelas para o atributo funcionamento do ecossistema, ou pelo menos o uso sustentável sem efeito deletério sobre os ecossistemas nativos, de preferência com benefícios ecológicos adicionais.

SEÇÃO 3 - PADRÕES PARA A PRÁTICA DE PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A seguir são listadas as práticas padronizadas específicas usadas em: (1) planejamento e delineamento, (2) implantação, (3) monitoramento e avaliação e (4) manutenção de projetos de restauração ecológica após a conclusão, em particular quando estão envolvidos profissionais ou empreiteiros. Estes Padrões de Procedimentos incorporam totalmente o Código de Ética da SER (SER 2013). Eles são adaptáveis ao tamanho, complexidade, grau de degradação, status regulatório e orçamento de qualquer projeto, mas nem todas as etapas serão possíveis para todos os projetos. As etapas descritas nos padrões nem sempre são sequenciais. Por exemplo, os padrões incluem monitoramento após a implantação, porque a maior parte do esforço de monitoramento pode ocorrer após o tratamento; no entanto, as atividades críticas para o monitoramento devem começar antes do início do projeto, devido à necessidade de projetar planos de monitoramento, orçar e garantir financiamento e coletar dados prévios antes da implantação dos tratamentos de restauração.



1. PLANEJAMENTO E DELINEAMENTO

- 1.1 **Envolvimento das partes interessadas.** O envolvimento recíproco, subsidiado e profícuo é realizado de preferência na fase de planejamento inicial de um projeto de restauração com todos os atores envolvidos (incluindo os proprietários ou gestores de terras ou água, os interesses da indústria, os vizinhos, a comunidade local e os membros das comunidades indígenas) e continua durante toda a duração de um projeto. Tal envolvimento inclui, idealmente, a formação da população local para um compromisso com o monitoramento de longo prazo e geração e disseminação de conhecimento colaborativo. As principais etapas são:

- 1.1.1 Incluir um cronograma para o engajamento dos atores ao longo da execução do projeto. Sempre que possível, são implantados o planejamento participativo e a elaboração em conjunto do plano de restauração, e incluídas a capacitação e o treinamento da comunidade local (ver a ferramenta “Os Padrões Abertos para a Prática de Conservação”).
 - 1.1.2 Ser diligente para garantir que os direitos dos atores envolvidos, incluindo a posse da terra, sejam compreendidos e respeitados durante todo o processo de restauração.
- 1.2 **Avaliação do contexto.** Os planos e o envolvimento das partes interessadas são orientados por metas e prioridades locais e regionais de conservação e sustentabilidade, e pelo planejamento do uso e ocupação do solo, com o dever de:
 - 1.2.1 Incluir diagramas ou mapas do projeto em relação à paisagem do entorno ou ambiente aquático;
 - 1.2.2 Identificar formas de melhorar a boa conectividade entre os habitats no local de restauração e aumentar as trocas ecológicas externas benéficas deles com outros ecossistemas nativos para melhorar os fluxos e processos no nível da paisagem, incluindo a colonização e o fluxo gênico entre os locais; e,
 - 1.2.3 Especificar estratégias para garantir a continuidade do manejo futuro para alinhar e integrar o projeto com o manejo de ecossistemas nativos e paisagens produtivas próximos.
- 1.3 **Avaliação da garantia da posse do local e programação da manutenção pós-tratamento.** Antes de investir na restauração é necessário comprovar o potencial de manejo de longo prazo para conservação da área. Portanto, os planos de restauração devem:
 - 1.3.1 Identificar a garantia da posse do local para proporcionar a restauração de longo prazo e permitir o acesso contínuo apropriado para monitoramento e manejo; e,
 - 1.3.2 Identificar o plano de manutenção do local após a conclusão do projeto para garantir que o local não regreda a um estado degradado.
- 1.4 **Inventário da linha de base.** O inventário da linha de base documenta as causas, intensidade e extensão da degradação e descreve os efeitos da degradação na biota e no ambiente físico em relação aos seis atributos do ecossistema. Assim, os planos devem:
 - 1.4.1 Identificar as espécies nativas, as ruderais e as não-nativas que persistem no local, principalmente as espécies ou as comunidades ameaçadas e as espécies invasoras;

- 1.4.2 Registrar o estado das condições abióticas atuais (através de fotografias e outros meios), incluindo as dimensões, a configuração e a condição física e química de riachos, os corpos d'água, a coluna d'água, as superfícies terrestres, os solos ou quaisquer outros elementos materiais, em relação às condições anteriores ou em modificação.
- 1.4.3 Detectar o tipo e o grau dos fatores impulsionadores e ameaças que causaram degradação no local e formas de eliminá-los, mitigá-los ou adaptá-los⁵. Isso inclui a avaliação de:
- Impactos históricos, atuais e previstos dentro e fora do local (por exemplo, exploração excessiva, sedimentação, fragmentação, pragas animais e vegetais, impactos hidrológicos, contaminação, regimes de perturbação alterados) e maneiras de manejar, remover ou adaptar-se a eles;
 - Descrição das necessidades de suplementação de diversidade genética para espécies reduzidas a populações não-viáveis devido à fragmentação (ver Apêndice 1); e,
 - Efeitos atuais e previstos das mudanças climáticas (por exemplo, temperatura, precipitação, nível do mar, acidez marinha) sobre as espécies e genótipos com relação à provável viabilidade futura.
- 1.4.4 Identificar a capacidade relativa da biota no local ou externa ao local para iniciar e continuar a recuperação com ou sem assistência. Isso inclui a realização de um inventário que inclui:
- Uma lista de espécies nativas e não-nativas presumivelmente ausentes e aquelas potencialmente persistentes na forma de propágulos ou ocorrendo dentro da distância de colonização;
 - Um mapa de áreas de condições distintas, incluídas las etapas sucesionales presentes, las áreas de recuperación prioritarias y cualquiera de las áreas espaciales distintas que requieran de tratamientos diferentes;
- 1.5 **Ecosistema(s) de referência nativo(s) e modelos de referência.** Os planos identificam os ecossistemas de referência nativos considerados alvos e um modelo de referência apropriado (Princípio 3; Seção 4, Parte 1) com base em múltiplos indicadores dos seis principais

⁵ Como referência de Taxonomia de Ameaças padrão, recomenda-se consultar a Classificação de Ameaças de Padrões Abertos

atributos do ecossistema (Quadro 2; Figura 4) em um número adequado de locais de referência. Em alguns casos, as descrições de ecossistemas intactos (prístinos) podem estar disponíveis em avaliações ou modelos anteriores ou diretrizes de agências ambientais. Especificamente, os planos devem:

- 1.5.1 Documentar as características do substrato (bióticas ou abióticas, aquático ou terrestre);
 - 1.5.2 Listar as principais espécies características (representando todas as formas de crescimento de plantas e grupos funcionais da micro e macrofauna, incluindo espécies pioneiras e ameaçadas);
 - 1.5.3 Identificar os atributos funcionais do ecossistema, incluindo ciclos de nutrientes, regimes típicos de distúrbios e fluxos, trajetórias sucessionais, interações planta-animal, entre ecossistemas, e quaisquer espécies componentes dependentes de distúrbio;
 - 1.5.4 Observar quaisquer mosaicos ecológicos que requerem a adoção de vários ecossistemas de referência em um local.
 - 1.5.5 Nos casos em que os ecossistemas existentes estão sendo perturbados e depois restaurados, os ecossistemas intactos preexistentes devem ser mapeados em detalhes antes que ocorra a perturbação do local;
 - 1.5.6 Avaliar as necessidades de habitat da biota focal (incluindo requisitos mínimos de território para a vida selvagem e respostas às pressões de degradação e tratamentos de restauração).
- 1.6 **Visão, alvos, metas e objetivos.** Metas e objetivos claros e mensuráveis são necessários para identificar as ações mais apropriadas, garantir que todos os participantes tenham um entendimento comum do projeto e medir o progresso (consulte o item “Monitoramento” abaixo). Os planos devem indicar claramente:
- 1.6.1 Visão do projeto e metas ecológicas e sociais, incluindo uma descrição do local e do ecossistema nativo a ser restaurado;
 - 1.6.2 Objetivos ecológicos e sociais, incluindo o nível de recuperação ecológico buscado (ou seja, condição ou estado dos atributos do ecossistema a serem alcançados). Em casos de recuperação integral, isso se alinhará totalmente com o modelo de referência, enquanto em casos de recuperação parcial isso incluirá elementos que se desviam da referência em algum grau. As metas ecológicas devem quantificar, quando possível,

o grau dos atributos do ecossistema de referência a serem alcançados. Os objetivos sociais devem ser explícitos e realistas, considerando o prazo do projeto e o capital social disponível na área.

- 1.6.3 Os objetivos são as mudanças e resultados imediatos necessários para se cumprir as metas e o alvo em relação a quaisquer escalas espaciais distintas dentro do local. Os objetivos são declarados em termos de indicadores mensuráveis e quantificáveis para identificar se o projeto está ou não alcançando seus objetivos dentro dos prazos definidos. Além dos indicadores, os objetivos devem incluir ações, quantidades e prazos específicos.

1.7 **Prescrições de tratamento de restauração.** Os planos contêm prescrições de tratamento claramente definidas para cada área de restauração distinta, descrevendo o quê, onde e por quem os tratamentos serão realizados e sua ordem ou prioridade. Onde houver falta de conhecimento ou experiência, será necessária uma gestão adaptativa ou pesquisa direcionada que subsidie as prescrições apropriadas. Se houver incerteza, o Princípio da Precaução deve ser aplicado de forma a reduzir o risco ambiental. Os planos devem:

- 1.7.1 Descrever as ações a serem realizadas para eliminar e mitigar ou se adequar aos problemas responsáveis; e,
- 1.7.2 Identificar e justificar as abordagens de restauração específicas, as descrições de tratamentos específicos para cada área física a ser restaurada e a priorização de ações. Dependendo da condição do local, isso inclui a identificação de:
- Alterações na forma, configuração, condição química ou física dos elementos abióticos para torná-los receptivos à recuperação da biota e da estrutura e funções do ecossistema;
 - Estratégias e técnicas eficazes e ecologicamente adequadas para controlar espécies indesejáveis e para proteger as espécies desejáveis, seus habitats e o local;
 - Métodos ecologicamente apropriados para facilitar a regeneração ou conseguir a reintrodução de qualquer espécie ausente;
 - Estratégias ecologicamente apropriadas para abordar circunstâncias em que a espécie ideal ou o estoque genético não estejam imediatamente disponíveis (por exemplo, deixando lacunas para reintroduções em etapas sazonais subsequentes); e,
 - Seleção apropriada de espécies, recursos

genéticos e aquisição de material biótico a ser reintroduzido (ver Apêndice 1).

- 1.8 **Analisando a logística.** A análise do potencial de recursos para o projeto e dos riscos prováveis é necessária antes de empreender um plano de restauração. Para lidar com restrições práticas e oportunidades, os planos devem:
 - 1.8.1 Identificar possíveis fontes de financiamento, mão de obra (incluindo nível de habilidade apropriado) e outros recursos que permitirão tratamentos apropriados (incluindo o acompanhamento dos tratamentos e monitoramento), até que o local atinja uma condição estabilizada;
 - 1.8.2 Realizar uma avaliação de riscos completa e desenvolver uma estratégia de gestão de riscos para o projeto, especialmente incluindo planos de contingência para mudanças inesperadas nas condições ambientais, financiamento ou recursos humanos;
 - 1.8.3 Desenvolver um cronograma do projeto e uma justificativa para a duração do projeto (por exemplo, elaborando um fluxograma);
 - 1.8.4 Identificar maneiras de manter o compromisso com as metas, alvos e objetivos do projeto ao longo da vida do mesmo, incluindo apoio político e financeiro; e,
 - 1.8.5 Obter permissões e autorizações, e tratar das restrições legais aplicáveis ao local e ao projeto, incluindo posse da terra e reivindicações de propriedade.
- 1.9 **Estabelecendo processo para revisão do projeto.** Os planos incluem a elaboração de um cronograma e definição de prazos para facilitar:
 - 1.9.1 A revisão a ser feita pelas partes interessadas e por revisores independentes, conforme necessário; e,
 - 1.9.2 A reformulação do plano à luz de novos conhecimentos, mudanças nas condições ambientais e lições aprendidas.



2. IMPLANTAÇÃO

A fase de implantação pode ser curta ou longa, dependendo do projeto e das circunstâncias. O monitoramento e o manejo adaptativo podem ditar as intervenções da restauração no início ou após a conclusão de um estágio. Durante a fase de implantação, os projetos de restauração são gerenciados para:

- 2.1 **Proteger o local contra danos.** Nenhum dano adicional ou duradouro deve ser causado pelos trabalhos de restauração em quaisquer recursos naturais ou elementos da área terrestre ou aquática impactados pelo projeto, incluindo danos físicos (por exemplo, limpeza, soterramento do solo, pisoteio), contaminação química (por exemplo, fertilização excessiva, derramamentos de pesticidas) ou contaminação biológica (por exemplo, introdução de espécies invasoras, incluindo patógenos indesejáveis).
- 2.2 **Envolver os participantes apropriados.** Os tratamentos são compreendidos e realizados de forma responsável, eficaz e eficiente por, ou sob a supervisão de, pessoas devidamente qualificadas, habilitadas e experientes. Onde quer que seja possível, as partes interessadas e os membros da comunidade são convidados a participar da implantação do projeto. Sempre que possível, materiais e processos sustentáveis são incorporados aos projetos de restauração.
- 2.3 **Incorporar processos naturais.** Todos os tratamentos são realizados de maneira que respondam aos processos naturais e que promovam e protejam o potencial da recuperação, tanto a natural quanto a assistida. Tratamentos iniciais, incluindo substrato e aditivos hidrológicos, controle de pragas e plantas, aplicação de atividades de recuperação específicas e reintroduções bióticas são seguidos de forma adequada por tratamentos secundários, conforme necessário. Como o período de recuperação pode ser longo (por exemplo, crescimento da vegetação ripária), os tratamentos provisórios para reduzir os efeitos adversos (por exemplo, fluxos indesejáveis de nutrientes e sedimentos atingindo os cursos d'água) devem ser planejados e implantados. Todas as reintroduções de flora ou fauna deveriam receber, posteriormente, a devida manutenção.
- 2.4 **Responder às mudanças que ocorrem no local.** O manejo adaptativo é aplicado, subsidiado pelos resultados do monitoramento. Isso inclui mudanças corretivas na orientação geral das ações sendo aplicadas, para se adaptar a respostas inesperadas do ecossistema e trabalho adicional conforme necessário. Em alguns casos, pesquisas adicionais ou novas podem ser necessárias para superar impedimentos específicos afetando a restauração.
- 2.5 **Garantir a conformidade.** Todos os projetos cumprem integralmente a legislação trabalhista, de saúde e segurança. Todas as leis, regulamentos e permissões que se aplicam ao projeto, incluindo aquelas relacionadas ao solo, ar, água, oceanos, patrimônio, espécies e conservação do ecossistema, estão rigorosamente respeitados.
- 2.6 **Comunicar-se com as partes interessadas.** Todos os operadores do projeto se comunicam regularmente com as principais partes interessadas (preferivelmente por meio de um plano de comunicação que

incorpore qualquer ator ou grupo já engajado e inclua iniciativas do tipo “ciência-cidadã”), visando a uma ampla divulgação sobre o andamento do projeto, assim promovendo um engajamento benéfico. A comunicação também deve atender aos requisitos do órgão de financiamento.



3. MONITORAMENTO, DOCUMENTAÇÃO, AVALIAÇÃO E RELATÓRIOS

Os projetos de restauração ecológica adotam o princípio de observar, registrar e monitorar tratamentos e respostas para determinar se um projeto está no caminho certo para alcançar os alvos, metas e objetivos, ou se precisa de ajustes. Os projetos são avaliados regularmente quanto ao progresso, sendo analisado para ajustar os tratamentos conforme necessário (ou seja, usando uma estrutura de manejo adaptativo). As colaborações são promovidas entre pesquisadores, especialistas naquela região, restauradores e cientistas-cidadãos, especialmente onde os tratamentos são inovadores ou estão sendo aplicados em grande escala. As necessidades de monitoramento são reavaliadas ao longo do projeto e os recursos realocados ou expandidos de acordo.

3.1 Projeto de monitoramento. O monitoramento para avaliar os resultados da restauração começa na fase de planejamento, iniciando com a elaboração de um plano de monitoramento para identificar a eficácia do tratamento (ver também os Quadros Explicativos 5 e 6). Este plano inclui questões específicas a serem abordadas por meio de monitoramento, delineamento amostral para coleta dos dados iniciais, implantação e dados de pós-tratamento, procedimentos para documentar e arquivar dados coletados, planos para análise de dados e planos para comunicação de resultados para adaptar estratégias de manejo no local e informar as partes interessadas sobre as lições aprendidas.

3.1.1 O monitoramento é articulado para acompanhar o cumprimento de metas específicas e objetivos mensuráveis identificados no início do projeto. Uma vez que os indicadores são determinados, os dados iniciais (linha de base) são coletados e os marcos determinados para avaliar se a taxa de progresso está no caminho certo. Além disso, “gatilhos” ao longo desse caminho podem ser úteis; se os dados atingirem um gatilho, ações corretivas podem ser necessárias.

- 3.1.2 Os métodos de monitoramento devem ser apropriados aos objetivos do projeto. Sempre que possível, os métodos devem ser fáceis de usar e implantados por meio de processos participativos. Quando a amostragem quantitativa formal é necessária, o desenho amostral deve incluir um tamanho de amostra suficientemente grande para permitir análises estatísticas e inferências. Em todos os casos.
 - 3.1.3 Os gerentes de projeto devem estar cientes de que o monitoramento é essencial para determinar se as metas são atendidas e também para fornecer oportunidades de aprendizado. Envolver as partes interessadas no design do projeto e na coleta e análise de dados ajuda a melhorar a tomada de decisão colaborativa, fornece um senso de propriedade e engajamento, motiva as partes interessadas a manter o interesse de longo prazo e fortalece a capacidade e o empoderamento dos atores envolvidos. Qualquer sistema de monitoramento deve ter oportunidades embutidas de aprendizado e adaptação.
- 3.2 **Manutenção de registros.** Registros adequados e seguros de todos os dados do projeto, incluindo documentos relacionados ao planejamento, implantação, monitoramento e relatórios, são mantidos para subsidiar a gestão adaptativa e permitir a avaliação futura das respostas aos tratamentos. Todos os dados de tratamento, incluindo detalhes das atividades de restauração, número de sessões de trabalho e custos, juntamente com todos os registros de monitoramento de avaliação, são mantidos para referência futura. Os dados de procedência devem incluir a localização (de preferência derivada de GPS) e a descrição dos locais ou populações doadores e receptores. A documentação deve incluir referência aos protocolos de coleta, à data de aquisição, procedimentos de identificação e nome do coletor / propagador. Além disso:
- 3.2.1 Deve-se considerar a possibilidade de livre acesso aos dados, ou inclusão dos resultados em repositórios de livre acesso como o Centro de Recursos para Restauração da SER ou outras bases de dados nacionais ou internacionais; e
 - 3.2.2 Os gestores devem arquivar os dados usando um sistema seguro. Deve-se incluir metadados ou metainformações descrevendo os conteúdos de cada conjunto de dados
- 3.3 **Avaliação de resultados.** Realiza-se a avaliação dos trabalhos pela comparação entre os resultados obtidos e os alvos, metas e objetivos declarados. Esta tarefa exige a escolha de uma ferramenta especial-

izada para tal (existem várias opções, incluindo o sistema de cinco estrelas, apresentado neste documento, a ferramenta de auditoria dos padrões abertos e os métodos convencionais de avaliação ecológica).

3.3.1 O método escolhido deve avaliar adequadamente os resultados do monitoramento; e,

3.3.2 Os resultados devem ser usados para subsidiar o manejo contínuo.

3.4 **Comunicar aos atores envolvidos.** A divulgação envolve a preparação e disseminação de relatórios do progresso alcançado que detalham os resultados da avaliação para as principais partes interessadas e grupos de interesse mais amplos (por exemplo, em boletins e revistas científicas) para compartilhar com eles tanto os produtos desenvolvidos quanto os resultados obtidos, à medida que se tornem disponíveis.

3.4.1 Os relatórios devem transmitir as informações de forma precisa e acessível, adaptadas para os públicos-alvo; e,

3.4.2 Os relatórios devem especificar o nível e os detalhes do monitoramento nos quais qualquer avaliação de progresso alcançado foi baseada.



4. MANUTENÇÃO PÓS-IMPLANTAÇÃO

4.1 **Manejo contínuo.** O órgão de gestão é responsável pela manutenção continuada para evitar impactos deletérios e realizar monitoramento pós-conclusão do projeto para evitar o retorno a um estado degradado. Este requisito deve ser considerado nos orçamentos antes de iniciar as atividades de restauração. A comparação com um modelo de referência apropriado deve ser contínua e inclui:

- Vigilância periódica do local para verificar a possível recorrência de degradação, visando a proteger o investimento em restauração, idealmente envolvendo os atores interessados;
- Os protocolos de ação estão integrados às operações da organização gestora, funcionando em colaboração com as partes interessadas, conforme necessário; e,
- Comunicação contínua sobre o projeto especialmente direcionada à juventude, para assegurar o seu futuro apreço pelo projeto de restauração realizado e pelo investimento feito. Faz parte a continuação das atividades culturais que asseguram o legado do projeto e o reforço das lições

aprendidas, entre elas a necessidade de realizar projetos semelhantes em outros lugares.

PARTE 1

DESENVOLVENDO MODELOS DE REFERÊNCIA PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A prática da restauração ecológica consiste na remoção ou limitação das fontes de degradação e na intervenção antrópica no ecossistema, as duas medidas visando à sua recuperação, tanto quanto possível, à condição em que se encontraria se não tivesse sido degradado, sem perder de vista as prováveis mudanças temporais normais. Isto requer um modelo para prever tal condição, chamado de modelo de referência (Princípio 3), que é construído empiricamente a partir de múltiplas áreas de referência, e teoricamente baseado na melhor informação disponível. Este modelo deve ter em conta múltiplos atributos ecossistêmicos e suas variações dentro do ecossistema alvo, bem como a sua complexidade e dinâmica geral (ou seja, mudanças temporais). Cada uma das considerações é importante para estabelecer as metas do projeto que reflitam com precisão um ecossistema-alvo apropriado. Em alguns casos, pode ser necessário identificar múltiplos modelos de referência, por exemplo, para ecossistemas nativos sob dinâmicas de não-equilíbrio (Suding & Gross, 2006), ou modelos de referência alternativos onde ocorreram ou são previstas mudanças irreversíveis. Na prática, o processo de construção de um modelo de referência e a sua confiabilidade irão variar, com base tanto nos recursos para o projeto quanto na disponibilidade de informação ecológica relevante. A informação pode estar prontamente disponível ou ser obtida para alguns ecossistemas nativos (por exemplo, áreas florestadas do oeste da América do Norte, onde dados do LiDAR permitem a criação de

modelos de referência na escala da paisagem; Wiggins et al., 2019), enquanto para outros, as áreas de referência e os dados podem ser escassos (por exemplo, ecossistemas florestais costeiros ameaçados do Chile, dos quais apenas poucos fragmentos de florestas ainda restam; Echeverria et al., 2006). Na maioria das vezes, os atores envolvidos e gestores de projetos terão que lidar com as lacunas nas informações ou recursos disponíveis, usando a opinião de profissionais. Em todos os casos, a melhor informação disponível deve ser combinada com um sólido trabalho de investigação (Swetnam et al. 1999) para desenvolver modelos ótimos de previsão de como seria a condição do sistema se a degradação não tivesse ocorrido.

A construção de modelos de referência idealmente incorpora um conjunto amplo de atributos dos ecossistemas, incluindo: ausência de ameaças, composição de espécies, estrutura da comunidade, condições físicas, funcionamento do ecossistema, e trocas externas (Princípio 3). Alguns destes atributos, como a estrutura da comunidade (isto é, a arquitetura com respeito a estratos da vegetação, níveis tróficos, e padrões espaciais) e a composição de espécies (ou seja, tipos de espécies presentes) são de acesso relativamente direto, enquanto outros, tais como funções ecossistêmicas, são mais complexos, mas igualmente importantes. Os organismos interagem com o seu ambiente e com outros organismos em modos complexos, que resultam em fluxos de energia, nutrientes, água, e outros materiais, designados por funções ecossistêmicas. Além de sustentarem a integridade ecológica, as funções ecossistêmicas provêm os serviços necessários para a vida (por exemplo, alimento, fibras, água, medica-

mentos) e a sua inclusão em modelos de referência é essencial. Além disso, no desenvolvimento de referências, é importante ter em conta os atributos físicos dos ecossistemas e os auxílios ecológicos (por exemplo, sementes e propágulos) que fluem entre ecossistemas, já que representam o contexto em que as interações entre espécies ocorrem.

Além de incorporar componentes individuais de ecossistemas, os modelos de referência devem refletir a complexidade do ecossistema e as relações entre os seus componentes (Green & Sadedin, 2005). Os ecossistemas são compostos tanto de organismos vivos (componentes bióticos) como de componentes não vivos (abióticos) que interagem de maneiras complexas. Por exemplo, as plantas e os solos estão estreitamente ligados por meio de um sistema de biorregulação (Perry, 1994). As plantas afetam diretamente as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Portanto, o tipo de plantas que cresce em um ecossistema afeta os solos em todos os aspectos no sistema. De forma semelhante, as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo afetam os tipos de plantas que ocorrem em uma área. Essas relações e biorregulação não são exclusivas dos ecossistemas terrestres. Em sistemas aquáticos, a produtividade primária (na qual a energia é fixada via fotossíntese) está estreitamente ligada com a produtividade em níveis tróficos superiores e direciona toda a estrutura trófica da cadeia alimentar (Vander Zanden et al. 2006). Embora seja impossível considerar explicitamente todo o conjunto de componentes e interações num ecossistema, o modelo de referência deve ser desenvolvido com a ambição de incluir tantos componentes e interações quanto possível e viável, e no mínimo deve incluir indicadores para cada um dos atributos chave dos ecossistemas identificados no Princípio 3. Os projetos que destacam um número limitado de fatores, tais como aqueles que se focam num único serviço ecossistêmico, podem ter um potencial limitado para restaurar a complexidade geral do ecossistema. Por

outro lado, projetos que incorporem muitos fatores nos seus modelos de referência e objetivos, terão maior probabilidade de restaurar ecossistemas que, ao final, protejam a biodiversidade, promovam a resiliência ecológica e proporcionem maiores taxas de serviços ecossistêmicos no longo prazo.

INCORPORANDO AS MUDANÇAS HISTÓRICAS E FUTURAS

Os ecossistemas respondem a mudanças nas condições ambientais, o que adiciona complexidade à restauração ecológica e a outros tipos de manejo de ecossistemas. Para levar em conta a mudança temporal, o modelo de referência é concebido como a condição em que o ecossistema alvo estaria na ausência de degradação, antecipando ao mesmo tempo mudanças futuras. Ele não representa uma condição do passado. A informação histórica pode ser útil na construção de modelos de referência, principalmente se na atualidade não estiverem disponíveis áreas de referência. Contudo, ao usar dados históricos para desenvolver os modelos de referência, deve sempre ser levado em conta o grau de mudança ambiental de fundo que ocorreu (por exemplo, mudanças de temperatura, precipitação e solos) ou que é previsto que ocorra (por exemplo, mudanças climáticas), bem como o quanto o modelo de referência deve ser ajustado para acomodar tais mudanças (ver também Quadro Explicativo 2 e Apêndice 1).

As mudanças no ecossistema são originadas por fatores que são externos ao mesmo, tais como o clima, mas também por meio de processos sucessionais, e muitos tipos de ecossistemas exibem estádios sucessionais múltiplos. Por isso, o estágio sucessional do local em restauração deve ser considerado na seleção de áreas de referência. Por exemplo, os ecossistemas em estágio sucessional avançado (como florestas de 1.000 anos de idade) são provavelmente áreas inadequadas de referência para as fases iniciais de restauração de áreas flor-

estais em início de sucessão, embora sejam úteis para informar o modelo de referência multifases e de longo prazo, bem como para o estabelecimento de objetivos de longo prazo. Além disso, para algumas áreas pode haver múltiplos resultados potenciais da sucessão, dependendo de eventos casuais como distúrbios naturais ou a ordem de chegada de espécies (Chase 2003). A incorporação da dinâmica de equilíbrio nos modelos de referência torna o planejamento da restauração claramente mais complexo, mas irá facilitar o sucesso do projeto, dando aos gestores uma perspectiva mais informada sobre os resultados adequados do projeto. Ou ainda, quando um dos vários estados estáveis potenciais não for desejado, esta abordagem pode ajudar os gestores a evitar cadeias de resposta que conduziriam o sistema na direção indesejada (por exemplo, manejando a ordem de introdução de espécies ou removendo espécies que provavelmente empurrarão o sistema na direção não desejada).

ÁREAS DE REFERÊNCIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÕES

Como não há dois locais idênticos, a prática recomendada é usar múltiplas áreas de referências e outras informações, para desenvolver o modelo de referência. O inventário de apenas um local irá capturar apenas uma fração do conjunto regional de espécies e provavelmente não representará a condição média do ecossistema alvo. Os ecossistemas que são altamente heterogêneos necessitarão de mais áreas de referências do que aqueles que são mais homogêneos. No entanto, devido ao alto grau de alteração de terras em nível global, muitos ecossistemas podem não ter um número adequado de áreas de referências, e neste caso os restauradores terão que se basear em modelos de sucessão e outras fontes de informação, como descrito abaixo.

Além das informações de áreas de referência, as

informações do levantamento inicial de base do local, e de fontes secundárias indiretas, podem ajudar a determinar as condições de referência (Clewell & Aronson 2013; Liu & Clewell 2017). Tais fontes secundárias, embora imperfeitas, podem ainda ajudar na orientação do planejamento da restauração (Egan & Howell 2011). Por exemplo, a informação histórica obtida de arquivos naturais e registros culturais podem fornecer informações valiosas. Um arquivo natural importante, por exemplo, são os anéis de crescimento anual em árvores mais velhas, que podem revelar incidências passadas de secas e fogo. As sementes velhas e outros fragmentos de plantas armazenados por roedores em cavernas podem frequentemente ser identificados até o nível de espécies. O banco de sementes, assim como depósitos de pólen no solo e sedimentos podem ser usados para identificar espécies de plantas que ocorreram em um local. Troncos de árvores, detritos lenhosos grandes e carvão enterrado em solo úmido ou sedimentos podem ser escavados, identificados ao nível de espécies, e revelar condições de crescimento antigas que desapareceram há muito tempo. Registros culturais englobando fotografias (incluindo fotografias aéreas e repetidas), pinturas de paisagens, mapas, diários e livros e levantamentos topográficos são fontes possíveis de informação sobre as condições históricas da vegetação. Descrições antigas de espécies em levantamentos florísticos locais incluem geralmente informações sobre o habitat. Etiquetas de espécimes em herbários e museus identificam espécies registradas em locais específicos há muitos anos, e algumas vezes listam outras espécies ocorrendo junto com elas. No entanto, a utilização de qualquer uma destas fontes de informação histórica deve ser cuidadosa, pois as condições históricas podem ser preditores inadequados das atuais. Além disso, os arquivos naturais e documentos culturais têm, cada um, seus próprios viesamentos e limitações que afetam as inferências. Finalmente, existem poucos ecossistemas para os quais as condições históricas são completamente

conhecidas. Mesmo para locais onde os dados estão disponíveis, as informações são limitadas a um ou a poucos componentes ou processos do ecossistema.

Outras fontes de informação que são cruciais para o desenvolvimento de modelos de referência incluem o conhecimento ecológico tradicional e local (CET e CEL; por ex., Zedler & Stevens 2018), e as bases de dados e ferramentas que caracterizam as propriedades do ecossistema (por exemplo, descrições de solo, distribuição de espécies raras). Se apenas algumas espécies são identificáveis a partir destas fontes indiretas de informação, um ecólogo familiarizado com a história natural da região pode frequentemente determinar a condição estimada do ecossistema na ausência de degradação, e deduzir a composição de espécies. Os planos de implantação podem ser preparados a partir de descrições de exemplos existentes do mesmo tipo de ecossistema.

O investimento adequado no desenvolvimento do modelo de referência é uma consideração importante no planejamento e orçamento de um projeto. A qualidade do modelo de referência irá variar entre projetos, dependendo dos recursos alocados e locais e informações disponíveis. Os atores envolvidos e os gestores de projetos devem almejar em criar o melhor modelo possível dentro das limitações do projeto. Note que, em algumas jurisdições, os modelos de referências podem já ter sido desenvolvidos para alguns ecossistemas.

PARTE 2

IDENTIFICANDO ABORDAGENS APROPRIADAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Durante milhões de anos, os processos de recuperação natural têm reparado autogenicamente locais que foram naturalmente perturbados, tanto em ambientes terrestres como aquáticos (por exemplo, vulcões, deslizamentos de terras, glaciações, impactos de asteroides, mudanças de nível do mar, tsunamis, erosão de margens de rios (Matthews

1999). Embora o padrão sequencial de recuperação (isto é, a sucessão) difira entre ecossistemas, todas as espécies nativas desenvolveram provavelmente alguma capacidade de recuperação após distúrbios ou estresses aos quais se adaptaram (Holling 1973; Westman 1978). Compreender como os processos de recuperação operam em casos de distúrbios naturais, pode ajudar a desenvolver estratégias para a restauração da degradação causada pelo homem (Cairns et al. 1977; Chazdon 2014). A avaliação correta da capacidade de regeneração de espécies individuais em locais específicos facilita a seleção de abordagens e tratamentos apropriados, permitindo assim o uso eficiente de recursos financeiros e outros contributos para a restauração (McDonald 2000; Martínez-Ramos et al. 2016).

Um primeiro passo na definição de estratégias de restauração eficazes é identificar as restrições (algumas vezes referidas como “filtros” ou “barreiras”) que impedem a recuperação do ecossistema (Hobbs & Norton 2004; Hulvey & Aigner 2014). Tais limitações deverão incluir, obviamente, as causas antropogênicas da degradação, mas também as consequências das mesmas, tais como condições inadequadas de substrato, ausência ou alteração de nichos, falta de recursos, herbivoria, competição, indisponibilidade de propágulos, ou ausência de gatilhos ambientais para quebrar a dormência de sementes. Ao abordar as restrições que impedem a regeneração natural, sem introduzir outras limitações, os processos naturais que operam ao longo de uma escala de tempo evolucionária poderão ser restabelecidos, de modo a dar suporte à recuperação do local perturbado (por exemplo, revegetação a partir de propágulos armazenados; McDonald 2000; Prach & Hobbs 2008).

A **regeneração natural**, algumas vezes referida como restauração “passiva”, é frequentemente a abordagem mais eficaz em termos de custo quando o potencial de recuperação natural é alto. No entanto, quando o potencial de regeneração natural

está ausente ou é baixo, geralmente é necessário restabelecer ou reforçar organismos ou populações exauridas, por meio de métodos mais ativos, tais como a **regeneração assistida** ou **reconstrução**, às vezes referida como restauração “ativa”. Todas as três abordagens utilizam processos naturais de regeneração e requerem manejo adaptativo constante até que a recuperação total seja alcançada.

1. Regeneração natural (ou espontânea).

Quando os danos são relativamente baixos e a camada superficial do solo é retida, ou onde existem intervalos de tempo suficientes e populações vizinhas que permitem a recolonização, as plantas e os animais podem ser capazes de recuperar sozinhas, após a interrupção de certos tipos de degradação (Prach et al. 2014; Chazdon & Guariguata 2016). Isso pode incluir a remoção da contaminação, pastoreio inadequado, pesca em excesso, restrição dos fluxos de água, e regimes de fogo inapropriados. As espécies animais podem ser capazes de recolonizar o local se houver conectividade de habitat suficiente, e as espécies de plantas podem recuperar por meio de rebrota, germinação do banco de sementes remanescentes, ou pelas sementes que se dispersam naturalmente de áreas vizinhas (Grubb & Hopkins 1986; Powers et al. 2009). Em alguns casos, a regeneração natural também pode ser usada mesmo em locais muito perturbados, tais como pedreiras e minas abandonadas, embora isso provavelmente seja um processo de longo termo (Prach & Hobbs 2008).

2. Regeneração assistida. A restauração em locais com níveis intermediários ou mais altos de degradação requer a remoção das causas de degradação e intervenções ativas para corrigir danos abióticos e bióticos, e desencadear a recuperação biótica (por exemplo, pela imitação dos distúrbios naturais ou pela provisão de recursos chave). Exemplos de intervenções bióticas incluem: a remediação ativa das condições físicas ou químicas do substrato; a construção de estruturas de habitat, tais como

recifes de crustáceos e moluscos (O’Beirn et al. 2000); a remodelação de cursos d’água (Jordan & Arrington 2014) e de formas de relevo (Prach & Hobbs 2008); o restabelecimento de fluxos ambientais e de passagens de peixes em estuários e rios (Kareiva et al. 2000); a aplicação de distúrbios artificiais para quebrar a dormência de sementes (Mitchell et al. 2008); e, a instalação de recursos de habitat tais como troncos ocos, rochas, pilhas de detritos lenhosos, micro nichos de solos e poleiros (Elgar et al. 2014; Castillo-Escrivà et al. 2019). Exemplos de intervenções bióticas incluem: o controle de espécies invasoras (Saunders & Norton 2001; Chazdon et al. 2017); a **reintrodução** suplementar de espécies que não conseguem migrar para a área em restauração sem assistência (por exemplo a **renaturalização** de animais ou a reintrodução de espécies arbóreas com sementes muito grandes); e o **aumento** ou **reforço** de populações exauridas com diversidade genética insuficiente (ver também o Apêndice 1).

3. Reconstrução. Quando o dano é alto, não só devem ser removidas ou revertidas todas as causas de degradação e corrigidos os danos bióticos e abióticos para se adequar ao ecossistema de referência nativo identificado, mas também tem de ser reintroduzida toda ou grande parte de sua biota desejável, sempre que possível (Bradshaw 1983; Seddon et al. 2004). A biota pode então interagir com os componentes abióticos para impulsionar a recuperação dos atributos do ecossistema. Em casos em que a recuperação sequencial seja uma característica do ecossistema, ou que ela seja necessária (por exemplo, para ajudar na recuperação de solos), espécies sucessionais iniciais devem ser reintroduzidas antes das tardias (Temperton et al. 2004). Contudo, em ecossistemas que não exibem tais padrões sucessionais, pode ser necessário reintroduzir todas as espécies desde o início (por exemplo, Rokich 2016).

Um **mosaico das três abordagens** pode ser combinado e, portanto, mapeado, quando existem

diferentes níveis de degradação ao longo do local, ou como uma técnica para aumentar a eficiência e diminuir os custos (Bradshaw 1983; Walker 2011), principalmente em áreas maiores. Isto é, enquanto algumas partes do local podem requerer uma abordagem baseada na regeneração natural, outras podem exigir uma abordagem de regeneração assistida, e outras uma abordagem de reconstrução, ou combinações, conforme apropriado. Uma abordagem combinada é a da **nucleação aplicada**, que envolve o plantio de pequenas manchas de vegetação (geralmente árvores) que atraem dispersores e facilitam o estabelecimento de novas plantas, expandindo a área florestada ao longo do tempo. A nucleação aplicada tem mostrado resultados promissores na restauração de aterros sanitários (Corbin et al. 2016), de bosques mediterrâneos (Rey-Benayas et al. 2008), de florestas tropicais (Corbin & Holl 2012; Holl et al. 2017), e outros ecossistemas. A decisão sobre a abordagem apropriada ou uma combinação delas não é sempre prontamente evidente. O conhecimento e a experiência são importantes para avaliar o grau de potencial de regeneração natural presente e se esse potencial pode responder a formas específicas de assistência (e em tempo oportuno). Quando o conhecimento específico não está disponível, é apropriado adotar uma abordagem de manejo adaptativo de modo a compreender a eficácia de diferentes tipos de regeneração (por exemplo, deixando passar alguns anos para avaliar a taxa de regeneração natural, antes de decidir a melhor abordagem; Holl et al. 2018). Responder às condições do local desta forma garantirá níveis ideais de similaridade entre o resultado da restauração e as condições definidas pelo modelo de referência.

PARTE 3.

O PAPEL DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NAS INICIATIVAS GLOBAIS DE RESTAURAÇÃO

Nos últimos 30 anos, a restauração ecológica cresceu da implantação em pequena escala para

uma estratégia primordial para a conservação de biodiversidade e a melhoria do bem-estar humano em grandes áreas na paisagem. Quando a visão da restauração excede a escala de pequenas manchas na paisagem, as metas e as abordagens de restauração também têm de ganhar escala (Princípio 7). Os padrões da paisagem (relações espaciais entre tipos de ecossistemas) e os processos à escala da paisagem (por exemplo, fluxo de água, erosão, fluxos de nutrientes, mudanças no uso da terra) são importantes atributos a se considerar (Holl et al. 2003). Em escalas maiores, a diversidade maior de ecossistemas, atores envolvidos e de usos da terra pode resultar em objetivos conflitantes, mas também pode gerar soluções em comum. Consequentemente, a restauração nesta escala deve ser focada em fornecer benefícios múltiplos, complementares e integrados para os ecossistemas e os atores envolvidos.

INICIATIVAS GLOBAIS DE RESTAURAÇÃO

A crescente consciência da necessidade de reparação ambiental e sociocultural tem levado a um aumento global da restauração ecológica e das atividades restaurativas associadas (Introdução, Princípio 7). No entanto, a degradação tem continuado quase de forma inabalável, e a necessidade de evitar e combater os efeitos dessa degradação é cada vez mais urgente. Com este propósito, várias iniciativas e acordos de restauração em larga escala têm sido lançados o nível global, para promover um amplo espectro de ações de **manejo de ecossistemas e soluções baseadas na natureza** (Quadro Explicativo 10). Dentro de muitas dessas iniciativas e acordos a restauração é definida de forma mais ampla (por exemplo, a Restauração de Paisagens e Florestas¹⁰ (FLR), e inclui todas as atividades ao longo do *continuum* restaurativo (Princípio 8). Essas iniciativas são focadas, sobretudo, na melhoria da saúde ecológica e da

¹⁰ N.T.: A tradução mais adequada para *Forest Landscape Restoration* (FLR) é Restauração de Paisagens e Florestas, justamente para incluir ecossistemas não-florestais.

INICIATIVAS GLOBAIS DE RESTAURAÇÃO

- Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) para 2030 apelam à restauração de ecossistemas marinhos e costeiros (Objetivo 14), bem como florestas e outros ecossistemas que tenham sido degradados (Objetivo 15). Em 1o de Março de 2019, em apoio a uma ampla gama de ODS e a muitas das iniciativas citadas a seguir, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o período de 2021 até 2030 como a Década da Restauração de Ecossistemas. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o Fórum Global de Paisagens (GLF) e a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), entre outras iniciativas, devem liderar os programas de implantação e o intercâmbio de conhecimento previstos para a referida Década da Restauração de Ecossistemas.
- A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) estabelece a meta de restaurar 15% dos ecossistemas degradados até 2020 para mitigar os impactos das mudanças climáticas e combater a desertificação (Meta 15 de Biodiversidade de Aichi), e considera a restauração ecológica como chave para prover serviços ecossistêmicos essenciais (Meta 14 de Biodiversidade de Aichi). A CDB adotou um Plano de Ação de Curto Prazo para a Restauração de Ecossistemas (CBD 2016), e espera-se que a restauração desempenhe um papel ainda mais relevante à medida que expirem as metas atuais de biodiversidade estabelecidas em Aichi, e novas metas sejam propostas no processo de revisão no âmbito do Marco Estratégico da Biodiversidade Pós-2020. A CDB (2018) também incentiva as partes a intensificar seus esforços “(...) para identificar regiões, ecossistemas e componentes da biodiversidade que são ou se tornarão vulneráveis às mudanças climáticas (...)”, a fim de promover a restauração de ecossistemas e o manejo sustentável pós-restauração”
- A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (CNUCD) promove a restauração e reabilitação de terras como parte do quadro estratégico 2018-2030 da CNUCD, e especificamente para atingir a Neutralidade da Degradação de Terras (LDN; Orr et al. 2017), na qual “a quantidade e qualidade de recursos terrestres necessários para sustentar as funções e serviços do ecossistema e aumentar a segurança alimentar permanecem estáveis ou aumentam dentro das escalas temporais e espaciais e dos ecossistemas definidos” (UNCCD 2017). As zonas áridas (drylands) atuais e futuras sob mudanças climáticas serão altamente vulneráveis, exigindo uma colaboração mais forte entre as três Convenções do Rio (CDB, CNUCD, Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima [N.T.: CQNUMC no Brasil; CQNUAC, na versão lusófona]) sobre como evitar, reduzir e reverter a degradação de terras com o apoio de práticas de manejo sustentável da terra, considerando os mandatos específicos de cada Convenção (Akhtar-Schuster et al. 2017; Chasek et al. 2019).
- A Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES 2018) promove a “restauração de terras”, incluindo atividades como recuperação da produtividade agrícola, adoção de melhores práticas agrícolas e outras atividades de uso sustentável. O

Relatório de Avaliação Global sobre Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos do IPBES para 2019 (<https://www.ipbes.net/global-assessment-biodiversity-ecosystem-services>) relata que cerca de um milhão de espécies de animais e plantas estão ameaçadas de extinção, muitas em questão de décadas, algo sem precedentes na história humana. A perda de biodiversidade não é apenas uma questão ambiental, mas também de desenvolvimento econômico, de segurança social e moral. Ações de restauração e de mitigação das mudanças climáticas baseadas no uso da terra são consideradas elementos-chave da mudança transformadora necessária para evitar extinções de massa e a subsequente perda de serviços ecosistêmicos.

- A maior e mais diversificada iniciativa de restauração em larga escala é o Desafio de Bonn, lançado pelo Governo da Alemanha e pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), e posteriormente endossado e estendido pela Declaração de Nova Iorque sobre Florestas (Meta 5). Este esforço global visa a trazer 150 milhões de hectares de terras desmatadas e degradadas para o processo de restauração até 2020 e 350 milhões de hectares até 2030. O Desafio de Bonn galvanizou compromissos nacionais e subnacionais de alto nível de 58 governos e gestores de terras, totalizando mais de 170 milhões de hectares, para identificar oportunidades e implantar atividades restaurativas usando a abordagem da Restauração de Florestas e Paisagens (FLR).
- Em apoio ao Desafio de Bonn, uma série de iniciativas regionais têm vindo a reunir países para compartilhar compromissos, conhecimento, ferramentas e capacidades relativos a FLR. Na América Latina, isso inclui a Iniciativa 20x20, que tem como meta trazer 20 milhões de hectares de terras degradadas para o processo de restauração até 2020. De modo semelhante, a Iniciativa Africana de Restauração de Florestas e Paisagens (AFR100) é um esforço liderado pelos países para trazer 100 milhões de hectares de terras degradadas para o processo de restauração até 2030. Ambas 20x20 e AFR100 superaram suas metas de hectares comprometidos. Os 17 países que apoiam o Desafio de Bonn por meio da 20x20 se comprometeram com 50 milhões de hectares e os 28 países que apoiam a AFR100 se comprometeram com 113 milhões de hectares até o presente. Adicionalmente a estas iniciativas, existem plataformas regionais emergindo no Cáucaso e na Ásia Central, Europa e Sudeste Asiático, bem como diversos outros compromissos de larga escala com FLR por todo o mundo nas esferas nacionais e subnacionais.
- Atividades restaurativas adicionais são propostas ou promovidas como parte de projetos de REDD+ (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal) nos níveis nacionais e subnacionais, como parte das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) para a CQNUMC, pelo Fórum Global de Paisagens e através de milhares de projetos em escalas local, regional e nacional ao redor do mundo.

produtividade das paisagens como suporte ao bem-estar atual e futuro das pessoas, na proteção da biodiversidade, redução de risco de desastres e mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Para algumas iniciativas, a restauração é vista como um método para melhorar o acesso aos recursos naturais e à sua sustentabilidade. Outros reconhecem o potencial da restauração para catalisar as economias rurais, gerar empregos e rendimento, e melhorar a segurança alimentar e hídrica, entre outros objetivos. Esses resultados não são necessariamente mutuamente exclusivos. De fato, quando o acesso justo aos recursos naturais e o seu uso sustentável são resultado de programas de restauração em larga escala, vários outros objetivos globais são também alcançados.

ABORDAGENS DE RESTAURAÇÃO DE PAISAGENS

Muitas iniciativas de restauração em grande escala incluem oportunidades de empregar as abordagens da restauração da paisagem. A restauração da paisagem envolve práticas baseadas nos princípios tanto da Ecologia da Paisagem como na Ciência da Sustentabilidade Paisagística (CSP, Frazier et al. 2019), em que uma “paisagem” é vista como um sistema socioecológico. A CSP é focada em melhorar a relação dinâmica entre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano, na mudança das condições sociais, econômicas e ambientais.

Consistente com a definição de sustentabilidade da paisagem (Wu 2013), a **restauração da paisagem** pode ser definida como um processo planejado que visa a recuperar a integridade ecológica ao nível de paisagens inteiras, e a capacidade de uma paisagem de fornecer serviços ecossistêmicos específicos no longo prazo, essenciais para melhorar o bem-estar humano. Do mesmo modo, a restauração da paisagem envolve alvos e metas tanto ecológicas como sociais (Princípio 1). Abordagens adicionais para a restauração em larga escala incluem o conceito de

Paisagens Multifuncionais Sustentáveis, que são “paisagens” criadas e manejadas para integrar a produção humana e o uso da paisagem na estrutura ecológica de uma paisagem, mantendo as funções críticas do ecossistema, os fluxos de serviços e a retenção da biodiversidade (O’Farrell & Anderson 2010).

A condução de atividades de restauração de paisagens requer um entendimento profundo da composição, estrutura e função da paisagem, e a ligação entre integridade ecológica e atendimento às necessidades humanas (Wu 2013). Esses atributos da paisagem variam desde aqueles que são considerados para a restauração ecológica no nível local (composição, estrutura e função no nível do ecossistema ou da comunidade, como também nos níveis mais baixos da hierarquia biológica (espécies, genes) (Princípio 7). A restauração da paisagem envolve ações em níveis hierárquicos acima da escala do ecossistema, e uma consideração explícita dos tipos e proporções dos ecossistemas dentro da paisagem, a organização espacial das unidades, e a ligação entre composição, estrutura e funcionamento da mesma. A restauração das funções, fluxos de energia, nutrientes e outros auxílios através da paisagem pode ser tão importante quanto a restauração da composição e estrutura em alguns casos, especialmente para o fornecimento de serviços ecossistêmicos específicos. Por exemplo, a restauração de processos hidrológicos e do movimento da água entre ecossistemas é fundamental para a regulação da vazão de cursos d’água, que é um dos serviços ecossistêmicos que frequentemente despertam atenção na restauração. O planejamento e a execução de projetos de restauração na escala da paisagem requerem uma avaliação da degradação ecológica e necessidade de restauração também na mesma escala, incluindo biodiversidade e serviços ecossistêmicos e as compensações entre eles. As atividades de restauração de paisagem devem ser concentradas em locais estratégicos, com benefícios ecológicos e sociais equilibrados (Doyle & Drew

2012), e fornecidos por toda a bacia hidrográfica e além dela (IUCN e WRI 2014; Liu et al, 2017).

Os governos estão frequentemente envolvidos em programas de restauração de paisagem com alianças de administrações locais e grupos de partes interessadas. As plataformas de envolvimento das partes interessadas são desenvolvidas por várias razões importantes, incluindo o desenvolvimento de um senso de responsabilidade pela paisagem, e para enfatizar como os diferentes atores envolvidos veem o potencial de restauração e seus custos e benefícios. No entanto, a menos que os processos liderados pelos atores envolvidos sejam consistentes com os conceitos da ciência da sustentabilidade da paisagem, o balanço chave entre os serviços desejados pelos atores envolvidos, a biodiversidade e a integridade ecológica podem não ser considerados, e as paisagens podem ser degradadas ainda mais. O manejo de compensações para maximizar a sustentabilidade da paisagem é crítico; do mesmo modo que a efetividade em longo prazo de programas nacionais de restauração requer considerações acerca das necessidades das próximas gerações, e opções para melhoria da sustentabilidade futura sob condições de mudanças climáticas.

As ferramentas de apoio à tomada de decisão podem ajudar a definir e mapear a degradação, estabelecer objetivos da restauração, e a discernir balanços e sinergias entre ações ou abordagens de restauração potenciais, identificando oportunidades de restauração (IUCAN e WRI 2014; Hanson et al. 2015; Chazdon & Guariguata 2018; Evand & Guariguata 2019). Além do mais, a integração das informações sobre biodiversidade; a modelagem de distribuição de espécies, e de adequação ao habitat na escala da paisagem podem ajudar a identificar áreas onde a restauração ecológica possa reduzir ameaças a espécies, ou restaurar ativamente suas populações ou habitat (Beatty et al. 2018a). Análises econômicas e de cenários baseados na oferta de serviços ecossistêmicos e nos benefícios da

biodiversidade podem também ajudar a entender a efetividade econômica e os custos totais de ações específicas de restauração em áreas particulares. Ferramentas adicionais de suporte à decisão são, no entanto, extremamente necessárias para avaliar o fornecimento de serviços ecossistêmicos selecionados, e o balanço entre ganhos ecológicos e sociais, e ainda os resultados socioeconômicos, tais como meios de subsistência e segurança alimentar (Beatty et al. 2018b).

Uma maneira importante de avançar na ciência, prática e nas políticas de restauração de paisagens é por meio do desenvolvimento e promoção de cooperação bilateral e multilateral entre os países e dentro deles. Uma análise bibliométrica mostrou um aumento significativo de publicações sobre restauração ecológica em países em desenvolvimento (por exemplo, China e Brasil entre 1988 e 2017; Guan et al, 2019). O compartilhamento de experiências e conhecimento, o cofinanciamento e o codesenvolvimento de novos conhecimentos para políticas e práticas mais efetivas devem ser encorajados entre regiões (Liu et al. 2019), e a **cooperação sul-sul** é igualmente importante para a partilha de informações, tanto em países em desenvolvimento como os recentemente industrializados (Liu et al 2017).

A **Restauração de Paisagens e Florestas (FLR)**, a principal abordagem por trás do Desafio de Bonn e outras iniciativas globais de restauração, tem aumentado a conscientização sobre a necessidade tanto da restauração como de outras atividades associadas, na escala da paisagem. Contudo, as atividades implantadas sob a abordagem de Restauração de Paisagens e Florestas não são necessariamente equivalentes à restauração ecológica - uma situação que tem contribuído para uma confusão sobre o conceito de restauração. Embora a Restauração de Paisagens e Florestas (FLR) seja definida como “um processo que visa a recuperar o funcionamento ecológico e a melhora do bem-estar humano em paisagens desflorestadas ou degradadas”

(Besseau et al 2018), a restauração ecológica é apenas uma de muitas atividades possíveis dentro desta abordagem. Na verdade, os programas de FLR compreendem uma série de atividades que se alinham no “*Continuum Restaurativo*” descrito no Princípio 8 (isto é, redução de impactos, remediação, reabilitação e restauração ecológica), incluindo a conservação de áreas protegidas existentes e o aumento de sustentabilidade em áreas primariamente de produção econômica. É importante salientar que a FLR não dá necessariamente mais valor a um tipo de atividade do que a outro, dentro do *continuum*. A restauração ecológica, por exemplo, não é vista como uma opção inerentemente melhor do que a agricultura ecológica ou a agrossilvicultura. Contudo, muitos restauradores de FLR veem a restauração ecológica como uma componente-chave de todo projeto que usa esta abordagem, e reconhecem que áreas primariamente devotadas à produção econômica, especialmente paisagens agrícolas degradadas, têm uma enorme necessidade social, econômica e ecológica por intervenção. A aplicação de uma abordagem integrada e holística para conservar e reparar ecossistemas tem maior probabilidade de alcançar melhorias diretas no bem-estar humano, de forma eficaz e equitativa, numa abordagem similar à do programa de Neutralidade de Degradação de Paisagens da UNCCD (Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação). A seleção de atividades dentro da FLR é, no entanto, baseada em muitos fatores, incluindo como a ação mitiga a degradação e como pode apoiar e os objetivos definidos pelos atores envolvidos (por exemplo, resiliência climática, segurança alimentar e hídrica, conservação da biodiversidade). A FLR tem sido interpretada de diferentes maneiras (Mansourian 2018), levando a diferentes construções (por exemplo, salvaguarda da biodiversidade, redução da degradação do solo, suporte à produção sustentável de madeira). e A transparência e uma comunicação clara, juntamente com flexibilidade para implantar uma diversidade de ações restaurativas em uma paisagem são, portanto, a chave para uma implantação bem-sucedida.

Tanto a FLR como o Desafio de Bonn recebem um amplo apoio político, que são mecanismos de implantação importantes para o atingimento dos objetivos das Convenções do Rio (CBD, UNCCD, UNFCCC), bem como dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas e de muitas iniciativas nacionais, continentais e regionais. A FLR permitiu que os países e outros atores visualizassem a reparação do ecossistema e da paisagem através das diferentes lentes sociais, econômicas e ecológicas que esta abordagem fornece. A FLR tem dado importantes contribuições para as Metas de Aichi (Beatty et al. 2018c). Além disso, o envolvimento de formuladores de políticas públicas de alto nível nos eventos ministeriais do Desafio de Bonn resultaram em apoio à declaração da Década da Restauração de Ecossistemas das Nações Unidas (2021-2030). A preocupação de que a FLR seja restaurativa, e que não crie incentivos perversos e danos colaterais, levaram ao desenvolvimento dos Princípios da FLR, que preconizam a restauração de múltiplas funções conjuntamente e a manutenção e a melhoria dos ecossistemas nativos (Quadro Explicativo 11).

CONCLUSÃO

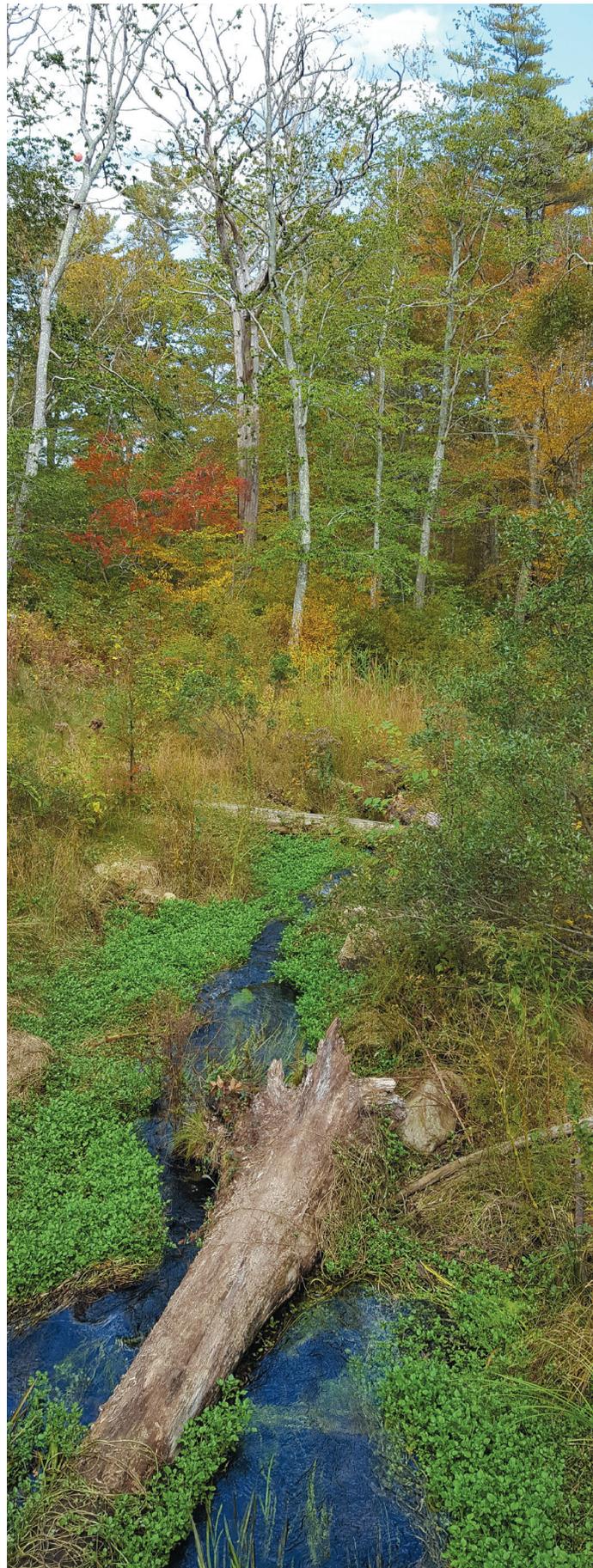
O mundo está entrando numa era da restauração ecológica, com governos em todo o mundo assumindo compromissos impressionantes de restaurar áreas e paisagens degradadas por meio de uma ampla gama de atividades restaurativas, incluindo a restauração ecológica, tanto na escala do ecossistema como da paisagem. A restauração ecológica é cada vez mais reconhecida como uma ferramenta crítica para a mitigação e adaptação aos efeitos dos desastres ambientais e aos impactos das mudanças climáticas. Ela apoia um processo de melhoria do bem-estar humano no nível individual, comunitário e nacional. Quando implantada de forma efetiva, a restauração ecológica pode proporcionar profundos benefícios no fornecimento de serviços ecossistêmicos, variando das necessidades mais básicas,

Quadro Explicativo 11 PRINCÍPIOS DE FLR

Os membros da Parceria Global para a Restauração de Florestas e Paisagens (GPFLR, no original em Inglês) têm rearticulado e fortalecido um conjunto otimizado de princípios de FLR de longa data, listados abaixo (Besseau et al. 2018).

- Foco em paisagens – as atividades da FLR ocorrem dentro e através de paisagens inteiras, e não em locais individuais, representando mosaicos de usos da terra que interagem entre si e práticas de manejo sob variados sistemas de posse e governança. É nessa escala que as prioridades ecológicas, sociais e econômicas podem ser harmonizadas.
- Envolver as partes interessadas e apoiar a governança participativa – a FLR envolve ativamente as partes interessadas em diferentes escalas, incluindo grupos vulneráveis, no planejamento e na tomada de decisão sobre o uso da terra, metas e estratégias de restauração, métodos de implantação, partilha de benefícios, processos de monitoramento e revisão.
- Restaurar múltiplas funções para múltiplos benefícios - as intervenções de FLR têm como objetivo restaurar múltiplas funções ecológicas, sociais e econômicas ao longo de uma paisagem e gerar uma variedade de bens e serviços ecossistêmicos que beneficiem múltiplos grupos de atores.
- Manter e melhorar os ecossistemas naturais inseridos nas paisagens – a FLR não leva à conversão ou destruição de florestas naturais nem de outros ecossistemas. Ela melhora a conservação, recuperação e manejo sustentável de florestas e outros ecossistemas.
- Adaptar-se ao contexto local usando uma variedade de abordagens – a FLR usa uma variedade de abordagens adaptadas à história da paisagem e aos valores e necessidades sociais, culturais, econômicos e ecológicos locais. Baseia-se na ciência e nas melhores práticas atuais, bem como no conhecimento tradicional e indígena, e aplica essas informações no contexto das capacidades locais e das estruturas de governança novas ou existentes.
- Realizar o manejo adaptativo visando à resiliência de longo prazo – a FLR visa a incrementar a resiliência da paisagem e das partes interessadas a médio e longo prazo. As abordagens de restauração devem aumentar a diversidade genética e de espécies e ser ajustadas ao longo do tempo para refletir mudanças no clima e outras condições ambientais, bem como nos conhecimentos, capacidades, necessidades das partes interessadas e valores sociais. Conforme a restauração evolui, as informações das atividades de monitoramento, pesquisa e orientação das partes interessadas devem ser integradas aos planos de manejo.

como a melhoria da segurança hídrica e alimentar, até a redução do espalhamento de doenças e a melhoria da saúde física, emocional e mental individual. A restauração ecológica deve também ser integrada com a conservação e a produção sustentável. A restauração pode ajudar-nos a nos mover, globalmente, de séculos de danos ambientais cumulativos, até à neutralidade da degradação de solos (Quadro Explicativo 10), eventualmente alcançando um saldo ecológico positivo. Portanto, a restauração ecológica promete um crescimento positivo na extensão e no funcionamento de ecossistemas nativos, junto com produção de benefícios críticos para o bem-estar humano. Para se alcançar tais objetivos, é necessário o apoio dos atores envolvidos em todos os lugares, e um compromisso global e investimentos em todos os tipos de atividades restaurativas. Esse investimento deve ser baseado em uma fundamentação científica forte, defensável e compreensível, conforme foi descrito nestes princípios e padrões de restauração.



Este glossário foi adaptado e expandido a partir de McDonald et al. (2016a, b).

Abiótico [Abiotic]: condições e materiais não-vivos em um determinado ecossistema, incluindo o substrato rochoso ou aquoso, a atmosfera, as condições meteorológicas e climáticas, relevo e aspecto topográficos, o regime de nutrientes, regime hidrológico, regime de fogo e regime de salinidade.

Abordagem (à restauração) [Approach (to restoration)]: a categoria genérica do método de restauração (por exemplo, regeneração natural ou assistida, reconstrução).

Abordagem de reconstrução [Reconstruction approach]: uma abordagem de restauração na qual a chegada da biota apropriada é inteiramente ou quase inteiramente dependente da ação humana, uma vez que ela não pode se regenerar ou recolonizar um ambiente dentro de uma escala viável de tempo, mesmo após intervenções de regeneração assistida por especialistas.

Abordagem de regeneração natural (ou espontânea) [Natural (or spontaneous) regeneration approach]: restauração ecológica que depende apenas do incremento de indivíduos após a remoção das causas de degradação, que difere de uma abordagem de regeneração assistida⁷.

Ameaça [Threat]: um fator potencialmente ou efetivamente gerador de degradação, dano ou destruição..

Área de referência [Reference site]: uma área intacta remanescente que possui atributos e uma fase sucessional semelhante à área do projeto de restauração e que é usada como base para o modelo de referência. Idealmente, o modelo de referência deveria incluir informações de várias áreas de referência.

Área ou zona de procedência local [local provenance area or zone]: uma área de coleta de propágulos dentro da qual a disseminação de propágulos provavelmente conservará características genéticas adaptadas às condições locais.

Atividade: veja Restauração, atividades de; restaurativas, atividades.

Atividades aliadas [Allied activities]: práticas restaurativas (incluindo melhoria ambiental, remediação e reabilitação) que reduzem as causas e os efeitos da degradação em andamento, e incrementam o potencial de recuperação do ecossistema.

Atividades de restauração [Restoration activities]: qualquer ação, intervenção ou tratamento destinado a promover a recuperação de um ecossistema ou componente de um ecossistema, como correções de solo ou substrato, controle de espécies invasoras, condicionamento de habitat, reintroduções de espécies e reforços populacionais.

Atividades restaurativas [Restorative activities]: atividades (incluindo restauração ecológica) que reduzem a degradação ou melhoram as condições para a recuperação parcial ou plena dos ecossistemas. São algumas vezes descritas como uma “família” de atividades restaurativas inter-relacionadas.

⁷ N.T.: esse termo tem como sinônimo em Português o termo “restauração passiva”

Atributos [Attributes]: veja atributos-chave do ecossistema

Atributos do ecossistema [Ecosystem attributes]: veja atributos-chave do ecossistema

Atributos-chave do ecossistema [Key ecosystem attributes]: categorias amplas desenvolvidas no âmbito dos padrões de restauração para auxiliar os profissionais na avaliação do grau em que as propriedades e funções bióticas e abióticas de um ecossistema estão se recuperando. Neste documento, são identificadas seis categorias: ausência de ameaças, condições físicas, composição de espécies, diversidade estrutural, função ecossistêmica e trocas externas. Da obtenção destes atributos emergem a complexidade, auto-organização, resiliência e sustentabilidade.

Aumento (de populações esgotadas) [Augment, Augmentation (of depleted populations)]: (também conhecido como repovoamento, aprimoramento, enriquecimento ou reabastecimento) (N.T.: em Português, também pode ser encontrado como adensamento) adição de sementes ou indivíduos de uma população à mesma população, com o objetivo de ampliar o tamanho da população ou a diversidade genética e, assim, melhorar a sua viabilidade; recriar uma população que foi recentemente extirpada com a propagação de indivíduos dessa população. Na prática, as populações são frequentemente aumentadas com material proveniente de outras populações próximas, não se limitando à mesma população.

Autofecundação [Selfing]: autofertilização; autopolinização.

Auto-organização [Self-organizing]: um estado no qual todos os elementos necessários estão presentes e os atributos do ecossistema podem continuar a se desenvolver em direção ao estado de referência apropriado sem assistência externa. A auto-organização é evidenciada por padrões e

processos como crescimento, reprodução, proporções entre produtores, herbívoros e predadores e diferenciação de nicho, em relação às características do ecossistema de referência. Este conceito normalmente não se aplica à restauração de ecossistemas culturais tradicionais.

Barreiras (à recuperação) [Barriers (to recovery)]: fatores que impedem a recuperação de um atributo do ecossistema.

Bem-estar [Wellbeing]: um estado do ser humano, dependente do contexto e da situação, que contempla o material básico para uma boa vida, liberdade e escolha, saúde, boas relações sociais e segurança.

Biodiversidade [Biodiversity]: a variabilidade entre organismos vivos de todas as origens, incluindo, entre outros, ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos, e os complexos ecológicos dos quais fazem parte; isso inclui a diversidade dentro da mesma espécie, entre as espécies e dos ecossistemas.

Capital natural [Natural capital]: estoques de recursos naturais, que podem ser renováveis (ecossistemas, organismos), não renováveis (petróleo, carvão, minerais etc.), de renovação limitada (a atmosfera, água potável, solos férteis) e cultivados (variedades tradicionais, cultivos tradicionais e o conhecimento associado a eles), e de onde fluem os serviços ecossistêmicos.

Ciclagem (ecológica) [Cycling (ecological)]: - a transferência (entre partes de um ecossistema) de recursos como água, carbono, nitrogênio e outros elementos que são fundamentais para todas as outras funções do ecossistema.

Condição da linha de base [Baseline condition]: a condição da área a ser restaurada, imediatamente antes do início das atividades de restauração ecológica.

Conhecimento Ecológico Local (CEL) [Local Ecological Knowledge (LEK)]: conhecimento, práticas e crenças a respeito de relações ecológicas que são obtidos por meio de extensa observação pessoal e interação com os ecossistemas locais, e compartilhados entre os usuários dos recursos locais.

Conhecimento Ecológico Tradicional (CET) [Traditional Ecological Knowledge (TEK)]: conhecimento e práticas aprendidas a partir da experiência e observação, e passadas de geração em geração amparadas por fortes memórias culturais, sensibilidade à mudança e valores que incluem reciprocidade.

Continuum restaurativo [Restorative continuum] - um espectro de atividades que direta ou indiretamente apoiam ou atingem alguma recuperação de atributos do ecossistema que foram perdidos ou debilitados. O continuum restaurativo inclui quatro categorias principais de atividades restaurativas, sendo que cada uma inclui outras seis categorias de atividades, conforme explicado no Princípio 8.

Cooperação Sul-Sul¹¹ [South-South Cooperation]: uma ampla estrutura institucional de colaboração entre os países do Hemisfério Sul nas esferas política, econômica, social, cultural, ambiental e técnica. Envolve dois ou mais países em desenvolvimento, e pode ser bilateral, regional, sub-regional ou inter-regional.

Dano (ao ecossistema) [Damage to ecosystem]: um impacto deletério evidente e agudo em um ecossistema.

Degradação (de um ecossistema) [Degradation of an ecosystem]: um nível de impacto humano deletério aos ecossistemas que resulta na perda da

biodiversidade e na simplificação ou ruptura de sua composição, estrutura e funcionamento, e geralmente leva a uma redução no fluxo de serviços ecossistêmicos.

Depressão por endogamia [Inbreeding depression]: a redução da aptidão biológica em uma determinada população como resultado da endogamia ou reprodução de indivíduos aparentados.

Depressão exogâmica [Outbreeding depression]: quando a progênie de cruzamentos entre indivíduos de diferentes populações possui menor aptidão do que a progênie de cruzamentos entre indivíduos da mesma população.

Descoberta científica [Scientific discovery]: conhecimento obtido a partir de uma abordagem estruturada e lógica, baseada em observação sistemática, mensuração e formulação, teste e modificação de ideias (hipóteses).

Destruição (de um ecossistema) [Destruction of an ecosystem]: quando a degradação ou dano remove toda a vida macroscópica e normalmente destrói o ambiente físico de um ecossistema.

Ecologia da restauração [Restoration ecology]: o ramo da ciência ecológica que fornece conceitos, modelos, metodologias e ferramentas à prática da restauração ecológica. Adicionalmente ao método científico, contribui com a Ecologia da Restauração o conhecimento gerado pela observação direta e pela participação colaborativa na realização das práticas restaurativas.

Ecossistema [Ecosystem]: conjunto de componentes bióticos e abióticos em ambientes aquáticos ou terrestres em que os componentes interagem formando redes alimentares complexas, ciclos de nutrientes e fluxos de energia. O termo ecossistema é usado nos Padrões para descrever um conjunto ecológico de qualquer tamanho ou escala.

¹¹ N.T.: Em geopolítica, o Norte faz alusão aos países desenvolvidos e o Sul aos países em desenvolvimento.

Ecosistema de referência [Reference ecosystem]:

uma representação de um ecossistema nativo tratado como alvo na restauração ecológica (diferente de uma **área de referência**). Um ecossistema de referência geralmente representa uma versão não degradada do ecossistema completo com sua flora, fauna e demais elementos bióticos e abióticos, funções, processos e estágios sucessionais que poderiam existir na área objeto de restauração caso a degradação não tivesse ocorrido, e ajustado para acomodar as condições ambientais previstas ou modificadas.

Ecosistema nativo [Native ecosystem]: um ecossistema composto por organismos que evoluíram localmente ou que recentemente migraram de localidades vizinhas devido a mudanças nas condições ambientais, incluindo mudanças climáticas. Em certas circunstâncias, **ecossistemas culturais tradicionais** ou **ecossistemas seminaturais** são considerados ecossistemas nativos. A presença de espécies não nativas ou a expansão de espécies ruderais em ecossistemas nativos são formas de degradação.

Ecosistema seminatural [Semi-natural ecosystem]: no contexto legal da União Europeia (UE), são conjuntos ecológicos de biodiversidade criados por atividades humanas (por exemplo, prados alpinos roçados ou utilizados para pastagem). Eles evoluíram sob atividades agrícolas, pastorais ou outras atividades humanas tradicionais que podem ter séculos de idade e dependem do manejo tradicional para manter sua composição, estrutura e função características. Estes ecossistemas são altamente valorizados por sua biodiversidade e serviços ecossistêmicos, podendo ser referência para restauração ecológica. Os exemplos incluem prados alpinos e de planície, turfeiras, campos calcários, florestas de rebrota, pastagens arborizadas e pastagens em áreas alagadas. Eles diferem de “ecossistemas culturais”, conforme definidos pela UE, criados para fornecer serviços ecossistêmicos, mas

que resultam em ecossistemas degradados com valores de biodiversidade mais baixos. Os exemplos incluem campos aráveis, pastagens agrícolas com poucas espécies, áreas de mineração e paisagens urbanas com áreas verdes. Eles não são apropriados como referência para restauração ecológica, mas podem ser o ponto de partida para a reabilitação ou restauração ecológica. Neste sentido, ecossistema seminatural se aproxima muito do significado de **ecossistema cultural tradicional** de alta qualidade como descrito nos Padrões.

Ecossistemas culturais tradicionais [Traditional cultural ecosystems]:

ecossistemas que se desenvolveram sob a influência conjunta de processos naturais e da organização imposta pelo homem para obter a composição, estrutura e funcionamento mais úteis para a exploração antrópica. Os casos considerados exemplos de alta qualidade de ecossistemas nativos podem funcionar como modelos de referência para restauração ecológica, enquanto outros convertidos essencialmente em espécies não nativas ou que se encontram degradados por outro motivo não funcionam como modelos de referência para restauração ecológica. Veja também Ecosistema seminatural.

Envelope climático [Climate envelope]: a faixa climática na qual as populações de uma espécie estão distribuídas. Com as mudanças climáticas, as localizações geográficas destes envelopes provavelmente se deslocarão.

Espécie [Species]: usado aqui como um termo genérico para representar uma espécie ou um táxon infraespecífico, mesmo no caso de não ser formalmente descrita pela ciência.

Espécies desejáveis [Desirable species]: espécies do ecossistema de referência (ou, em alguns casos, plantas facilitadoras não nativas) que permitirão que o ecossistema nativo se recupere. O corolário das espécies desejáveis são as espécies indesejáveis que,

geralmente, com exceções, são espécies não nativas.

Espécies nativas [Native species]: táxons considerados originários de uma determinada região ou que lá chegaram sem que tenham sido recentemente transportados (direta ou indiretamente) por humanos. Existe um debate entre os ecólogos sobre como definir precisamente este conceito.

Estrato [Stratum, strata]: camada ou camadas de vegetação em um ecossistema; frequentemente se referindo a camadas verticais, como camadas arbóreas, arbustivas e herbáceas.

Florestamento [Afforestation]: o processo de introdução de vegetação florestal em uma área onde não havia floresta no passado.

Fluxo gênico [Gene flow]: troca de material genético entre organismos individuais que mantém a diversidade genética da população de uma espécie. Na natureza, o fluxo gênico pode ser limitado por falta de vetores de dispersão e por barreiras topográficas, como montanhas e rios. Em paisagens fragmentadas, pode ser limitado pela separação dos habitats remanescentes. O fluxo gênico entre populações introduzidas e nativas pode ter impactos negativos, como depressão por exogamia.

Estrato (s): capa o capas de vegetación en un ecossistema; a menudo se refiere a capas verticales como árboles, arbustos y herbáceas.

Fluxos de paisagem [Landscape flows]: trocas que ocorrem em um nível mais amplo que os ecossistemas ou localidades individuais (inclusive em ambientes aquáticos) e que incluem fluxos de energia, água, fogo e material genético. As trocas são facilitadas por conexões entre habitats.

Funções (de um ecossistema) [Functions (of an ecosystem)]: processos de funcionamento de um ecossistema decorrentes de interações e relações entre biota e elementos abióticos. Isso inclui processos

do ecossistema como produção primária, decomposição, ciclagem de nutrientes e transpiração, e propriedades como competição e resiliência.

Germoplasma [Germplasm]: os vários materiais regenerativos de plantas e animais (por exemplo, embriões, sementes, materiais vegetativos) que fornecem uma fonte de material genético para futuras populações.

Indicadores (de recuperação) [Indicators (of recovery)]: características de um ecossistema que podem ser usadas para mensurar o progresso rumo às metas ou objetivos de restauração em um determinado local (por exemplo, medidas de presença / ausência e qualidade de componentes bióticos ou abióticos do ecossistema).

Infraestrutura verde [Green infrastructure]: uma rede de recursos naturais ou seminaturais, como pântanos, solos saudáveis, ecossistemas florestais e neve acumulada, que pode ajudar a incrementar os serviços ecossistêmicos.

Integridade do ecossistema [Ecosystem integrity]: a capacidade de um ecossistema de apoiar e manter o seu funcionamento ecológico e biodiversidade (ou seja, composição de espécies e estrutura da comunidade) característicos. A integridade ecológica pode ser medida como a extensão até a qual uma comunidade de organismos nativos é mantida.

Inventário da linha de base [Baseline inventory]: uma avaliação dos elementos bióticos e abióticos presentes em um local antes da restauração ecológica, incluindo seus atributos de composição, estrutura e funcionamento. O inventário é realizado no início da etapa de planejamento da restauração, juntamente com o desenvolvimento de um modelo de referência, para orientar o planejamento, inclusive as metas de restauração, objetivos mensuráveis e prescrições de tratamentos.

Limiar (ecológico) [Threshold (ecological)]: um ponto no qual uma pequena mudança nas condições ambientais ou biofísicas desloca o ecossistema para um estado ecológico diferente. Uma vez que um ou mais limiares ecológicos tenham sido ultrapassados, um ecossistema pode não retornar facilmente ao seu estado ou trajetória anterior sem grandes intervenções humanas, ou pode não retornar de forma alguma se o limiar for irreversível.

Local [Site]: território ou localização discreta. Pode ocorrer em diferentes escalas, mas normalmente está na escala de fragmento ou propriedade (ou seja, menor do que uma paisagem).

Manejo (de um ecossistema) [Management (of an ecosystem)]: um termo amplo que pode incluir manutenção e reparo de ecossistemas (incluindo restauração).

Manejo adaptativo [Adaptive Management]: um processo contínuo de melhoria das práticas e políticas de manejo, por meio da aplicação do conhecimento aprendido na avaliação das práticas e políticas previamente empregadas a projetos e programas futuros. É a prática de visitar as decisões de manejo e revê-las à luz de novas informações.

Manejo de ecossistemas [Ecosystem management]: uma abordagem de manejo baseada na integração do conhecimento científico das relações ecológicas numa estrutura sociopolítica e de valores complexa, com o objetivo geral de proteger a integridade do ecossistema nativo a longo prazo.

Manutenção do ecossistema [Ecosystem maintenance]: atividades contínuas, aplicadas após a recuperação total ou parcial, destinadas a neutralizar processos de degradação ecológica para sustentar os atributos de um ecossistema. Em áreas restauradas que convivem com altos níveis de ameaças, é provável que seja necessário um nível mais alto de manutenção contínua em comparação

com áreas onde as ameaças foram controladas.

Meta [Target]: os resultados ecológicos e sociais específicos almejados ao final do projeto, incluindo o ecossistema nativo a ser restaurado (N.T. Em alguns contextos, o original target pode aparecer traduzido como alvo).

Modelo de referência [Reference model]: um modelo que indica a condição esperada, para a qual a área objeto de restauração teria evoluído, caso não tivesse sido degradada (em relação à flora, fauna e demais elementos bióticos e abióticos, funções, processos e estágios sucessionais). Esta condição não é a condição histórica, mas antes reflete a configuração paisagística ao longo do tempo e as mudanças previstas nas condições ambientais.

Monitoramento participativo [Participatory monitoring]: um sistema que envolve as partes interessadas de várias esferas no desenho do projeto e na coleta e análise de dados referentes a uma determinada atividade de manejo que leva a uma tomada de decisão colaborativa mais qualificada.

Níveis tróficos [Trophic levels]: estágios em teias alimentares (por exemplo, produtores, herbívoros, predadores e decompositores).

Nucleação aplicada [Applied nucleation]: uma estratégia que utiliza o estabelecimento de pequenas manchas de vegetação (normalmente árvores ou arbustos) ou populações de animais (por exemplo, corais, ostras) para servir como áreas focais para a recuperação do ecossistema por meio de aumento na colonização.

Padronização espacial [Spatial patterning]: a estrutura espacial dos componentes do ecossistema (no plano vertical ou horizontal) que surge devido a diferenças no substrato, topografia, hidrologia, vegetação, regimes de distúrbio ou outros fatores.

Paisagens multifuncionais sustentáveis [Sustainable multifunctional landscapes]: paisagens criadas e manejadas para integrar a produção humana e o uso da paisagem do ponto de vista ecológico, mantendo as funções críticas do ecossistema, fluxos de serviços e retenção da biodiversidade.

Partes interessadas [Stakeholders]: as pessoas e organizações que estão envolvidas ou são afetadas por uma ação ou política e que podem ser direta ou indiretamente incluídas no processo de tomada de decisão; no planejamento ambiental e de conservação, as partes interessadas geralmente incluem representantes de governos, empresas, cientistas, proprietários de terras e usuários locais de recursos naturais.

Potencial de regeneração natural [Natural recovery potential]: capacidade dos atributos do ecossistema se restabelecerem em um local por meio da regeneração natural. O grau deste potencial em um ecossistema degradado dependerá da extensão e duração do impacto e do quanto o impacto se assemelha àqueles aos quais as espécies do ecossistema se adaptaram ao longo dos respectivos períodos evolutivos. O potencial de regeneração natural precisa estar presente para poderem ser aplicadas as abordagens de regeneração natural ou regeneração assistida para a restauração ecológica.

Programa de restauração ecológica [Ecological restoration program]: um conjunto amplo de vários projetos de restauração.

Projeto de restauração ecológica [Ecological restoration project]: qualquer esforço organizado no sentido de alcançar a recuperação substancial de um ecossistema nativo, desde o estágio de planejamento até a implantação e monitoramento. Um projeto pode exigir múltiplos acordos ou ciclos

de financiamento. Um projeto também pode ser um de muitos projetos em um programa de restauração de longo prazo.

Prontidão climática [Climate readiness]: refere-se a uma circunstância na qual o material genético restaurado foi selecionado, com base na ciência do clima e na genética, para aumentar a probabilidade de uma espécie persistir no cenário previsto de mudanças climáticas.

Propágulo [Propagule]: qualquer material que funcione para a propagação de um organismo. Os propágulos são produzidos por plantas, animais, fungos e micro-organismos.

Reabilitação [Rehabilitation]: ações de manejo que visam a restabelecer um nível de funcionamento do ecossistema em áreas degradadas, nas quais a meta é prover serviços ecossistêmicos renovados e contínuos, e não a biodiversidade e integridade de um ecossistema nativo de referência designado.

Reclamação¹² [Reclamation]: o processo de adequar uma terra gravemente degradada (por exemplo, locais de minas exauridas ou terras devastadas de outras formas) para o cultivo ou para um estado apropriado para algum tipo de uso humano. Esse termo também é utilizado para descrever a formação de terras produtivas previamente submersas no mar.

Recrutamento [Recruitment]: produção de uma geração subsequente de organismos. É mensurado não apenas pelo número de novos organismos (por exemplo, não todos os filhotes ou mudas), mas pelo número dos que se desenvolvem como indivíduos independentes na população.

¹² N.T.: Reclamação é a tradução para reclamation, usada em Inglês para caracterizar o esforço de “recuperação de áreas severamente impactadas”.

Recuperação [Recovery]: o processo pelo qual um ecossistema recupera sua composição, estrutura e função em relação aos níveis identificados para o ecossistema de referência. A recuperação é normalmente assistida por atividades de restauração - e a recuperação pode ser descrita como parcial ou plena.

Recuperação parcial [Partial recovery]: o estado em que houve algum grau de recuperação, mas nem todos os atributos do ecossistema se assemelham aos do modelo de referência.

Recuperação plena [Full recovery]: o estado no qual todos os atributos do ecossistema se assemelham aos do ecossistema de referência (modelo). É precedida pela apresentação de auto-organização por parte do ecossistema, que leva à plena resolução e maturidade de seus atributos. No ponto de auto-organização, a fase de restauração pode ser considerada completa e a gestão avança para uma fase de manutenção.

Recuperação substancial [Substantial recovery]: o nível de recuperação almejado se um projeto for denominado como projeto de restauração ecológica. Este nível de recuperação não pode ser estreitamente ligado a uma determinada métrica de recuperação (embora um nível intermediário de recuperação pudesse ser um critério mínimo razoável) pois o valor de um projeto de restauração pode ser influenciado pela importância ecológica do ecossistema e pela escala do projeto.

Reforço populacional [Reinforcement]: a movimentação e liberação intencional de um ou mais organismos em uma população já existente da mesma espécie. Tal reforço visa a melhorar a viabilidade populacional, por exemplo, aumentando o tamanho da população, aumentando a diversidade genética ou aumentando a representação de estágios ou grupos demográficos específicos. Essa definição é muito semelhante e às vezes entendida como sinônimo de aumento.

Regeneração [Regeneration]: veja Regeneração natural, Regeneração assistida.

Regeneração assistida [Assisted regeneration]: uma abordagem de restauração que se concentra em desencadear ativamente a capacidade de regeneração natural da biota remanescente no local ou nas proximidades, que difere de reintroduzir a biota ou de simplesmente abandonar a área para regenerar. Embora esta abordagem seja tipicamente aplicada a locais de degradação baixa a intermédia, mesmo algumas áreas altamente degradadas provaram ser passíveis de regeneração assistida, quando conferidos tratamento adequado e prazo suficiente. As intervenções incluem o controle de pragas, reaplicar regimes de perturbação ecológica e a instalação de recursos para estimular a colonização.

Regeneração natural [Natural regeneration]: germinação, nascimento ou outro tipo de recrutamento de biota incluindo plantas, animais e microbiota, que não envolva intervenção humana, seja decorrente de colonização, dispersão ou processos in situ.

Regime de distúrbio [Disturbance regime]: o padrão, frequência, momento de ocorrência de eventos de distúrbio que são característicos de um ecossistema durante um período.

Reintrodução [Reintroduction]: reposição de elementos da biota em uma área na qual ocorria anteriormente.

Remediação [Remediation]: uma atividade de manejo, como a remoção ou desintoxicação de contaminantes ou excesso de nutrientes do solo ou da água, que visa remover fontes de degradação.

Renaturalização [Rewilding]: a reintrodução planejada de uma espécie vegetal ou animal, principalmente espécies-chave ou predadores de topo de cadeia (como os felinos de grande porte), em um

habitat do qual tenha desaparecido (devida à caça ou destruição de habitat) em um esforço para aumentar a biodiversidade e restaurar a saúde de um ecossistema.

Resiliência [Resilience]: veja **Resiliência do ecossistema** e **Resiliência socioecológica**.

Resiliência do ecossistema [Ecosystem resilience]: o grau, modo e ritmo de recuperação das propriedades do ecossistema após distúrbio natural ou humano. Em comunidades de plantas e animais, esta propriedade é altamente dependente de adaptações de espécies individuais a distúrbios ou fatores de estresse sofridos durante a evolução das espécies. Veja também **resiliência socioecológica**.

Resiliência socioecológica [Social-ecological resilience]: a capacidade de um sistema socioecológico complexo de absorver distúrbios e se reorganizar enquanto passa por mudanças de tal maneira que consiga reter funções, estruturas, identidade e retornos (feedbacks) semelhantes. É uma medida de até que ponto até ao qual um sistema socioecológico complexo pode se adaptar e persistir em face de ameaças e estresses.

Restauração [Restoration]: veja **Restauração ecológica**.

Restauração compulsória [Mandatory restoration]: restauração que é requerida (obrigatória) pelo governo, tribunal ou autoridade legal, que pode incluir alguns tipos de compensações da biodiversidade. Em algumas regiões do mundo, a restauração compulsória está incluída em programas de mitigação compensatória.

Restauração da paisagem [Landscape restoration]: um processo planejado que busca recuperar a integridade ecológica no nível da paisagem e a capacidade de uma paisagem prover serviços ecossistêmicos específicos da paisagem, de longo prazo e essenciais para a melhoria do bem-estar humano.

Restauração de Paisagens e Florestas (FLR) [Forest Landscape Restoration (FLR)]: um processo que visa a recuperar o funcionamento ecológico e melhorar o bem-estar humano em paisagens desmatadas ou degradadas, e que pode englobar uma ou mais atividades juntamente com a restauração ecológica. A FLR não deve causar danos colaterais à biodiversidade (N.T. Neste documento mantivemos a sigla original, FLR, para designar este termo).

Restauração ecológica [Ecological restoration]: o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. (O termo 'restauração de ecossistemas' é usado às vezes como sinônimo de 'restauração ecológica', mas a restauração ecológica refere-se sempre à conservação da biodiversidade e da integridade ecológica, enquanto que algumas abordagens de restauração de ecossistemas podem se concentrar exclusivamente na entrega de serviços ecossistêmicos)

Restaurador [Practitioner]: um indivíduo que aplica habilidades práticas e conhecimentos para planejar, implantar e monitorar tarefas de restauração ecológica nas áreas de projetos.

Revegetação [Revegetation]: estabelecimento, por quaisquer meios, de plantas em áreas (incluindo áreas terrestres, de água doce e marinhas) que podem ou não envolver espécies locais ou nativas.

Sequestro de carbono [Carbon sequestration]: a captura e armazenamento de longo prazo do dióxido de carbono atmosférico (geralmente por acúmulo de biomassa via fotossíntese, crescimento da vegetação e acúmulo de matéria orgânica ao solo). Isso pode ocorrer naturalmente ou resultar de ações para mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Serviços ecossistêmicos [Ecosystem services]: as contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas para

o bem-estar humano. Eles incluem a produção de solo, água e ar limpos, a regulação do clima e das doenças, a ciclagem de nutrientes e a polinização, a provisão de uma gama de bens úteis aos humanos e potencial para satisfazer valores estéticos e recreativos, entre outros valores humanos. Estes são comumente chamados de serviços de suporte, regulação, provisionamento e culturais. Metas de restauração podem se referir especificamente à restauração de serviços ecossistêmicos pontuais ou ao incremento da qualidade e do fluxo de um ou mais serviços.

Sistema Cinco Estrelas [Five-star System]: uma ferramenta usada para identificar o nível de recuperação desejado em um projeto de restauração ou reabilitação e para avaliar e monitorar progressivamente o grau de recuperação do ecossistema nativo ao longo do tempo em relação ao modelo de referência. Esta ferramenta também oferece uma forma de reportar alterações da **condição da linha de base** em relação à referência. (Nota: este sistema se refere apenas aos resultados de recuperação, e não às atividades de restauração usadas para alcançá-los).

Sistema socioecológico [Social-ecological system]: sistemas complexos, integrados e interligados de pessoas e natureza, enfatizando que os humanos são uma parte da natureza.

Sobre-exploração [Over-utilization]: qualquer forma de colheita ou exploração de um ecossistema para além de sua capacidade de regenerar estes recursos. Os exemplos incluem pesca predatória (sobrepesca), supressão da vegetação nativa, sobrepastejo (“sobrepastoreio”) e queimadas excessivas.

Soluções baseadas na natureza [Nature-based solutions]: ações propostas para proporcionar benefícios simultaneamente para o bem-estar humano e para a biodiversidade, e que visam a proteger, manejar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados, que abordam os desafios sociais de modo eficaz e adaptativo.

Substrato [Substrate]: solo, areia, rocha, concha, detritos ou outro meio no qual os organismos crescem e os ecossistemas se desenvolvem.

Sucessão (ecológica) [Succession (ecological)]: o processo ou padrão de substituição ou desenvolvimento de um ecossistema pós-distúrbio.

Traços funcionais [Functional traits]: características morfológicas, bioquímicas, fisiológicas, estruturais, fenológicas ou comportamentais que se manifestam em fenótipos de organismos individuais e são consideradas relevantes para a resposta destes organismos ao ambiente ou seus efeitos nas propriedades do ecossistema.

Trajatória (ecológica) [Trajectory (ecological)]: um curso ou caminho da condição de um ecossistema (ou seja, estrutura e função) ao longo do tempo. Pode implicar degradação, equilíbrio homeostático, adaptação a mudanças nas condições ambientais ou resposta à restauração ecológica - idealmente levando à recuperação da integridade e resiliência perdidas.

Translocação [Translocation]: o transporte intencional (por humanos) de organismos para uma parte diferente de uma determinada paisagem ou ambiente aquático, ou para áreas mais afastadas. Geralmente, a intenção é a de conservar uma espécie, subespécie ou população ameaçada de extinção.

Trocas externas [External exchanges]: os fluxos recíprocos que ocorrem entre unidades ecológicas pertencentes a uma paisagem ou ambiente aquático, incluindo fluxos de energia, água, fogo, material genético, organismos e propágulos. As trocas são facilitadas pelas conexões entre habitats.

Valor intrínseco (dos ecossistemas e da biodiversidade) [Intrinsic value (of ecosystems and biodiversity)]: valor intrínseco é o valor que uma entidade tem em si, pelo que é ou como um fim. O tipo

de valor contrastante é o valor instrumental. Valor instrumental é o valor que algo possui como meio para um fim desejado ou valorizado.

Zona de transferência de sementes [Seed transfer zone]: uma área geográfica definida, dentro da qual se espera que as sementes possam ser removidas sem efeitos adversos para a aptidão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhtar-Schuster M, Stringer LC, Erlewein A, Metternicht G, Minelli S, Safriel U, Sommer S (2017)**
Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio Conventions. *Journal of Environmental Management* 195:4-15
- Allison SK, Murphy SD (eds) (2017)**
Routledge handbook of ecological and environmental restoration. Routledge, Abingdon, UK
- Aronson J, Alexander S (2013)**
Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology* 21:293-296
- Beatty CR, Cox NA, Kuzee ME (2018a)**
Biodiversity guidelines for forest landscape restoration opportunities assessments. First edition. IUCN, Gland, Switzerland
- Beatty CR, Raes L, Vogl AL, Hawthorne PL, Moraes M, Saborio JL, Meza Prado K (2018b)**
Landscapes, at your service: applications of the Restoration Opportunities Optimization Tool (ROOT). IUCN, Gland, Switzerland
- Beatty CR, Vidal A, Devesa T, Kuzee ME (2018c)**
Accelerating biodiversity commitments through forest landscape restoration: evidence from assessments in 26 countries using the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM) (Working Paper). Convention on Biological Diversity Information Document CBD/COP/14/INF/18. IUCN, Gland, Switzerland
- Besseau P, Graham S, Christophersen T (eds) (2018)**
Restoring forests and landscapes: the key to a sustainable future. Global Partnership on Forest and Landscape Restoration, Vienna, Austria
- Booth TH, Williams KJ, Belbin L (2012)**
Developing biodiverse plantings suitable for changing climatic conditions 2: using the Atlas of Living Australia. *Ecological Management & Restoration* 13:274-281
- Bradshaw AD (1983)**
The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 20:1-17
- Breed MF, Stead MG, Ottewell KM, Gardner MG, Lowe AJ (2013)**
Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conservation Genetics* 14:1-10
- Broadhurst LM, Lowe A, Coates DJ, Cunningham SA, McDonald M, Vesk PA, Yates C (2008)**
Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications* 1:587-597
- Cairns J, Jr, Dickson KL, Herricks EE (eds) (1977)**
Recovery and restoration of damaged ecosystems. University Press of Virginia, Charlottesville, Virginia
- Castillo-Escrivà A, López-Iborra GM, Cortina J, Tormo J (2019)**
The use of branch piles to assist in the restoration of degraded semiarid steppes. *Restoration Ecology* 27:102-108
- CBD (2016) Ecosystem restoration: short-term action plan. CBD/COP/DEC/XIII/5.**
Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-05-en.pdf> (accessed 21 May 2019)
- CBD (2018) CBD (2018) Biodiversity and climate change. CBD/COP/14/L.23.**
Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada <https://www.cbd.int/>

- [doc/c/9860/44b3/042fbf32838cf31a771bb145/cop-14-l-23-en.pdf](https://www.cbd.int/doc/c/9860/44b3/042fbf32838cf31a771bb145/cop-14-l-23-en.pdf) (accessed 21 May 2019)
- Chase JM (2003)**
Community assembly: when should history matter? *Oecologia* 136:489-498
- Chasek P, Akhtar-Schuster M, Orr BJ, Luise A, Rakoto Ratsimba H, Safriel U (2019)**
Land degradation neutrality: The science-policy interface from the UNCCD to national implementation. *Environmental Science & Policy* 92:182-190
- Chazdon RL (2014)**
Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. University of Chicago Press, Chicago, Illinois
- Chazdon RL, Bodin B, Guariguata MR, Lamb D, Walder B, Chokkalingam U, Shono K (2017)**
Partnering with nature: the case for natural regeneration in forest and landscape restoration. Montreal, Canada
- Chazdon RL, Guariguata MR (2016)**
Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica* 48:716-730
- Chazdon RL, Guariguata MR (2018)**
Decision support tools for forest landscape restoration: current status and future outlook. Occasional Paper 183. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia
- Clewell A, Rieger J, Munroe J (2005)**
Guidelines for developing and managing ecological restoration projects. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona
www.ser.org
- Clewell AF, Aronson J (2013)**
Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession. Second edition. Island Press, Washington, DC
- Conservation Measures Partnership (2013)**
Open standards for the practice of conservation. Version 3.0. <http://cmp-openstandards.org/download-os/> (accessed 20 May 2019)
- Convention on Biological Diversity (2016)**
Ecosystem restoration: short-term action plan. CBD/COP/DEC/XIII/5 <https://www.cbd.int/decisions/cop/?m=cop-13> (accessed 21 May 2019)
- Corbin JD, Holl KD (2012)**
Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management* 265:37-46
- Corbin JD, Robinson GR, Hafkemeyer LM, Handel SN (2016)**
A long-term evaluation of applied nucleation as a strategy to facilitate forest restoration. *Ecological Applications* 26:104-114
- Crowe KA, Parker WH (2008)**
Using portfolio theory to guide reforestation and restoration under climate change scenarios. *Climatic Change* 89:355-370
- Doyle M, Drew C (2012)**
Large-scale ecosystem restoration: five case studies from the United States. Island Press, Washington, DC
- Echeverria C, Coomes D, Salas J, Rey-Benayas JM, Lara A, Newton A (2006)**
Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130:481-494
- Egan D, Howell EA (2001)**
The historical ecology handbook. A restorationist's guide to reference ecosystems. Island Press, Washington, DC
- Elgar AT, Freebody K, Pohlman CL, Shoo LP, Catterall CP (2014)**
Overcoming barriers to seedling regeneration during forest restoration on tropical pasture land and the potential value of woody weeds. *Frontiers in Plant Science* 5:200
- Evans K, Guariguata MR (2019)**
A diagnostic for collaborative monitoring in forest landscape restoration. Occasional Paper 193. CIFOR, Bogor, Indonesia
- Frazier AE, Bryan BA, Buyantuev A, Chen L, Echeverria C, Jia P, Liu L, Li Q, Ouyang Z, Wu J, Xiang W-N, Yang J, Yang L, Zhao S (2019)**

- Ecological civilization: perspectives from landscape ecology and landscape sustainability science. *Landscape Ecology* 34:1-8
- Gann G, Lamb D (2006)**
Ecological restoration: a means of conserving biodiversity and sustaining livelihoods. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona www.ser.org
- Gibson AL, Espeland EK, Wagner V, Nelson CR (2016)**
Can local adaptation research in plants inform selection of native plant materials? An analysis of experimental methodologies. *Evolutionary Applications* 9:1219-1228
- Gibson AL, Fishman L, Nelson CR (2017)**
Polyploidy: a missing link in the conversation about seed transfer of a commonly seeded native grass in western North America. *Restoration Ecology* 25:184-190
- Green DG, Sadedin S (2005)**
Interactions matter—complexity in landscapes and ecosystems. *Ecological Complexity* 2:117-130
- Grubb PJ, Hopkins AJM (1986)**
Resilience at the level of the plant community. Pages 21-38 In: Dell B, Hopkins AJM and Lamont BB (eds) *Resilience in mediterranean-type ecosystems*. Springer Netherlands, Dordrecht
- Guan Y, Kang R, Liu J (2019)**
Evolution of the field of ecological restoration over the last three decades: a bibliometric analysis. *Restoration Ecology* 27:647-660
- Hanson C, Buckingham K, DeWitt S, Laestadius L (2015)**
The restoration diagnostic v. 1.0. World Resources Institute, Washington DC
- Havens K, Vitt P, Still S, Kramer AT, Fant JB, Schatz K (2015)**
Seed sourcing for restoration in an era of climate change. *Natural Areas Journal* 35:122-133
- Hobbs RJ, Norton DA (2004)**
Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. Pages 72-95 In: Temperton VM, Hobbs RJ, Nettle T and Halle S (eds) *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press, Washington, DC
- Holl KD, Crone EE, Schultz CB (2003)**
Landscape restoration: moving from generalities to methodologies. *BioScience* 53:491-502
- Holl KD, Reid JL, Chaves-Fallas JM, Oviedo-Brenes F, Zahawi RA (2017)**
Local tropical forest restoration strategies affect tree recruitment more strongly than does landscape forest cover. *Journal of Applied Ecology* 54:1091-1099
- Holl KD, Reid JL, Oviedo-Brenes F, Kulikowski AJ, Zahawi RA (2018)**
Rules of thumb for predicting tropical forest recovery. *Applied Vegetation Science* 21:669-677
- Holling CS (1973)**
Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23
- Hopper SD (2009)**
OCBIL theory: towards an integrated understanding of the evolution, ecology and conservation of biodiversity on old, climatically buffered, infertile landscapes. *Plant and Soil* 322:49-86
- Huff DD, Miller LM, Chizinski CJ, Vondracek B (2011)**
Mixed-source reintroductions lead to outbreeding depression in second-generation descendants of a native North American fish. *Molecular Ecology* 20:4246-4258
- Hufford K, Mazer S (2003)**
Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution* 18:147-155
- Hulvey KB, Aigner PA (2014)**
Using filter-based community assembly models to improve restoration outcomes. *Journal of Applied Ecology* 51:997-1005
- IUCN and WRI (2014)**
A guide to the Restoration Opportunities

Assessment Methodology (ROAM): assessing forest landscape restoration opportunities at the national or sub-national level. Working Paper (Road-test edition). IUCN, Gland, Switzerland

Jordan F, Arrington DA (2014)

Piscivore responses to enhancement of the channelized Kissimmee River, Florida, U.S.A. *Restoration Ecology* 22:418-425

Kareiva P, Marvier M, McClure M (2000)

Recovery and management options for spring/summer Chinook salmon in the Columbia River Basin. *Science* 290:977-979

Kaye TN (2001)

Common ground and controversy in native plant restoration: the SOMS debate, source distance, plant selections, and a restoration-oriented definition of native. Pages 5-12 In: Rose R and Haase D (eds) *Native plant propagation and restoration strategies*. Nursery Technology Cooperative and Western Forestry and Conservation Association, Corvallis, Oregon

Keenleyside KA, Dudley N, Cairns S, Hall CM, Stolton S (2012)

Ecological restoration for protected areas: Principles, guidelines and best practices. IUCN, Gland, Switzerland

Kramer AT, Havens, K. (2009)

Plant conservation genetics in a changing world. *Trends in Plant Science* 14:599-607

Kramer AT, Wood TE, Frischie S, Havens K (2018)

Considering ploidy when producing and using mixed-source native plant materials for restoration. *Restoration Ecology* 26:13-19

Liu J, Bawa KS, Seager TP, Mao G, Ding D, Lee JSH, Swim JK (2019)

On knowledge generation and use for sustainability. *Nature Sustainability* 2:80-82

Liu J, Calmon M, Clewell A, Liu J, Denjean B, Engel VL, Aronson J (2017)

South-south cooperation for large-scale ecological restoration. *Restoration Ecology* 25:27-32

Liu J, Clewell A (2017)

Management of ecological rehabilitation projects. Science Press, Beijing

Lynam T, De Jong W, Sheil D, Kusumanto T, Evans K (2007)

A review of tools for incorporating community knowledge, preferences, and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society* 12:5

Mansourian S (2018)

In the eye of the beholder: reconciling interpretations of forest landscape restoration. *Land Degradation & Development* 29:2888-2898

Martínez-Ramos M, Pingarroni A, Rodríguez-Velázquez J, Toledo-Chelala L, Zermeno-Hernández I, Bongers F (2016)

Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. *Biotropica* 48:745-757

Matthews JA (1999)

Disturbance regimes and ecosystem response on recently-deglaciated substrates. Pages 17-37 In: Walker LA (ed) *Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier, Amsterdam

McDonald T (2000)

Resilience, recovery and the practice of restoration. *Ecological Restoration* 18:10-20

McDonald T, Jonson J, Dixon KW (2016a)

National standards for the practice of ecological restoration in Australia. *Restoration Ecology* 24:S6-S32

McDonald T, Gann GD, Jonson J, and Dixon KW (2016b)

International standards for the practice of ecological restoration - including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, DC

<http://www.ser.org/?page=SERStandards> (accessed 20 May 2019)

McDonald T, Jonson J, Dixon KW (2018)

National standards for the practice of ecological restoration in Australia. Second edition. Standards Reference Group, Society for Ecological

- Restoration Australasia www.seraustralasia.com (accessed 20 May 2019)
- Mitchell RJ, Rose RJ, Palmer SCF (2008)**
Restoration of *Calluna Vulgaris* on grass-dominated moorlands: The importance of disturbance, grazing and seeding. *Biological Conservation* 141:2100-2111
- Orr, BJ, Cowie AL, Castillo Sanchez VM, Chasek P, Crossman ND, Erlewein A, Louwagie G, Maron M, Metternicht GI, Minelli S, Tengberg AE, Walter S, Welton S (2017)**
Scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. A report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany <https://www.unccd.int/publications/scientific-conceptual-framework-land-degradation-neutrality-report-science-policy> (accessed 21 May 2019)
- O'Beirn FX, Luckenbach MW, Nestlerode JA, Coates GM (2000)**
Toward design criteria in constructed oyster reefs: oyster recruitment as a function of substrate type and tidal height. *Journal of Shellfish Research* 19:387-395
- O'Farrell PJ, Anderson PML (2010)**
Sustainable multifunctional landscapes: a review to implementation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2:59-65
- Palmer MA, Zedler JB, Falk DA (eds) (2016)**
Foundations of restoration ecology. Island Press, Washington, DC
- Perry D (1994)**
The soil ecosystem. Pages 302-338 In: Perry DA (ed) *Forest ecosystems*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Powers SP, Peterson CH, Grabowski JH, Lenihan HS (2009)**
Success of constructed oyster reefs in no-harvest sanctuaries implications for restoration. *Marine Ecology Progress Series* 389:159-170
- Prach K, Hobbs RJ (2008)**
Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology* 16:363-366
- Prach K, Rehounková K, Lencová K, Jírová A, Konvalinková P, Mudrák O, Študent V, Vanecek Z, Tichý L, Petřík P, Šmilauer P, Pyšek P (2014)**
Vegetation succession in restoration of disturbed sites in Central Europe: the direction of succession and species richness across 19 seres. *Applied Vegetation Science* 17:193-200
- Prober S, Byrne M, McLean E, Steane D, Potts B, Vaillancourt R, Stock W (2015)**
Climate-adjusted provenancing: a strategy for climate-resilient ecological restoration. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3
- REDD+ SES (2012)**
REDD+ social and environmental standards. Version 2. www.redd-standards.org
- Rey Benayas JM, Bullock JM, Newton AC (2008)**
Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6:329-336
- Rogers DL, Montalvo AM (2004)**
Genetically appropriate choices for plant materials to maintain biological diversity. Lakewood, Colorado <http://www.fs.fed.us/r2/publications/botany/plantgenetics.pdf> (accessed 20 May 2019)
- Rokich DP (2016)**
Melding of research and practice to improve restoration of Banksia woodlands after sand extraction, Perth, Western Australia. *Ecological Management & Restoration* 17:112-123
- Sáenz-Romero C, Lindig-Cisneros RA, Joyce DG, Beaulieu J, St. Clair JB, Jaquish BC (2016)**
Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 22:303-323. doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.10.052
- Sagvik J, Uller T, Olsson M (2005)**
Outbreeding depression in the common frog, *Rana temporaria*. *Conservation Genetics* 6:205-211
- Saunders A, Norton DA (2001)**
Ecological restoration at Mainland Islands in

- New Zealand. *Biological Conservation* 99:109-119
- Seddon S, Venema S, Miller DJ (2004)**
Seagrass rehabilitation in metropolitan Adelaide. II. Preliminary draft donor bed independent methods progress report. SARDI Aquatic Sciences report to the Department for Environment and Heritage, Adelaide
- SER (2004)**
The SER International primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona www.ser.org
- SER (2013)**
<http://www.ser.org/page/CodeofEthics/Code-of-Ethics.htm> (accessed 3 March 2018)
- SER and IUCN-CEM (2018)**
Forum on biodiversity and global forest restoration summary report and plan of action. <https://ser.site-ym.com/page/SERDocuments> (accessed 20 May 2019)
- Suding KN, Gross KL (2006)**
The dynamic nature of ecological systems: multiple states and restoration trajectories. Pages 190-209 In: Falk DA, Palmer MA, Zedler JB (eds) *Foundations of restoration ecology*. Island Press, Washington, DC
- Swetnam TW, Allen CD, Betancourt JL (1999)**
Applied historical ecology: using the past to manage for the future. *Ecological Applications* 9:1189-1206
- Temperton VM, Hobbs RJ, Nuttle T, Halle S (eds) (2004)**
Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. Island Press, Washington, DC
- UNCCD (2017) The global land outlook, first edition.**
United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf (accessed 20 May 2019)
- Van Andel J, Aronson J (eds) (2012)**
Restoration ecology: the new frontier. 2nd Edition Blackwell, Oxford, UK
- Vander Zanden MJ, Olden JD, Gratton C (2006)**
Food web approaches in restoration ecology. Pages 165-189 In: Falk D, Palmer M and Zedler J (eds) *Foundations of restoration ecology*. Island Press, Washington, DC
- Walker LR (2011)**
Integration of the study of natural and anthropogenic disturbances using severity gradients. *Austral Ecology* 36:916-922
- Wang Y, Pedersen JLM, Macdonald SE, Nielsen SE, Zhang J (2019)**
Experimental test of assisted migration for conservation of locally range-restricted plants in Alberta, Canada. *Global Ecology and Conservation* 17: e00572
- Westman WE (1978)**
Measuring the inertia and resilience of ecosystems. *BioScience* 28:705-710
- Wiggins HL, Nelson CR, Larson AJ, Safford HD (2019)**
Using LiDAR to develop high-resolution reference models of forest structure and spatial pattern. *Forest Ecology and Management* 434:318-330
- Wu J (2013)**
Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology* 28:999-1023
- Zedler JB, Stevens ML (2018)**
Western and traditional ecological knowledge in ecocultural restoration. *San Francisco Estuary and Watershed Science* 16:1-18

APÊNDICE 1: SELEÇÃO DE SEMENTES E OUTROS PROPÁGULOS PARA A RESTAURAÇÃO

Este apêndice foi adaptado e expandido de McDonald et al. (2016a). Embora haja muitas considerações a serem feitas ao decidir sobre a seleção de sementes de plantas e outros propágulos (por exemplo, material vegetativo, esporos, ovos, jovens vivos) para projetos de restauração, as considerações genéticas podem ser fundamentais para garantir que as populações originadas se reproduzam e persistam com sucesso. Essas considerações são particularmente importantes em paisagens fragmentadas, especialmente sob as mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES GENÉTICAS SOBRE A FONTE DE SEMENTES OU OUTROS PROPÁGULOS¹³

Os profissionais de restauração adotaram amplamente o conceito de restringir a coleta de propágulos a uma área de procedência ou zona de transferência de sementes local, para garantir que os propágulos selecionados para restauração sejam adaptados localmente. No entanto, o protocolo de apenas coletar propágulos muito perto do local de restauração é agora considerado uma interpretação inadequada da procedência local, uma vez que a distância geográfica pode não ser uma boa medida das diferenças ecológicas entre os locais. Ou seja, muitos profissionais agora entendem que o grau de adaptação local varia por espécie, população e habitat (Gibson et al. 2016), e um genótipo “local” pode ocorrer em áreas estreitas ou amplas (ou seja,

¹³ Para plantas, nos referimos às sementes como os propágulos primários usados na restauração, mas nem sempre são utilizadas sementes. Algumas espécies produzem muito poucas sementes e se propagam mais comumente por estacas, divisões ou micropropagação. Enquanto os princípios genéticos adotados para a procedência são semelhantes, independentemente do tipo de propágulo, é importante lembrar que a diversidade genética é limitada quando são adotados métodos de propagação vegetativa, o que pode afetar a capacidade de uma população em responder a desafios futuros de adaptação. Esse princípio geral também é válido para algumas espécies animais, como corais ou fungos, em que partes de indivíduos ou colônias são usados como propágulos, no lugar de esporos, ovos ou outros meios de reprodução sexual.

de 10 a 100 de km²), dependendo da espécie e sua biologia. Por exemplo, prevê-se que plantas anuais com elevada autofecundação, sementes dispersas pela gravidade e que ocorrem historicamente em populações isoladas e discretas, ocorram em intervalos locais mais restritos do que plantas com dispersão pelo vento, água ou animais, especialmente aquelas que sofreram uma recente expansão na sua amplitude (Hufford & Mazer 2003; Broadhurst et al. 2008). Além disso, em uma paisagem amplamente degradada, pequenos fragmentos estão em risco de endogamia elevada quando as populações caem abaixo do número limite específico da espécie. Como a depressão por endogamia pode reduzir a função e adaptação das populações, geralmente é melhor coletar propágulos de populações maiores e de alta densidade. Isso significa que, em paisagens fragmentadas onde as populações são menores, menos densas e mais isoladas, pode ser necessário coletar propágulos de distâncias maiores e fontes múltiplas (e potencialmente multiplicá-los em áreas de produção) para capturar diversidade genética suficiente e propágulos suficientes para reconstruir os propágulos funcionais e comunidades resilientes.

Ao buscar propágulos de forma mais ampla, deve-se considerar os riscos de depressão por exogamia. Embora não seja tão comum quanto a depressão por endogamia, pode ocorrer quando espécies de populações geneticamente divergentes são cruzadas. Em alguns casos, a perda de aptidão é devida a uma perda de adaptação local. Se os pais estão adaptados a condições diferentes entre si, a prole resultante pode ser mal adaptada ao local de qualquer dos pais. Em outros casos, podem ser quebrados complexos de genes co-adaptados,

resultando em perda de aptidão (Rogers & Montalvo 2004). A depressão por exogamia pode ser particularmente grave em plantas quando populações de diferentes ploidias (o número de cromossomos nas células) são combinadas em restaurações ou em áreas de produção de sementes. As diferenças de ploidia são relativamente comuns em Poaceae e Asteraceae - duas famílias amplamente utilizadas na restauração (Kramer et al. 2018) e populações com diferentes níveis de ploidia podem ser encontradas nas proximidades (Gibson et al. 2017). Como as populações de diferentes ploidias não devem ser misturadas na produção no viveiro ou restauração, pode ser necessário testar via citometria de fluxo para determinar os níveis de ploidia de uma população antes da mistura, caso exista uma estratégia de mistura desejada. A depressão por exogamia em animais não foi tão amplamente identificada como em plantas, mas existe (por exemplo, Sagvik et al. 2005; Huff et al. 2011).

FONTE DE PROPÁGULOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O intervalo climático no qual uma espécie ocorre atualmente é conhecido como seu “nicho” ou “envelope” climático. À medida que o clima muda, é provável que este envelope climático se desacople do intervalo atual de uma espécie e, se as condições se tornarem mais quentes, pode se mover mais para os pólos ou para elevações mais altas. Os envelopes climáticos também podem ser afetados por mudanças nas chuvas, com áreas que se tornam mais secas ou úmidas. No entanto, como a precipitação tende a mudar de maneiras menos previsíveis do que a temperatura, é provável que o deslocamento dos envelopes climáticos seja mais complexo. Essas mudanças também podem afetar populações individuais de uma espécie em taxas diferenciadas.

Embora muitas espécies tenham enfrentado as mudanças climáticas no passado, a taxa das

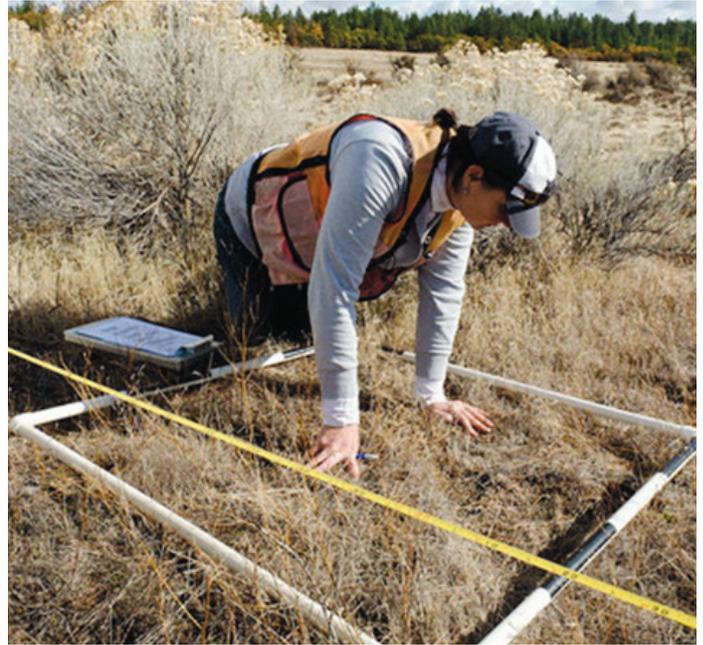


Foto de Mel Asher

mudanças climáticas atuais, bem como a fragmentação e as barreiras antropogênicas à migração, são sem precedentes e desafiam a sobrevivência das espécies. Não podemos prever com precisão o tipo e a escala dos riscos que os ecossistemas enfrentam, porque apenas uma pequena proporção das espécies foi estudada individualmente. Sabemos que algumas espécies ou populações podem desaparecer de suas localizações atuais, algumas tornando-se local ou regionalmente extintas devido a barreiras à migração e outros fatores. Outras colonizarão novas áreas, alterando localmente o conjunto de espécies na comunidade. Algumas podem ter “plasticidade adaptativa” suficiente para persistir à medida que o clima muda, como foi demonstrado em experimentos de translocação. Ou seja, uma planta individual pode ser capaz de ajustar sua forma por mecanismos como redução do tamanho da folha, aumento da espessura da folha ou alteração dos tempos de floração e emergência. Os animais podem alterar as escolhas alimentares (por exemplo, espécies de urso onívoro passando a alimentar-se de plantas mais resistentes às mudanças climáticas). As espécies de fauna generalistas geralmente sobrevivem melhor às mudanças climáticas do que as espécies especialistas. Na

maioria dos casos, a persistência pode depender da capacidade de adaptação de uma espécie, que por sua vez depende do tamanho e da diversidade genética das populações individuais.

Muitos fatores influenciarão a capacidade de uma espécie de se adaptar a novas condições ou de migrar, incluindo padrões de fluxo gênico, distribuição geográfica da espécie, heterogeneidade do habitat e clima, onde a espécie ocorre e outros fatores bióticos e abióticos, incluindo se a espécie é característica dos estádios sucessionais iniciais ou tardios. Espécies de flora ou fauna que possuem grandes populações, alta diversidade genética, fluxo gênico de longa distância e capacidade reprodutiva e de dispersão naturalmente alta, podem ter uma probabilidade maior de se adaptar ou migrar conforme seu envelope climático se move. Por outro lado, espécies ou populações, com menor diversidade genética e baixa capacidade de dispersão que ocorrem em manchas isoladas ou que se tornaram isoladas por meio de distúrbios antrópicos podem ser menos capazes de se adaptar ou migrar em resposta às mudanças climáticas.

A história da paisagem também desempenha um papel na probabilidade de adaptação. Por exemplo, para algumas paisagens com alta biodiversidade que pertencem à classificação “antigas, climaticamente protegidas inférteis” (*Old, Climatically Buffered, Infertile Landscapes* – OCBIL, no sentido amplo de Hopper 2009), é muito provável que as suas espécies tenham resistido aos impactos climáticos oriundos das múltiplas mudanças climáticas, porém sem glaciação. Como resultado, as espécies persistiram nessas paisagens ao longo do tempo geológico, por meio da adaptação às flutuações de umidade e temperatura. Portanto, em OCBILs, como grande parte da Austrália e do sul da África, as espécies exibem um alto nível de pré-adaptação às mudanças climáticas. A extinção e extirpação local de espécies em paisagens OCBIL ocorrem mais frequentemente devido à fragmen-

tação e perda de habitat. Em contraste, em regiões temperadas, muitas espécies estão adaptadas à migração de longa distância, como ocorreu após o degelo.

FERRAMENTAS E DIREÇÕES FUTURAS

Protocolos para a seleção de propágulos para aumentar o potencial adaptativo de uma espécie em projetos de restauração estão sendo desenvolvidos. As atividades de restauração para aumentar o potencial adaptativo podem ser desnecessárias em habitats grandes e intactos, devido à alta conectividade entre as populações. As ações para auxiliar na adaptação genética serão provavelmente benéficas para paisagens já fragmentadas ou que com grande probabilidade se tornarão fragmentadas devido às mudanças climáticas. Embora o pool genético local desempenhe um papel importante na adaptação, pode ser prudente incluir algum germoplasma da mesma espécie de um “clima futuro” previsto - isto é, uma região com um clima semelhante ao previsto para a área que está sendo restaurada. Sugestões para obter sementes de plantas de forma mais conservadora ou quando uma abordagem mais expansiva é apropriada são fornecidas na Quadro A1. Os pesquisadores são encorajados a desenvolver protocolos para ensaios ou experimentos formais integrados em ambientes de restauração de baixo risco.

Há ferramentas disponíveis para ajudar os planejadores da restauração a realizar análises de **prontidão climática** (preparação para o clima) na fase de planejamento. Em primeiro lugar, os profissionais são encorajados a procurar previsões dos efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas onde trabalham. Em segundo lugar, os profissionais são encorajados a buscar mais informações e colaborar com os pesquisadores para obter uma melhor compreensão das respostas previstas das espécies à fragmentação e às mudanças climáticas e para identificar os riscos relativos das opções relacio-

nadas à movimentação deliberada de material genético em projetos de restauração. Para as plantas, estudos em condições controladas são essenciais para compreender os riscos e benefícios da movimentação de material vegetal. Terceiro, ferramentas virtuais disponíveis na internet estão se tornando cada vez mais acessíveis em alguns países para identificar se a espécie, ou população, que ocorre atualmente perto do local de restauração ainda será adequada para os climas previstos para ocorrer no local no futuro. Na América do Norte, a ferramenta de seleção de sementes (<<https://seedlotselectiontool.org/sst/>>) tem se revelado muito útil para plantas e, na Austrália, o *website* “Atlas of Living Australia” (<<https://www.ala.org.au>>) pode ajudar os profissionais a identificar a distribuição geográfica natural de uma espécie e se ela pode ter potencial para tolerar as condições previstas em cenários de mudanças climáticas, que estão mapeados no *website* <www.climatechangeinaustralia.gov.au> (ver Booth et al. 2012).

Muitos projetos de restauração já estão adquirindo sementes de plantas de procedências mais distantes, geralmente com a mudança climática em mente. As estratégias propostas para fornecimento de propágulos que pretendem levar à restauração a capacidade de adaptação climática (prontidão climática) por meio da diversidade genética incluem: relaxar a procedência local (Kaye 2001); procedência composta (Broadhurst et al. 2008); procedência mista (Breed et al. 2013); procedência preditiva (por exemplo, Crowe & Parker 2008); e procedência ajustada ao clima (Prober et al. 2015; Figura 6). As descrições de cada estratégia, bem como dos benefícios, riscos e usos mais apropriados, estão no Quadro A2. A aplicação de qualquer estratégia deve ser realizada somente quando justificada, apoiada por ciência bem embasada, dentro de uma estrutura de gerenciamento de risco que considere os efeitos negativos potenciais da consanguinidade e da depressão por exogamia. Deve incluir, também, o monitoramento de longo prazo (ou seja, pelo

menos uma década) para registrar as lições a serem compartilhadas com os profissionais e cientistas.

Os profissionais que elaboram listas de espécies a ser plantadas precisam, no entanto, ter em mente que é impossível ter certeza das mudanças que possam ocorrer. Diferentes espécies e populações responderão às mudanças climáticas de maneiras diferentes e, atualmente, não há uma maneira infalível ou fácil de prever isso. Além disso, a temperatura e a precipitação não são os únicos indicadores importantes. Uma série de fatores físicos (por exemplo, substratos) e biológicos (por exemplo, dispersão) - que podem ou não ser afetados por uma mudança no clima - também podem ter papéis importantes pela sua influência na distribuição de uma espécie. Desde que seja feita com cautela, um amplo projeto de testar com empirismo científico os diferentes métodos de procedência em múltiplos lugares ao redor do mundo pode facilitar a determinação das melhores práticas. Todo projeto de restauração pode ser tratado como um experimento se forem mantidos bons registros e os resultados monitorados e compartilhados. Tal abordagem pode melhorar as práticas de restauração no futuro.

RESTAURANDO A CONECTIVIDADE E MIGRAÇÃO ASSISTIDA

Um impacto benéfico da restauração ecológica é a melhoria da conectividade entre fragmentos de ecossistemas nativos que permite que as espécies migrem e evoluam em face das mudanças climáticas. Alguns pesquisadores têm defendido que certas espécies vão necessitar de assistência especial para migrar (“migração assistida”; Kramer & Havens 2009; Sáenz-Romero et al. 2016; Wang et al. 2019). Na realidade, muitas das estratégias discutidas aqui podem ser consideradas uma forma de migração assistida no nível da população. No entanto, quando e onde isso pode funcionar está sujeito a intenso debate e contém riscos (por exemplo, hibridização com espécies intimamente relacionadas; as

espécies se tornarem invasoras no novo ambiente). O aumento de espécies nos limites de sua distribuição, o que pode parecer lógico em muitos casos, também pode ser problemático, pois a ocorrência das espécies pode ser esparsa nas margens de suas áreas de distribuição por razões ecológicas que podem ser mal compreendidas. Além disso, as populações ao longo dos limites de distribuição às vezes são geneticamente distintas. A introdução de germoplasma de outras populações pode reduzir a prontidão climática ou levar à extinção da população local por meio de hibridização. Frequentemente, os limites da distribuição são muito irregulares com muitos pontos fora do padrão estatístico esperado, uma condição mal delimitada por muitos mapas de distribuição (por exemplo, usando como índice 'presença/ausência por unidades administrativas locais'). A questão de quando transferir as espécies "para cima quanto à latitude e para cima em termos de altitude" ao longo desses limites de distribuição, ou continuar a apoiar populações em baixas latitudes e nos extremos de baixa elevação das suas áreas de distribuição, é complexa e merece uma reflexão cuidadosa. Os limites de distribuição em relação às mudanças climáticas são mais vulneráveis à perda de uma espécie. A longevidade, dispersão, sistema de reprodução e outras características das espécies determinam a capacidade de adaptação ou migração. Ao fazer a coleta dos propágulos, é importante considerar o material de fontes atualmente adaptadas e fontes adaptadas às condições previstas para um futuro próximo, com a intenção de equilibrar os benefícios da adaptação local com a capacidade de adaptação às mudanças.

Quadro A1

Os locais de ocorrência de plantas e animais, em um gradiente de espécies e características de habitats podem auxiliar nas decisões sobre as fontes de propágulos (modificado de Havens et al. 2015).

MAIS CONSERVADOR / FONTE DE PROPÁGULOS LOCAL	CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES	MAIS FLEXÍVEL / FONTE DE PROPÁGULOS MAIS DISTANTE
Distribuição restrita, incluindo endemismo edáfico	←—————→	Distribuição ampla
Incertezas taxonômicas (potencial ocorrência de espécies crípticas)	←—————→	Estabilidade taxonômica (comunidade bem estudada)
Pouco fluxo gênico de longa distância	←—————→	Extenso fluxo gênico de longa distância
MAIS CONSERVADOR / FONTE DE PROPÁGULOS LOCAL	CARACTERÍSTICAS DO HABITAT	MAIS FLEXÍVEL / FONTE DE PROPÁGULOS MAIS DISTANTE
Fragmentação histórica (antiga)	←—————→	Fragmentação recente
Alta qualidade	←—————→	Altamente degradado
Paisagem antiga ou estável	←—————→	Paisagem jovem ou dinâmica

Quadro A2.

Tipos de fontes de propágulos, com sua descrição, benefícios, riscos e usos mais adequados. Modificado de Havens et al. (2015) e Breed et al. (2013).

PROPÁGULO	TIPO DA FONTE	DEFINIÇÃO	BENEFÍCIOS RISCOS	MELHOR USADO QUANDO
Procedência local restrita	Uso de propágulos apenas do local onde a restauração está ocorrendo ou de populações dentro da distância normal de fluxo gênico	<ul style="list-style-type: none"> baixo risco de má adaptação (pelo menos no curto prazo) 	<ul style="list-style-type: none"> base genética estreita possível consanguinidade deriva genética falta de potencial adaptativo 	<ul style="list-style-type: none"> os distúrbios são mínimos população grande presente no local da restauração ou no entorno a mudança na distribuição prevista é baixa
Procedência local flexível	Mistura de propágulos de populações geograficamente próximas, com o foco de combinar as condições ambientais dos locais fonte e receptor	<ul style="list-style-type: none"> baixo risco de má adaptação (pelo menos no curto prazo) Evita consanguinidade aumenta o potencial adaptativo 	<ul style="list-style-type: none"> pode ter base genética estreita falta de potencial adaptativo no longo prazo 	<ul style="list-style-type: none"> os distúrbios são mínimos a mudança na distribuição prevista é baixa
Procedência composta	Mistura de propágulos de populações próximas e de distância intermédia (ou combinação ambiental) para imitar um fluxo gênico de longa distância	<ul style="list-style-type: none"> Evita consanguinidade aumenta o potencial adaptativo 	<ul style="list-style-type: none"> má adaptação depressão por consanguinidade 	<ul style="list-style-type: none"> os distúrbios são mínimos há muita fragmentação a mudança na distribuição prevista é moderada
Procedência mista	Mistura de propágulos de muitas populações de distâncias variadas dentro da área de distribuição das espécies	<ul style="list-style-type: none"> potencial adaptativo mais alto 	<ul style="list-style-type: none"> risco mais alto de má adaptação depressão por consanguinidade possibilidade de genótipos invasivos 	<ul style="list-style-type: none"> há muitos distúrbios a mudança na distribuição prevista é alta
Procedência preditiva pelo clima	Uso de genótipos adaptados às condições previstas (por exemplo, às projeções climáticas para 2050), baseados em modelos e experimentos de transplante	<ul style="list-style-type: none"> lida melhor com as condições em mudança, se as previsões estiverem corretas 	<ul style="list-style-type: none"> projeções podem estar erradas requer muita pesquisa (alto custo inicial), embora ferramentas possam ajudar 	<ul style="list-style-type: none"> distúrbios são poucos ou moderados a mudança na distribuição prevista é alta e bem conhecida

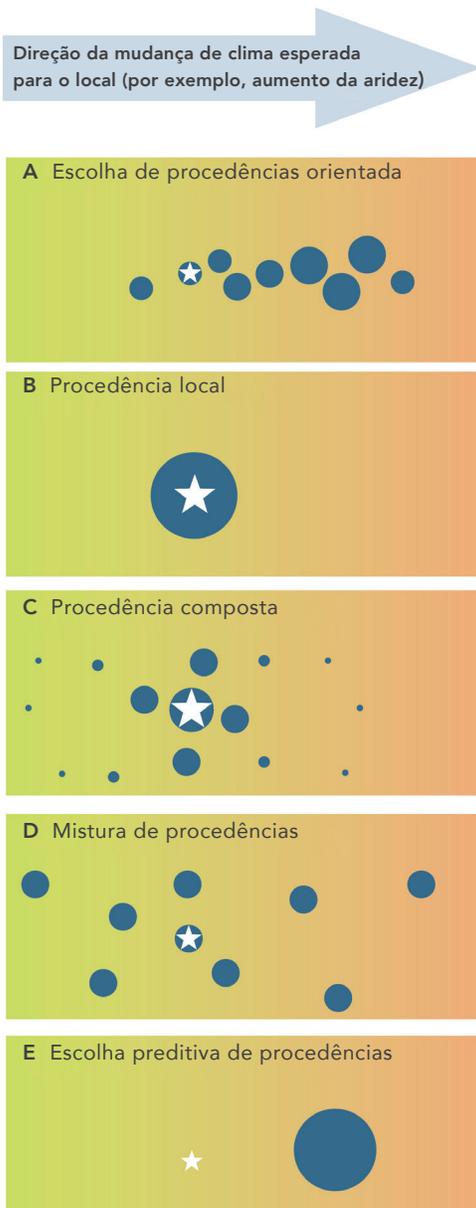
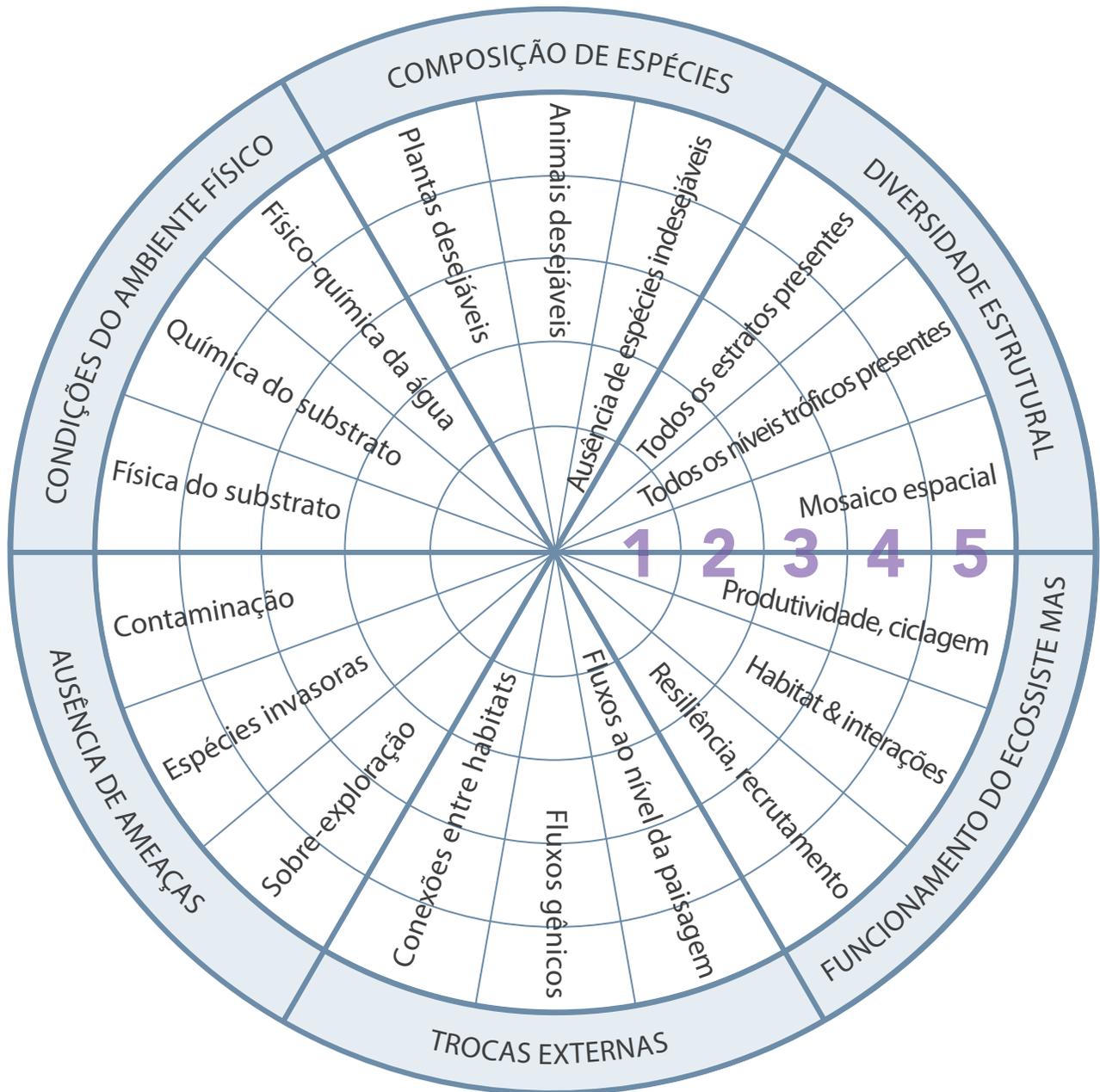


Figura A1. Estratégias de comprovação de procedência para revegetação (reimpresso de Prober et al. 2015). As estrelas indicam locais a serem revegetados e os círculos representam populações nativas usadas como fontes de germoplasma. O tamanho do círculo indica as quantidades relativas de germoplasma incluídas de cada população no local de revegetação. Observe que a procedência ajustada pelo clima não é considerada na Quadro A2.

APÊNDICE 2: MODELO PARA AVALIAÇÃO DE PROJETOS (para uso pelo restaurador)



Modelo de roda de recuperação

AValiação de DEL ECOSISTEMA RECUPERAÇÃO DO ECOSISTEMA

Local: _____

Avaliador: _____

Data: _____

Ecosistema de Referência:

CATEGORIA DE ATRIBUTO	NÍVEL DE RECUPERAÇÃO (1-5)	EVIDÊNCIA PARA O NÍVEL DE RECUPERAÇÃO
Atributo 1. Ausência de ameaças		
a Sobre-exploração		
b Espécies invasoras		
c Contaminação		
ATRIBUTO 2. Condições do ambiente físico		
Física do substrato		
Química do substrato		
Físico-química da água		
ATRIBUTO 3: Composição de espécies		
Plantas desejáveis		
Animais desejáveis		
Ausência de espécies indesejáveis		
ATRIBUTO 4: Diversidade estrutural		
Todos os estratos presentes		
Todos os níveis tróficos presentes		
Mosaico espacial		
ATRIBUTO 5: Funcionamento do ecossistema		
Produtividade, ciclagem		
Habitat & interações		
Resiliência, recrutamento		
ATRIBUTO 6: Trocas externas		
Fluxos ao nível da paisagem		
Fluxos gênicos		
Conexões entre habitats		

Citação: Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition: November 2019. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C. 20005 U.S.A.

