

# Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras

DARY MOREIRA GONÇALVES RIGUEIRA

EDUARDO MARIANO NETO

DOI: 10.7724/caaitu.2013.v1.n1.d06

*Monitoring: an integrated proposal for the evaluation of the success of ecological restoration projects for Brazilian forested areas*

**What environmental problem is the focus of this work?** *The monitoring of the results of ecological restoration projects demanded by environmental organs (e.g., restoration-based compensation measures; degraded areas recuperation plans) is central to the evaluation of their success. However, it seldom includes measures of sustainability of the ecosystem under restoration.*

**What was the strategy of the work to help solving the problem?** *Consulting the scientific literature on the subject, we produced a matrix of easily usable indicators of the sustainability of the populations and of the processes responsible for their maintenance in areas under restoration.*

**What is the main conclusion of the work?** *Indicators planned to evaluate structural parameters of the vegetation (e.g., tree growth) are not able to infer about ecosystem self maintenance. Therefore, indication of functionality of the system (e.g., biological flows; seedling recruitment), of certain changes in community composition (e.g., appearance of new life forms and taxa), and of socioeconomic changes (e.g., adherence by landowner; income generation) should be used.*

**Key-words:** *Biomonitoring, functional parameters, ecological processes, reclamation, reforestation.*

## Introdução

Devido às múltiplas conceituações existentes para restauração ecológica, além das diferentes sinonímias utilizadas (e.g. reflorestamento, recuperação, reabilitação, etc.), adotamos uma definição reconhecida no meio científico e técnico,

### Que problema ambiental é foco deste trabalho?

O monitoramento dos resultados de projetos de restauração ecológica demandados pelos órgãos ambientais (e.g., medidas compensatórias; planos de recuperação de áreas degradadas) é central para a avaliação de seu sucesso. Contudo, ele raramente inclui medidas de sustentabilidade do ecossistema em restauração.

### Qual foi a estratégia do trabalho para contribuir com sua solução?

Através de consulta à literatura científica sobre o assunto, produzimos uma matriz de indicadores facilmente utilizável para avaliar a sustentabilidade das populações e dos processos responsáveis por sua manutenção em áreas sob restauração.

### Qual é a principal conclusão do trabalho?

Indicadores dedicados a avaliar parâmetros estruturais da vegetação (e.g., crescimento de árvores) não são capazes de inferir sobre a automanutenção do ecossistema. Desse modo, indicadores da funcionalidade do sistema (e.g., fluxos biológicos; recrutamento de plântulas), de certas mudanças na composição da comunidade (e.g., aparecimento das novas formas de vida e táxons) e de mudanças socioeconômicas (e.g., aderência pelos proprietários; geração de renda) deveriam ser usados.

**Palavras-chave:** Biomonitoramento; Parâmetros funcionais; Processos ecológicos; Recuperação; Reflorestamento.



utilizada pela “Society for Ecological Restoration International” (SER 2004). Assim, consideramos a restauração ecológica como uma prática que visa o restabelecimento da estrutura e funções ecológicas características do ecossistema alterado em decorrência de atividades humanas.

Uma etapa importante dos projetos de restauração ecológica é o monitoramento. Normalmente, esta etapa é iniciada após implantação do projeto, devendo incorporar as informações dos diagnósticos iniciais (Rodrigues et al. 2009). Este acompanhamento deve ser realizado periodicamente, utilizando parâmetros com indicadores mensuráveis, previamente estabelecidos, capazes de revelar se os objetivos do restauro serão alcançados num tempo determinado e se as dinâmicas populacionais e de interações, que irão garantir a automanutenção do ecossistema, serão novamente estabelecidas (Sant’Anna et al. 2011, Uehara & Gandara 2011).

A escolha dos indicadores para o monitoramento de ecossistemas em restauração está diretamente ligada às técnicas utilizadas durante a restauração. Desta forma, o conjunto de indicadores dependerá das técnicas escolhidas e do objetivo final da restauração (Mandetta 2006, Rodrigues et al. 2009).

Apesar da reconhecida importância do monitoramento para o efetivo sucesso de uma restauração ecológica, métodos de monitoramento adequados ainda têm sido pouco utilizados nos projetos de restauração de áreas degradadas (Souza & Batista 2004, Ruiz-Jaen & Aide 2005). Frequentemente, estudos de monitoramento de restau-

rações (i) não possuem clareza nos indicadores nem nos períodos propostos para sua realização, (ii) não estabelecem objetivamente a periodicidade necessária para o seu acompanhamento e (iii) não explicitam os custos financeiros associados a sua execução (Rodrigues et al. 2009).

De uma maneira geral, os indicadores mais utilizados são focados na estrutura da vegetação, como incremento na altura e no DAP (diâmetro à altura do peito), ou na composição, através da diversidade de espécies vegetais da área em restauração (Siqueira 2002, Reis et al. 2003, Melo 2004, Almeida & Sánchez 2005, Rodrigues et al. 2007). Outros indicadores têm sido propostos por diferentes pesquisadores, a exemplo do monitoramento através da ocorrência de espécies animais (Longcore 2003, Damasceno 2005, Caes 2009), de características físico-química dos solos (Bentham et al. 1992, Rhoades et al. 1998, Chaer 2008), de processos ecológicos (e.g. ciclagem de nutrientes, decomposição foliar) (Gisler 2000), além de aspectos da paisagem (e.g. conectividade da área restaurada com outros fragmentos, permeabilidade da matriz circundante, fluxo de organismos) (George & Zack 2001, Siqueira 2002).

No entanto, quando analisados isoladamente tais indicadores podem fornecer interpretações equivocadas, principalmente acerca da restauração de processos ecológicos e da sustentabilidade do ecossistema restaurado (Ruiz-Jaen & Aide 2005). Ou seja, para um ecossistema ser restaurado este não apenas deverá recuperar sua estrutura florestal e/ou um número determinado de espécies vegetais, mas também

deverá ter seus processos ecológicos, e mantenedores das populações e de suas interações, restaurados. Uma restauração bem sucedida também deverá resgatar a dispersão, a sucessão, a polinização, o fluxo gênico e a ciclagem de nutrientes, de modo a viabilizar sua auto-manutenção (Palmer et al. 1997, SER 2004, Bennett et al. 2009, Sant’Anna et al. 2011). Nesse contexto, caso os processos ecológicos não sejam restaurados, serão necessárias novas intervenções humanas, elevando os custos do projeto de restauração, o que poderá inviabilizar o mesmo.

O presente trabalho apresenta uma proposta para o monitoramento das ações de restauração ecológica em ambientes florestais alterados, considerando tanto os aspectos da estrutura e composição vegetal (e.g. Siqueira 2002, Reis et al. 2003, Melo 2004, Almeida & Sánchez 2005, Rodrigues et al. 2007) como os aspectos sócio-econômicos e da funcionalidade do ecossistema em questão (e.g. Palmer et al. 1997, Bennett et al. 2009, Sant’Anna et al. 2011), através de indicadores mensuráveis capazes de inferir sobre a sustentabilidade das populações e de seus processos mantenedores na paisagem, sintetizados numa matriz de indicadores.

### **Método:**

Realizamos buscas por trabalhos desenvolvidos em ambientes florestais, principalmente tropicais, a fim de considerar as particularidades destes ambientes, todavia objetivando uma proposta de aplicação prática em projetos de restauração ecológica para áreas florestais brasileiras. Focamos a busca em dois grupos de pesquisa com

experiência em restauração ecológica e importantes produtores de trabalhos sobre o tema; o Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF/ESALQ/USP) e o Laboratório de Restauração Ambiental Sistêmica (UFSC), além da “Society for Ecological Restoration International”, um grupo internacional reconhecido no meio científico e técnico. Também foram realizadas buscas em artigos científicos através do sistema ISI Web of Knowledge (<http://apps.isiknowledge.com>) publicados nos últimos 10 anos, através da expressão de busca “ecological restoration” e através da combinação desta com as expressões “forest” e “tropical forest”. Ao cabo da busca, obtivemos 26 trabalhos: 16 artigos científicos, 4 dissertações de mestrado, 1 tese de doutorado, 4 manuais técnicos e 1 Instrução Normativa (IN 05/09). Usamos esses documentos como arcabouço conceitual para construção da proposta de monitoramento apresentada no presente trabalho.

A partir de uma análise crítica dos trabalhos levantados, elaboramos uma matriz de indicadores para o monitoramento e avaliação dos projetos de restauração, com foco em parâmetros e indicadores de fácil mensuração e análise.

### **Proposta integrada de monitoramento:**

Construímos uma proposta de monitoramento integrado, baseada em quatro parâmetros gerais: **estrutura**, **composição**, **função ecológica** e **função social**. Para cada parâmetro, utilizamos indicadores de diferentes componentes do ecossistema como a flora, fauna e solo (Tabela 1).

PARÂMETRO	COMPONENTE	INDICADOR	PERÍODO (ANOS)	DESEJÁVEL	INDESEJÁVEL	
Estrutura	Flora	Altura das mudas	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Crescimento constante; altura média mínima de 6 a 8 metros com 10 anos	Estagnação no crescimento; altura média inferior a 6 metros com 10 anos	
		Espessura das mudas (DAP e DAS)	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Crescimento constante	Estagnação no crescimento	
		Incremento de copa	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Incremento de sombra: maior que 50% após o 3º ano; maior que 65% após 5 anos; maior que 80% após 10 anos	Área pouco sombreada, predomínio do sol (menos que 50% de sombra)	
	Solo	Erosão	1/2; 1, 2, 3	Erosão reduzida e, por fim, controlada	Erosão ainda presente	
		Compactação	1/2; 1, 2, 3	Solo descompactado	Solo ainda compactado	
		Acidez (Ph)	1/2; 1, 2	Acidez neutralizada	Solo ainda ácido	
		Nutrientes	1/2; 1, 2	Solo rico de nutrientes em (N, P, K)	Solo pobre de nutrientes (N, P, K)	
			Cobertura/Serapilheira	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Solo coberto	Solo exposto
	Paisagem	Dinâmica dos fragmentos do entorno	2, 5, 10, 15	Aumento na quantidade de fragmentos florestais no entorno	Redução na quantidade de fragmentos florestais no entorno	
	Composição	Flora	Regeneração natural	1, 2, 3, 5, 10, 15	Ocorrência de indivíduos regenerantes (diferentes idades e tamanhos)	Ausência de indivíduos regenerantes
Formas de vida			1, 2, 3, 5, 10, 15	Ocorrência de diferentes formas de vida	Pouca diversidade de formas de vida (basicamente árvores)	
Fauna		Ocorrência de novos táxons	1, 2, 3, 5, 10, 15	Aumento na riqueza de espécies	Manutenção ou redução na riqueza de espécies	
Processos Ecológicos	Flora	Mortalidade e sobrevivência	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Baixa mortalidade e alta sobrevivência; ausência de matocompetição, pastoreio, predação ou alelopatia	Baixa sobrevivência e alta mortalidade; ocorrência de matocompetição ou pastoreio ou predação ou alelopatia	
		Espécies exóticas ou daninhas	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Ausência de espécies exóticas ou daninhas	Ocorrência de espécies exóticas ou daninhas	
		Padrões fenológicos	2, 3, 5, 10, 15	Diversidade na forma e tamanho de frutos/flores (síndromes) e período de ocorrência (mês de floração/frutificação)	Similaridade na forma e tamanho de frutos/flores (síndromes) e período de ocorrência (mês de floração/frutificação)	
			Grupo funcional	2, 3, 5, 10, 15	Aumento na ocorrência de espécies tolerantes à sombra (secundárias)	Manutenção ou aumento na ocorrência de espécies não-tolerantes à sombra (pioneiras)
	Fauna	Dispersores	2, 3, 5, 10, 15	Aumento na diversidade de dispersores (dispersam diferentes tipos de frutos)	Pouca diversidade de dispersores (dispersam o mesmo tipo de fruto)	
		Polinizadores	2, 3, 5, 10, 15	Aumento na diversidade de polinizadores (polinizam diferentes tipos de flores)	Pouca diversidade de polinizadores (polinizam o mesmo tipo de flor)	
	Solo	Fauna edáfica	1, 2, 3, 5, 10, 15	Aumento na diversidade e grupos funcionais (macro-, meso- e microfauna)	Manutenção na diversidade e grupos funcionais (macro-, meso- e microfauna)	
		Decomposição	1, 2, 3, 5, 10, 15	Taxa de decomposição próxima dos valores observados nas áreas de referência	Taxa de decomposição menor do que os valores observados nas áreas de referência	
Função Social	Sensibilização da comunidade local	Adesão do proprietário	1/2; 1, 2, 3, 5, 10, 15	Proprietário satisfeito e participante, percepção de melhorias na sua qualidade de vida	Proprietário insatisfeito e sem participação, sem percepção de melhorias na sua qualidade de vida	
		Formação de multiplicadores	1, 2, 3, 5, 10, 15	Proprietário divulgando a iniciativa de restauração para os demais vizinhos	Proprietário não divulga a iniciativa de restauração para os demais vizinhos	
		Novas adesões	1, 2, 3, 5, 10, 15	Novos proprietários restaurando suas áreas	Sem novos proprietários restaurando suas áreas	
		Iniciativas coletivas	1, 2, 3, 5, 10, 15	Formação de associativas, cooperativas ou outros movimentos coletivos que vise a restauração	Ausência de tais iniciativas	
	Desenvolvimento sócio-ecoômico	Capacitação técnica	1, 2, 3, 5, 10, 15	Proprietários e mão-de-obra local com capacitação para restauração	Proprietários e mão-de-obra local sem capacitação para restauração	
		Geração de renda	1, 2, 3, 5, 10, 15	Geração de emprego e renda para mão de obra local	Geração de emprego e renda para mão de obra outros locais	

Uma das primeiras atividades do monitoramento é o acompanhamento da restauração estrutural do ecossistema. A reestruturação de uma área degradada para um ambiente florestado deverá propiciar o surgimento de condições microclimáticas necessárias para a atração de fauna, o controle de espécies heliófitas e invasoras e o resgate de interações ecológicas e de diferentes processos ecológicos (Melo 2004, Ruiz-Jaen & Aide 2005, Mandetta 2006, Rodrigues et al. 2007).

O parâmetro **estrutura** foi dividido em 3 componentes (flora, fauna e paisagem do entorno), sendo estes compostos por 9 indicadores.

1. Flora: para este componente, o monitoramento deve acompanhar o crescimento das espécies vegetais plantadas ou regeneradas. Os indicadores utilizados são crescimento em altura, crescimento em espessura, e incremento de copa (ou proporção de sombra) (Siqueira 2002, Reis et al. 2003, Melo 2004, Almeida & Sánchez 2005, Rodrigues et al. 2007). Devido ao crescimento lento das espécies vegetais, este monitoramento geralmente deve ser realizado em períodos mais longos (uma vez a cada 12 meses, após a primeira medição com 6 meses).
2. Solo: o acompanhamento das melhorias estruturais do solo é realizado através da avaliação dos seguintes indicadores: erosão, compactação, acidez (pH), nutrientes e cobertura (serapilheira). Para erosão e compactação, devem ser acompanhados a redução ou o avanço destes processos a cada seis meses no primeiro ano e a cada 12 meses nos anos subsequentes (Capeche et al. 2008, Chaer 2008). No que se refere à acidez, que caracteristicamente se eleva em solos que tiveram sua vegetação suprimida, ela deve ser controlada e mantida em valores próximos aos observados na mesma região em ambientes não alterados (recobertos por habitats naturais) com o mesmo tipo de solo. Níveis de nutrientes (principalmente fósforo, potássio e nitrogênio) também devem ser avaliados a fim de propiciar melhorias das funções produtivas do solo (Gisler 2000, Chaer 2008). Por fim, valores de cobertura do solo através da deposição de matéria orgânica e serapilheira são importantes indicadores a serem monitorados, tanto pela sua presença quanto pela profundidade de matéria orgânica observada em diferentes tempos (e.g. a cada seis meses). Técnicas de introdução de matéria orgânica podem ser implementadas e mantidas ou interrompidas, a depender da quantidade de matéria orgânica que está sendo produzida pelo ecossistema em restauração (Mandetta 2006).
3. Paisagem do entorno: nesta etapa é avaliada a área que inclui o projeto de restauração, numa escala maior, relacionada com a dinâmica da paisagem circundante. A compreensão desta dinâmica permite a aquisição de informações relevantes que podem potencializar ou retardar a conclusão do projeto de restauração (George &

Zack 2001, Metzger 2001, Siqueira 2002, Rodrigues et al. 2007, Baum et al. 2004, Sant'Anna et al. 2011). Essa análise permite identificar, por exemplo, a manutenção ou diminuição de remanescentes florestais adjacentes (através de comparações de imagens adquiridas antes e durante a restauração) que, conseqüentemente, acabam servindo como fonte biológica para a área do projeto em questão, ou o tipo de matriz circundante (áreas antropizadas) que influencia a dinâmica de dispersão e locomoção dos organismos (permeabilidade da matriz). Assim, por exemplo, caso seja identificada uma redução significativa nos fragmentos do entorno, o monitoramento deve ser estendido por mais alguns anos a fim de identificar possíveis impactos no recrutamento e fauna local. Neste caso, a avaliação deve ser iniciada em um momento já avançado do projeto e com intervalos maiores, através de ferramentas de sensoriamento remoto e validações de campo.

A **composição** é outro importante parâmetro a ser considerado nos monitoramentos. Sua avaliação deve ser baseada principalmente no aumento da diversidade de táxons e formas de vida presentes na área em questão. Para isso devem ser considerados três componentes: flora, fauna e paisagem do entorno; acessados a partir de cinco indicadores.

1. Flora: este componente abarca três indicadores a serem monitorados: regeneração natural (recrutamento), formas de vida

presentes e estágio sucessional. É esperado que, ao longo do processo de restauração, ocorra o surgimento de novas espécies recruta (espécies regeneradas naturalmente) oriundas de fragmentos próximos da área em questão (Palmer et al. 1997, Siqueira 2002, Rodrigues et al. 2009). Este indicador permite avaliar o sucesso na restauração da regeneração natural através da ocorrência e estabelecimento das novas espécies (Mandetta 2006, Rodrigues et al. 2009). Associado a isto, deve ser monitorado o surgimento de novas formas de vida. Uma floresta não é composta apenas de árvores, e sim por uma gama de outros tipos de plantas como epífitas, trepadeiras, ervas, arbustos, samambaias e briófitas, ou seja, novas formas de vida que devem ocupar e estratificar as áreas restauradas para que uma nova floresta, e não apenas um bosque de árvores plantadas, seja restabelecida de fato (Damasceno 2005).

2. Fauna: neste componente devem ser observadas as ocorrências de novos táxons ao longo do monitoramento e o surgimento de novas espécies de diferentes grupos faunísticos (aves, mamíferos, répteis, invertebrados). Este acompanhamento deve ser mais intenso no início do projeto, a cada seis meses por exemplo, e nos anos subsequentes o monitoramento pode ser anual. Na medida em que a restauração ocorre, é esperada uma maior diversidade de espécies e grupos faunísticos

(Longcore 2003, Damasceno 2005, Caes 2009). Esta listagem com a ocorrência de novos grupos é importante para avaliação dos grupos funcionais (e.g. dispersores e polinizadores) nos indicadores derivados do parâmetro funcional, descrito a seguir.

Um dos principais parâmetros para avaliação do sucesso dos projetos de restauração está no monitoramento da restauração dos processos ecológicos, o que trará a funcionalidade e sustentabilidade à floresta restaurada (Bennett et al. 2009). Para análise da **função ecológica**, devem ser avaliados três componentes: flora, fauna e solo.

1. Flora: para este componente são recomendados indicadores que avaliem a restauração da cobertura vegetal e de sua perpetuação através da: mortalidade e sobrevivência/saúde (matocompetição, pastoreio, predação, alelopatia); ocorrência e dominância de espécies exóticas ou daninhas; ocorrência e dominância dos padrões fenológicos (época de floração e frutificação e tamanho/forma da flor e fruto); além da ocorrência e dominância de grupos funcionais (tolerante ou não-tolerante à sombra).

O monitoramento da sobrevivência e saúde das mudas é fundamental no momento inicial da restauração, de preferência com avaliações mensais durante o primeiro ano. Assim, deve ser avaliada a competição por luz com gramíneas ou outras espécies ruderais (matocompetição), o ataque de herbívoros ou pragas (predação), a invasão da área por

pastadores (bovinos e caprinos, por exemplo), ou se alguma espécie vegetal inviabiliza o desenvolvimento das espécies focais mediada pela competição química (alelopatia) (Uehara & Gandara 2011). Outro indicador do componente vegetal é o monitoramento da ocorrência e da dominância de espécies exóticas. É esperado que ao longo da restauração estas apresentem uma redução tanto na ocorrência quanto na abundância e que a área restaurada torne-se cada vez mais diversa (Palmer et al. 1997, Rodrigues et al. 2009). O indicador “padrões fenológicos” (Tabela 1) representa uma importante avaliação na funcionalidade do ecossistema. O monitoramento deste indicador fornece elementos que auxiliarão na compreensão sobre a restauração de processos como a dispersão e polinização (Bennett et al. 2009). Quanto maior for a diversidade na forma dos frutos e flores, associados à diferentes síndromes de dispersão e polinização em diferentes épocas do ano, maior será a diversidade funcional e, conseqüentemente, maior será o sucesso do projeto de restauração (Palmer et al. 1997, George & Zack 2001). Ampliar a gama de frutos e flores em diferentes meses do ano aumenta a disponibilidade continuada de alimento para diferentes animais. Por fim, como último indicador do componente florístico, deve-se avaliar a proporção de grupos tolerantes à sombra (espécies secundárias) ou não tolerantes à sombra (espé-

- cies pioneiras). Na medida em que o processo de restauração avança, espécies não tolerantes à sombra serão substituídas pelas espécies tolerantes à sombra (Almeida & Sánchez 2005, Mandetta 2006, Rodrigues et al. 2009).
2. Fauna: para este componente, deve ser realizada uma avaliação funcional da listagem de fauna em diferentes momentos. O objetivo aqui é identificar o quanto heterogênea é a fauna atraída, através da diversidade de nichos que estas ocupam. É interessante, por exemplo, que, ao longo do tempo, a área restaurada apresente diferentes tipos de polinizadores, de dispersores de frutos e de controladores naturais (animais que se alimentem de potenciais pragas). Quanto maior for essa diversidade funcional, maior será a rede de interações e mais eficiente será a restauração (Palmer et al. 1997, George & Zack 2001, Longcore 2003, Caes 2009, Williams 2011).
  3. Solo: a melhoria da funcionalidade e qualidade do solo é fundamental para promover a manutenção do crescimento vegetal, o aumento da diversidade biológica e o restabelecimento dos processos ecológicos associados (Chaer 2008). A funcionalidade deve ser monitorada pela presença e composição da fauna edáfica (micro-, meso- e macrofauna) e capacidade de decomposição (Bentham et al. 1992, Longcore 2003, Mandetta 2006), obviamente tendo como comparação áreas florestais naturais na região.
- O último, porém não menos importante parâmetro a ser analisado,

aborda aspectos sócio-econômicos. A **função social** é composta pelos componentes “sensibilização da comunidade local” e “desenvolvimento sócio-econômico” (Tabela 1).

1. Sensibilização da comunidade local: avaliar o nível de envolvimento e satisfação do proprietário e demais atores sociais locais pela realização do projeto de restauração é um importante elemento para avaliar o sucesso da restauração (Mesquita et al. 2010, Uehara & Gandara 2011). Através de entrevistas abertas e questionários semi-estruturados, devem ser avaliados os indicadores: adesão do proprietário (nível de envolvimento, satisfação e bem-estar com a realização da restauração em sua propriedade); formação de multiplicadores (proprietários que, além de realizarem a restauração em sua propriedade, divulgam e multiplicam a ideia para os seus vizinhos e demais proprietários da região); adesão de novos proprietários (avaliada a adesão de novos proprietários restauradores); e iniciativas coletivas (surgimento de iniciativas unificadas de restauração e que envolvam diferentes proprietários, como a formação de cooperativas ou associações e construção de projetos coletivos).
2. Desenvolvimento sócio-econômico: o monitoramento deste componente é feito a partir da análise de dois indicadores: a capacitação técnica e a geração de renda. Através de entrevistas abertas e questionários semi-estruturados, é avaliado

o nível de treinamento voltado à restauração recebido pelos agentes restauradores envolvidos no projeto. É importante que os atores sociais locais que irão trabalhar no projeto de restauração tenham capacitação adequada, tanto teórica quanto prática (Mesquita et al. 2010, Uehara & Gandara 2011). A geração de renda, oriunda dos projetos de restauração, é outro indicador que será avaliado através das entrevistas abertas. Através dele será monitorado o número de empregos gerados e a renda associada.

No entanto, cabe ressaltar que não existem receitas prontas e universais. Cada projeto possui uma especificidade e assim, a depender dos resultados observados, serão necessários mais ou menos esforços por parte do corpo técnico envolvido. Por isso, os parâmetros monitorados nos permitem avaliar se as técnicas adotadas devem ser reutilizadas ou até mesmo repensadas, caso o objetivo estabelecido não seja alcançado. O monitoramento deverá promover o melhoramento das técnicas adotadas, através de um processo de retroalimentação (melhoria das técnicas ou adequação), sendo também fornecedor de novas técnicas e diretrizes para futuros projetos (Mandetta 2006).

Acreditamos que o monitoramento de um projeto de restauração deva considerar os diferentes parâmetros supracitados, de maneira integrada e cadenciada, a fim de alcançar o seu objetivo final. O monitoramento baseado em diferentes parâmetros (multiparametrizado) é essencial. Caso seja

baseado exclusivamente em parâmetros e indicadores isolados as respostas obtidas serão apenas relativas ao sucesso das técnicas e impossibilitarão uma inferência robusta sobre a sustentabilidade do ecossistema restaurado (Ruiz-Jaen & Aide 2005).

### **Monitorar sim, mas por quanto tempo?**

O tempo recomendado para o monitoramento da restauração geralmente varia de 2 ou 3 anos, o que vem sendo considerado como o intervalo de tempo crítico do projeto (Melo 2004), até 5, 10, 15 ou mais anos. Não existe um consenso na literatura. Ademais, em vários documentos analisados no presente trabalho, não há qualquer menção sobre o tempo necessário para o monitoramento, seja ele mínimo ou máximo, a exemplo da Instrução Normativa 05/09.

Devido à especificidade de cada projeto de restauração, de fato, é difícil estabelecer um tempo máximo de monitoramento. Uma forma adequada para avaliação da autossuficiência é a comparação entre a área restaurada e áreas adjacentes (de fitofisionomia semelhante) presentes na mesma paisagem (e.g. sub-bacia) (Gisler 2000, SER 2004).

Assim, devem ser comparados os valores dos diferentes parâmetros e componentes como, por exemplo, da composição de espécies arbóreas (riqueza e abundância), da composição da fauna, da proporção de formas de vidas vegetais (árvores, arbustos, epífitas...), da proporção de grupos funcionais, entre outros. Na medida em que o monitoramento é realizado, tais

valores tendem a aproximar-se aos das áreas adjacentes.

Entendemos que o monitoramento não é estático e que são necessárias adaptações e redirecionamento das técnicas constantemente. Além disso, é muito difícil estabelecer critérios universais, que sejam amplamente utilizados em diferentes áreas e ecossistemas (Siqueira 2002, Souza & Batista 2004). Reconhecemos também a existência de parâmetros adotados, principalmente para ambientes florestais no Estado de São Paulo, que inclusive figuram em legislação. De fato, tais critérios são importantes para nortear o corpo técnico durante a implantação destes projetos. No entanto, tratando-se de ambientes complexos como os florestais, consideramos que um registro de similaridade dos parâmetros na comparação entre diferentes áreas (restaurada *versus* natural, dentro da mesma região) é um bom indicativo para determinação do fim de um monitoramento.

A periodicidade do monitoramento é, obviamente, outro importante fator a ser considerado. A fase mais crítica, e conseqüentemente a mais intensa, concentra-se nos dois a três primeiros anos de implantação do projeto de restauração (Melo 2004). Nesta fase, as visitas devem ser mais frequentes, para acompanhamento de crescimento das mudas, estrutura de solo, matocompetição, pragas, entre outros. No primeiro ano, o ideal é o acompanhamento trimestral ou semestral. Até o fim do terceiro ano, as visitas técnicas devem ser anuais. Com o crescimento das plantas e término deste momento mais sensível do projeto, as visitas de

monitoramento devem ser realizadas com intervalos de tempo maiores (com 5, 10 e 15 anos após o início da restauração). Todavia, caso o objetivo final do projeto não seja alcançado, o monitoramento deve ser mantido após o tempo previsto (15 anos ou mais).

### **Monitorando o monitoramento:**

Queremos destacar neste tópico a importância dos registros durante o monitoramento dos projetos de restauração. A partir desses registros, aumentamos a capacidade crítica do projeto na identificação de possíveis erros ou dificuldades encontradas, possibilitando adequações e melhorias durante esta etapa, principalmente em ecossistemas complexos como os brasileiros (SER 2004, Ruiz-Jaen & Aide 2005, Williams et al. 2011).

Para isso, sugerimos a padronização dos relatórios ao longo do mesmo projeto e entre projetos diferentes, principalmente quando solicitado por órgãos ambientais competentes (e.g. Secretarias Estaduais de Meio Ambiente, IBAMA). Uma vez que os órgãos ambientais que solicitam a restauração de áreas degradadas tenham informações sobre o andamento do projeto de restauração através de relatórios padronizados do monitoramento, não teremos apenas o acompanhamento das melhorias e mitigação dos problemas. Teremos uma oportunidade para estabelecer comparações e extrapolações entre diferentes projetos de restauração, mas que ocorram em ecossistemas semelhantes. Cada projeto de restauração, através da sistematização e relato du-

rante o monitoramento, seria acrescida de informações técnicas oriundas de experiências passadas, reduzindo as possibilidades de erros metodológicos e de custos associados dos futuros trabalhos.

### **Custos financeiros e ambientais:**

Em muitos casos, a não realização do monitoramento está associada aos custos atrelados e o tempo despendido nesta etapa (Rodrigues et al. 2009). De fato, para realização de um bom projeto são necessários recursos e tempo. A escolha de parâmetros numa quantidade/qualidade adequadas é crucial para obtermos uma balança equilibrada entre custo e eficácia. Entendemos que a avaliação dos parâmetros propostos neste documento reflete este equilíbrio entre os aspectos econômicos e ecológicos.

Mesmo assim, tais custos são ínfimos quando comparados às perdas biológicas causadas pela supressão ocorrida nestas áreas além dos serviços ambientais realizados por esta biota. São perdas irreversíveis. Jamais teremos no ambiente restaurado um retorno à sua origem, tal como no passado, independente do montante

investido ou da capacidade técnica da equipe envolvida.

Discutir sobre custos ambientais e financeiros possibilita refletir sobre a evolução da supressão de vegetação nativa, processo que antecede os projetos de restauração. Tais custos deveriam ser pensados de antemão, nos licenciamentos ambientais que envolvam supressão. Finalmente, devemos mostrar como estes são elevados, seja para implantação das técnicas ou no monitoramento, favorecendo o planejamento territorial, numa escala de paisagem adequada, com a manutenção de habitats naturais.

### **Agradecimentos:**

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento da Universidade Federal da Bahia (PPGECOBIO/UFBA) e Projeto “Integrando Níveis de Organização em Modelos Ecológicos Preditivos” (INOMEP/PRONEX) pelo estímulo ao aprendizado e discussão de tal temática no âmbito acadêmico; aos técnicos do INGA e IBAMA, pelo apoio intelectual e aproximação institucional; ao editor Francisco Barros e aos dois avaliadores anônimos, pelas correções e sugestões construtivas.

## Referências bibliográficas

- Almeida ROPO & Sánchez LE 2005. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. *Revista Árvore* 29(1): 47-54. [CrossRef](#)
- Baum KA, Haynes KJ, Dilleuth FP, Cronin JT 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85(10): 2671-2676. [CrossRef](#)
- Bennett AF, Haslem A, Cheal DC, Clarke MF, Jones RN, Koehn JD, Lake PS, Lumsden LF, Lunt ID, Mackey BG, Nally RM, Menkhorst PW, New TR, Newell GR, O'Hara T, Quinn GP, Radford JQ, Robinson D, Watson JEM, Yen AL 2009. Ecological processes: a key element in strategies for nature conservation. *Ecological Management & Restoration* 10(3): 192-199. [CrossRef](#)
- Bentham H, Harris JA, Birch P, Short KC 1992. Habitat classification and soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physico-chemical characteristics. *Journal of Applied Ecology* 29(3): 711-718. [CrossRef](#)
- Caes BRM. 2009. Mastofauna terrestre associada a áreas em processo de restauração na fazenda experimental Edgárdia, Botucatu - SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu. 71 pp. [Visualizar Item](#)
- Capeche CL, Macedo JR de, Prado RB, Pimenta TS, Melo AS 2008. Degradação do solo e da água: impactos da erosão e estratégias de controle. In SRL Tavares [Ed.]. *Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. Pp. 105-132. [Visualizar Item](#)
- Chaer GM 2008. Monitoramento de áreas recuperadas ou em recuperação. In SRL Tavares [Ed.]. *Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. Pp. 212-228 [Visualizar Item](#)
- Damasceno ACF 2005. Macrofauna edáfica, regeneração natural de espécies arbóreas, lianas e epífitas em florestas em processo de restauração com diferentes idades no Pontal do Paranapanema. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Universidade de São Paulo, Piracicaba. 107 pp. [Visualizar Item](#)
- George TL & Zack S 2001. Spatial and temporal considerations in restoring habitat for wildlife. *Restoration Ecology* 9(3): 272-279. [CrossRef](#)

- Gisler CVT 2000. Estrutura e função das matas ciliares remanescentes e implantadas em Santa Cruz das Palmeiras, SP. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 167 pp.
- Longcore T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology* 11(4): 397-409. [CrossRef](#)
- Mandetta ECN 2006. Alternativas de RAD e importância da avaliação e monitoramento dos projetos de reflorestamento. In LM Barbosa [Coord.]. Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas ciliares no interior paulista. Instituto de Botânica, São Paulo. Pp. 106-118. [Visualizar Item](#)
- Melo ACG 2004. Reflorestamentos de restauração de matas ciliares: análise estrutural e método de monitoramento no médio Vale do Paranapanema (SP). Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos. 141 pp. [Visualizar Item](#)
- Metzger JP 2001. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica* 1(1): 1-9. [Visualizar Item](#)
- Palmer MA, Ambrose RF, Poff NL 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* 5(4): 291-300. [CrossRef](#)
- Reis A, Bechara FC, Espíndola MB de, Vieira NK, Souza LL de 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza e Conservação* 1(1): 28-36. [Visualizar Item](#)
- Rhoades CC, Eckert GE, Coleman DC 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for tropical montane forest restoration. *Restoration Ecology* 6(3): 262-270. [CrossRef](#)
- Rodrigues RR, Gandolfi S, Nave AG, Attanasio CM 2007. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. *Pesquisa Florestal Brasileira* 55: 7-21. [Visualizar Item](#)
- Rodrigues RR, Lima RAF, Gandolfi S, Nave AG 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142(6): 1242-1251. [CrossRef](#)
- Ruiz-Jaen MC & Aide TM 2005. Restoration success: how is it being measured? *Restoration Ecology* 13(3): 569-577. [CrossRef](#)

- Sant'Anna CS, Tres DR, Reis A. 2011. Restauração ecológica: sistemas de nucleação. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. 63 pp. [Visualizar Item](#)
- SER (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group). 2004. The SER international primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson. [Visualizar Item](#)
- SIQUEIRA, L.P. 2002. Monitoramento de áreas restauradas no interior do estado de São Paulo, Brasil. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Piracicaba. 116 pp. [Visualizar Item](#)
- Souza, FM de & Batista JLF 2004. Restoration of seasonal semideciduous forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. *Forest Ecology and Management* 191(1-3): 185-200. [CrossRef](#)
- Uehara THK. & Gandara FB (Orgs). Monitoramento de áreas em recuperação. Cadernos da Mata Ciliar No 4. Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo. 63 pp. [Visualizar Item](#)
- Williams NM 2011. Restoration of nontarget species: bee communities and pollination function in riparian forests. *Restoration Ecology* 19(4):450-459. [CrossRef](#)
- Williams L, Hale R, Cavagnaro TR, Reich P, Lake S. 2011. Developing a vision for improved monitoring and reporting of riparian restoration projects. *Ecological Management & Restoration*. 12(1): e11-e16. [CrossRef](#)

## Sobre os autores

---

**Dary Moreira Gonçalves Rigueira** é biólogo e mestre em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia. Atuou como professor nessa Universidade e como pesquisador da ONG Fundação OndAzul. Atualmente está vinculado ao Núcleo de Pesquisa em Conservação e Biodiversidade – NUPECBIO – da Universidade Federal da Bahia; além de desenvolver seu doutorado na área de ecologia florestal, ecologia da paisagem e conservação.

E-mail: daryrigueira@yahoo.com.br

---

**Eduardo Mariano Neto** é biólogo e doutor em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres pela Universidade de São Paulo. Desde 2009 é professor da Universidade Federal da Bahia, onde coordena o Programa de Pós Graduação em Ecologia e Biomonitoramento. Suas atividades de pesquisa procuram acessar a resposta das comunidades bióticas à alteração de hábitat na paisagem e colaborar para o uso de informações científicas para embasar estratégias de conservação.

E-mail: marianon@gmail.com

**O que achou desse texto? [Clique para opinar.](#)**



---

### Citação

Rigueira & Mariano-Neto 2013. Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. Revista Caititu 1(1): 73-88. doi: 10.7724/caititu.2013.v1.n1.d06

### Arbitragem

Esse texto foi submetido à avaliação por pares.

Editor: Francisco Carlos Rocha de Barros Junior, Universidade Federal da Bahia, Brasil

### Copyright

© 2013 Rigueira et al. Este é um texto de acesso livre distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução sem fins comerciais em qualquer mídia, contanto que os autores e fonte sejam creditados

---