

AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO

Pedro Henrique Santin Brancalion, Ricardo Augusto GorneViani,
Ricardo Ribeiro Rodrigues, Sergius Gandolfi

1 INTRODUÇÃO

A restauração florestal tem apresentado uma rápida expansão no Brasil em função da demanda cada vez maior pela regularização ambiental das atividades produtivas e para a mitigação de impactos ambientais diversos. Essa expansão tem sido acompanhada de uma constante revisão dos métodos de restauração utilizados, que evoluíram de reflorestamentos compostos predominantemente por espécies arbóreas exóticas a plantios com alta diversidade de espécies exclusivamente nativas regionais, incluindo também outras formas de catalizar o potencial de auto-recuperação da área a ser restaurada (RODRIGUES et al., 2009). Parte importante dessa evolução foi possível justamente em função do processo contínuo de avaliação empírica dos erros e acertos do passado, que permitiu readequar os métodos anteriormente utilizados no sentido de favorecer o restabelecimento de ecossistemas funcionais e ricos em espécies nativas (BARBOSA et al., 2003).

É justamente essa necessidade de se repensar a restauração a todo instante que torna o monitoramento uma das etapas essenciais de todo processo de restauração ecológica, pois convida à reflexão e permite analisar continuamente como a área degradada está reagindo aos tratamentos que lhe são impostos. Diante dessa necessidade de constante aprimoramento e revisão de valores, é essencial que os atores da restauração mantenham sempre o senso crítico aguçado e se desapeguem de qualquer pré-conceito enraizado em sua formação acadêmica para que essa ciência possa avançar, metodologias antigas possam ser melhoradas ou mesmo completamente descartadas, para que novas formas de se enxergar e conduzir a restauração surjam como vias alternativas.

Apesar da importância do tema, pouca atenção tem sido dada à avaliação e monitoramento das áreas restauradas no Brasil, havendo hoje uma grande lacuna a ser preenchida pela pesquisa e pelos trabalhos técnicos nesse sentido. Parte desse problema está relacionada à forma como a restauração é interpretada tanto pelos órgãos públicos

licenciadores como pelas empresas que contratam e executam serviços de restauração. Isso porque muitas vezes a restauração é conduzida apenas para o cumprimento de demandas específicas de certificação e de licenciamento ambiental, sem que haja um efetivo comprometimento com a sustentabilidade ecológica dessas áreas. Não obstante, a restauração florestal é rotineiramente confundida com simples plantios de mudas.

Assim, a avaliação e o monitoramento são fundamentais para redefinir a trajetória ambiental da área em processo de restauração no caso dela apresentar-se em declínio ou com evidências de baixo potencial de sustentabilidade futura, evitando que todo o tempo e recurso investidos para a recuperação dessa área sejam desperdiçados em curto prazo. Como exemplo de medidas complementares a um determinado projeto de restauração já implantado, pode-se citar ações de controle de gramíneas exóticas agressivas e de espécies arbóreas exóticas invasoras, de enriquecimento, de adensamento, de adubação, de controle da erosão, de controle de formigas, etc.

Além disso, a avaliação de áreas em processo de restauração permite a averiguação em campo se o projeto técnico foi adequadamente executado, o que é fundamental em projetos realizados como forma de cumprimento de termos de ajustamento de conduta e para conferir o trabalho executado por uma determinada empresa prestadora de serviços de restauração. Enfim, existem diversas demandas hoje para a avaliação e monitoramento de áreas restauradas no Brasil, embora pouco se estude ou se discuta sobre o assunto, justificando dessa forma uma reflexão metodológica e conceitual para que possamos avançar nesse sentido e alcançar relações de maior custo-benefício nos esforços de restauração.

2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A Ecologia da Restauração é uma ciência recente e multidisciplinar, cuja aplicação prática, a restauração ecológica, possui ainda necessidades prementes de aprimoramento técnico-científico para que se alcance maior efetividade. Em função disso, a avaliação e monitoramento da restauração ecológica não é tarefa simples, pois ainda não temos conhecimento suficiente sobre a importância relativa de cada atributo a ser avaliado para que uma determinada área degradada, perturbada, danificada ou destruída possa ter seus processos ecológicos recuperados e sua biodiversidade restabelecida ao longo do tempo.

Diante desse desafio, o ponto de partida é justamente definir qual o nosso objetivo quando vamos restaurar uma determinada área, ou seja, o que esperamos obter por meio das ações intencionais que iniciam ou aceleram a recuperação de um ecossistema em relação à sua saúde, integridade e sustentabilidade (SER, 2004). Caso não soubermos onde queremos chegar, certamente será mais difícil saber, por meio das ações de avaliação e monitoramento, se os condicionantes para a restauração da área estão sendo cumpridos ou não.

Nesse momento, é fundamental diferenciar a abordagem conceitual da restauração ecológica em relação a outros conceitos presentes na literatura, tal como ‘reabilitação’, ‘recuperação’, ‘redestinação’ e ‘revegetação’, os quais normalmente são deficientes em relação à abordagem ecológica do ecossistema e visam principalmente o recobrimento do solo por uma dada cobertura vegetal qualquer. Diante disso, utilizaremos como base conceitual desse capítulo a **restauração ecológica**, tal como ela é definida pela *Society for Ecological Restoration - SER* (SER, 2004): “processo de assistir a recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído”. O uso do termo ‘ecossistema’ implica na consideração de um complexo conjunto de processos ecológicos, os quais envolvem os diferentes componentes bióticos e abióticos do sistema. Quando se fala em restauração florestal, estamos nos referindo simplesmente à restauração ecológica de ecossistemas florestais. Ainda de acordo com esse conceito, a restauração do ecossistema implica que ele terá os recursos bióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem mais assistência ou subsídio, possuindo a capacidade de: 1) sustentar-se estruturalmente e funcionalmente, 2) possuir resiliência às faixas normais de variação de estresse ambiental e perturbação, e 3) interagir com ecossistemas contíguos por meio de fluxos bióticos e abióticos e interações culturais.

Para determinar se os objetivos inicialmente propostos para a restauração de uma determinada área foram ou estão sendo progressivamente atingidos é que se recorre à avaliação e ao monitoramento. Entende-se por “**avaliação**” a apreciação ou a análise pontual de indicadores ou variáveis ambientais ou populacionais da área restaurada. É por meio da avaliação, por exemplo, que é possível inferir se o projeto de restauração alcançou os objetivos previamente definidos no planejamento (Figura 1).

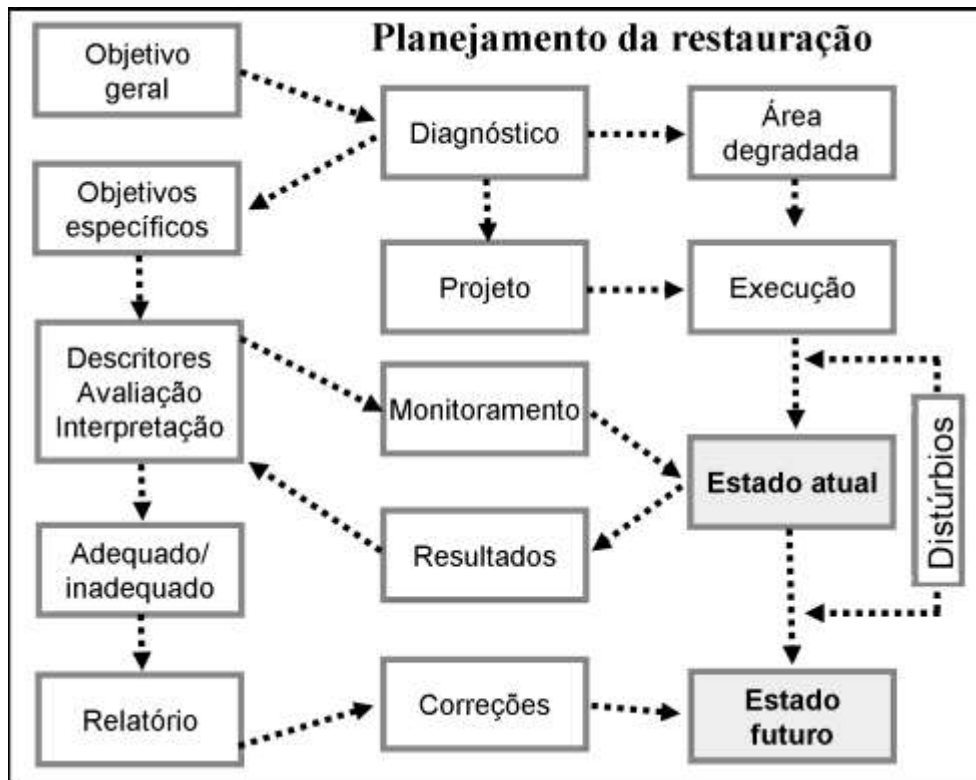


Figura 1 - Principais etapas do processo de planejamento da restauração ecológica, incluindo a avaliação e o monitoramento no conjunto de atividades que visam direcionar a área em processo de restauração para uma trajetória ambiental adequada.

Obviamente, cada avaliação está atrelada a um objetivo ou questionamento específico e, nesse sentido, as avaliações que visam retratar o estado atual da área restaurada devem obrigatoriamente estar relacionadas aos objetivos estabelecidos no planejamento da restauração (ver Figura 1). Os **objetivos** são idéias e abstrações que delimitam um grupo de resultados aceitáveis para um determinado projeto, ao passo que as **metas** representam medidas concretas que devem ser tomadas para que os objetivos sejam atingidos. A avaliação do cumprimento das metas é dada por meio de **indicadores**, os quais refletem a atual situação da área em processo de restauração, e cujos valores obtidos devem ser comparados com aqueles estabelecidos pelas metas para se saber se essas foram cumpridas ou não.

Caso esses objetivos não tenham sido devidamente estabelecidos no projeto, a avaliação será pouco útil no redirecionamento do processo de restauração quando eventuais problemas forem detectados. A falta de objetivos claramente definidos no planejamento também dificulta a cobrança por resultados no caso da contratação de serviços de restauração, pois uma vez que não se define o que se quer, qualquer resultado passa a ser aceitável.

Quando ocorre a mensuração contínua de certos indicadores ou variáveis ambientais ou populacionais, por meio de várias avaliações ao longo do tempo, têm-se o “**monitoramento**” da área restaurada. Dessa forma, no monitoramento são realizadas avaliações temporais, que quando analisadas com base dos objetivos estabelecidos no planejamento, servirão como base para a verificação do funcionamento e da dinâmica da área restaurada. Por exemplo, se um dos objetivos específicos do planejamento da restauração é que haja o aumento contínuo da densidade e da riqueza de indivíduos regenerantes no sub-bosque, são necessárias avaliações em diferentes momentos para que se conclua se os valores representativos desses indicadores estão aumentando ou não com o tempo.

3 ATRIBUTOS DE ECOSISTEMAS RESTAURADOS E ECOSISTEMAS DE REFERÊNCIA

Com base na definição de restauração ecológica da SER, alguns atributos-chave foram definidos para que um dado ecossistema possa ser considerado restaurado, ou seja, para que o objetivo geral da restauração ecológica tenha sido atingido. De forma resumida, os ecossistemas restaurados devem:

- conter um conjunto característico de espécies que ocorrem em ecossistemas de referência, as quais devem criar uma estrutura de comunidade apropriada.;
- conter o maior número possível de espécies nativas regionais, com reduzida invasão biológica;
- conter todos os grupos funcionais necessários ao funcionamento da floresta ou não ter restrições para que a área restaurada seja colonizada por esses grupos no futuro;
- apresentar ambiente físico adequado para dar suporte ao desenvolvimento da comunidade restaurada e à trajetória ambiental desejada;
- apresentar funcionamento aparentemente adequado para seu estágio de desenvolvimento, sem problemas evidentes;
- estar integrados a uma ampla paisagem ou matriz ecológica, permitindo fluxos bióticos e abióticos recíprocos, além de interações;
- estar isentos de fatores de degradação que ameaçam sua saúde e integridade ou com estes minimizados ao máximo;
- ser suficientemente resilientes para tolerar estresses naturais periódicos;

- ser auto-sustentáveis no tempo, da mesma forma que o ecossistema de referência, podendo continuar a existir indefinidamente em condições ambientais existentes, logicamente podendo apresentar flutuações naturais na composição de espécies, funcionamento e estrutura conforme mudem as condições ambientais.

De forma geral, tais atributos podem ser incorporados no conjunto de objetivos da restauração ecológica, pois obviamente esperam-se obter áreas devidamente restauradas ao final do processo de manejo do ecossistema. Contudo, esses atributos apenas apontam perspectivas gerais a serem atingidas, sem definirem metas específicas a serem cumpridas. Isso porque essa relação de atributos de ecossistemas restaurados é extrapolável para todo e qualquer tipo de ecossistema, terrestre ou aquático, sem detalhar maiores especificidades sobre cada ecossistema em particular que se pretende restaurar. Por exemplo, a recomendação para que se tenha o maior número possível de espécies nativas regionais pode resultar em diferentes metas a serem atingidas quando se tratam de florestas temperadas e florestas tropicais biodiversas. Além do número de espécies em si, é fundamental definir quais são essas espécies, a que grupos funcionais elas pertencem, em que densidade elas ocorrem em populações naturais, etc.

Em função disso, para que sejam estabelecidas metas específicas para cada ecossistema em particular que pretendemos restaurar, primeiramente é fundamental conhecer esse ecossistema e relacionar os atributos específicos do mesmo. Dentro dessa abordagem, é que são utilizados os ecossistemas de referência. Um ecossistema de referência é aquele que servirá inicialmente de modelo para o planejamento da restauração, e posteriormente para a avaliação e o monitoramento (SER, 2004).

Diferentes tipos de informação podem ser utilizados para caracterizar um dado ecossistema de referência, como por exemplo, levantamentos florísticos e fitossociológicos de fragmentos conservados e em diferentes níveis de degradação presentes na paisagem regional; listas de espécies obtidas em outros trabalhos, bem como relações de coleta de espécimes em herbários, que podem ser úteis para a inclusão de espécies que já foram localmente extintas; levantamentos de solo para definir atributos edáficos típicos daquele ecossistema; relatos de populações tradicionais que vivem no local; e fotografias aéreas obtidas em diferentes períodos, que permitem entender as mudanças ocorridas na distribuição da vegetação ao longo do tempo, bem como identificar a posição no relevo que cada tipo de ecossistema ou formação florestal ocorre.

Contudo, quando consideramos o ecossistema de referência a ser adotado para a restauração ecológica, não estamos nos referindo a apenas um único fragmento de floresta bem conservado da paisagem, mas sim a um mosaico de remanescentes florestais da região, com diferentes posições na paisagem e trajetórias de degradação e de regeneração. Esses diferentes tipos de fragmentos podem expressar os diferentes clímaxes possíveis daquele ambiente, resultado de um processo de sucessão estocástica e não determinística (RODRIGUES et al, 2009), que reconhece o importante papel dos distúrbios naturais e antrópicos na definição das diferentes trajetórias sucessionais.

Por fim, com base nas informações obtidas no ecossistema escolhido como referência para as ações de restauração, é que se podem estabelecer metas de riqueza e diversidade de espécies, de participação de formas de vida vegetal, síndromes de dispersão, espécies-chave e espécies típicas, de estrutura florestal, de biomassa, de dinâmica florestal, de ciclagem de nutrientes, etc., sempre de forma comparativa com esse ecossistema de referência.

Por exemplo, a Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo, por meio da Resolução SMA-08 de 2007, estabeleceu que áreas a serem restauradas de Floresta Estacional, Floresta Ombrófila Densa e Cerradão devem possuir ao menos 80 espécies florestais nativas regionais para que sejam consideradas restauradas. De forma semelhante, cada característica particular do ecossistema a ser restaurado pode vir a compor uma meta específica a ser atingida por meio das ações de restauração.

4 INDICADORES PARA A AVALIAÇÃO E O MONITORAMENTO DE ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO

Conforme já discutido sobre a importância da caracterização do ecossistema de referência para o planejamento das ações de restauração, cada tipo de ecossistema terá metas particulares a serem atingidas. Isso torna impossível a definição de modelos de avaliação e monitoramento universais, que se apliquem a uma ampla gama de ecossistemas ou mesmo de formações florestais.

Diferentes modelos de avaliação e monitoramento também podem ser necessários para um mesmo tipo de ecossistema em função do público que se espera atender com esse trabalho. Cabe ressaltar aqui que o universo de indicadores que podem ser avaliados é excessivamente extenso, podendo-se medir, por exemplo, a riqueza, a diversidade e a densidade de espécies nativas, a invasão biológica, a chuva e o banco de sementes, a

fenologia das espécies plantadas, a diversidade genética das mudas utilizadas, os serviços ecossistêmicos, o fluxo gênico, a interação planta-animal, e outras tantas possibilidades existentes. Diante disso, essa ampla gama de indicadores possíveis de serem avaliados em uma área em processo de restauração deve ser restringida em função das demandas específicas do público para o qual os resultados do monitoramento serão apresentados.

Por exemplo, quando se trata da apresentação dos resultados de um projeto de restauração para a comunidade que vive no entorno da área ou mesmo como forma de promoção das ações ambientais de uma determinada empresa, certamente um relatório rico em informações científicas não seria adequado, justificando nesses casos um relatório fotográfico e focado principalmente em indicadores de fácil entendimento para o público em geral. Quando forem vendidos créditos de carbono para viabilizar a restauração de uma dada área, a avaliação da biomassa da vegetação é certamente um indicador obrigatório do monitoramento. Já quando a avaliação e o monitoramento são demandados por órgãos ambientais e empresas que contratam serviços de restauração, o foco principal deve ser as chances de sustentabilidade futura da área em processo de restauração, as quais devem ser baseadas em informações sobre a composição, a estrutura e o funcionamento dessa área.

Para facilitar o planejamento da avaliação e do monitoramento, pode-se utilizar as seguintes categorias de classificação:

4.1 Classificação quanto à forma de medição ou coleta do indicador

A grande variedade de indicadores possíveis de serem avaliados em áreas em processo de restauração implica na necessidade de uso de uma também elevada variedade de métodos para a medição e coleta desses indicadores. Cada um desses métodos terá suas particularidades metodológicas, de rendimento operacional e de custos associados, cabendo ao responsável pelo planejamento da restauração decidir quais indicadores serão avaliados e, ao responsável pelo processo de avaliação e monitoramento, como esses indicadores serão medidos ou coletados. De forma geral, os tipos de indicadores que podem ser obtidos por meio da medição e coleta de dados podem ser agrupados em indicadores quantitativos e indicadores qualitativos.

4.1.1 Indicadores qualitativos

Os indicadores qualitativos são aqueles obtidos de forma não mensurável, com base na observação e julgamento do observador. Tais indicadores são utilizados normalmente de forma abstrata e subjetiva, sem que haja um conjunto de dados para que um determinado indicador seja incluído em cada categoria de qualidade. Por exemplo, a ocorrência de processos erosivos pode ser categorizada em escalas de alta, média ou baixa intensidade a partir da observação visual da área pelo avaliador. Embora a intensidade de processos erosivos possa ser objeto de uma avaliação quantitativa, a mesma é dificultosa e demorada de ser realizada. Além disso, pode-se verificar visualmente com certa segurança se a área apresenta problemas de conservação de solos. Outro exemplo é a avaliação dos serviços ecossistêmicos culturais, a qual depende da percepção das pessoas em relação aos benefícios da restauração ecológica, e assim não podem ser objetivamente avaliados.

Uma forma interessante de se utilizar avaliações qualitativas é pelo método hierárquico. Nesse método, é estabelecida uma ordem de importância entre os diferentes indicadores qualitativos selecionados para avaliar a área restaurada, de forma que só se passa à avaliação de um próximo indicador caso a área tenha sido aprovada no indicador anterior. Esse método tem a vantagem de não desperdiçar esforços na avaliação quantitativa, que é mais trabalhosa, de áreas que apresentam problemas graves evidentes, nas quais não é necessária a avaliação de uma série de indicadores para que se diagnostique que a área em questão não será efetivamente restaurada.

Por exemplo, o método hierárquico com base em indicadores qualitativos pode ser aplicado com base nas seguintes perguntas:

- Foram realizados o isolamento e retirada dos fatores de degradação?
- Existem problemas graves de conservação do solo?
- Foi implantado o tipo correto de vegetação na área restaurada (por exemplo, que não tenham sido implantadas mudas de espécies de Floresta Estacional Semidecidual em uma área típica de Cerradão, e vice-versa)?

4.1.2 Indicadores quantitativos

Indicadores quantitativos se valem da mensuração de determinados parâmetros descritores da área em processo de restauração, tal como altura média dos indivíduos,

densidade de indivíduos regenerantes, a riqueza e diversidade de espécies, a mortalidade, etc. Uma forma interessante de se utilizar avaliações quantitativas é por meio da atribuição de notas para diferentes classes de valores obtidos para um mesmo indicador, os quais podem ser comparados com valores de referência previamente estabelecidos. A partir do nível de importância de um determinado indicador para a efetividade da restauração, pode-se também atribuir diferentes pesos a esses indicadores, criando grupos de indicadores com alta, média e baixa importância para o sucesso da restauração. A integração das notas obtidas em cada indicador com seus respectivos pesos permite que se chegue a uma nota final para a área.

Esse tipo de método reduz a participação do avaliador nos resultados e possibilita uma maior replicabilidade de um dado método, conferindo maior segurança e transparência ao processo, que passa a se basear em números em vez de opiniões pessoais. Por meio da obtenção de indicadores quantitativos, é possível também a comparação estatística de diferentes áreas ou modelos, o que reduz ainda mais a parcialidade da avaliação.

Para que se adote um método quantitativo de avaliação da restauração, é necessário primeiramente definir quais indicadores serão utilizados para caracterizar a área. A ausência de indicadores quantitativos em modelos de avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração dá margem a uma série de problemas que são frequentemente observados na prática. Por exemplo, na ausência de indicadores quantitativos, se uma mesma área em processo de restauração for apresentada a diferentes pessoas que tem a função de avaliar se o processo foi bem conduzido ou não, diferentes posições podem ser observadas, dando insegurança técnica à tomada de decisão. Isso ocorre porque cada pessoa enxerga a área restaurada sob uma ótica distinta e de forma intimamente ligada às suas experiências pessoais, sem que essa visão esteja necessariamente amparada por dados concretos. Alguns atributos são também praticamente impossíveis de serem avaliados sem uma abordagem quantitativa, de forma que não se obtém uma avaliação segura se esta não for baseada em dados coletados. A riqueza de espécies de um reflorestamento, por exemplo, não é possível de ser estimada apenas com uma visão geral da área.

4.2 Classificação quanto ao atributo do ecossistema que é avaliado

Diferentes componentes do ecossistema podem ser avaliados para estimar seu potencial de restabelecimento da biodiversidade e dos processos ecológicos, e de sustentabilidade

futura. Conforme já mencionado, há uma grande quantidade de indicadores que podem ser utilizados para diagnosticar se a área em avaliação possui atributos tipicamente presentes em ecossistemas restaurados. Contudo, dada as dificuldades operacionais de se utilizar um grande número de indicadores, muitos dos quais de difícil obtenção, os modelos de avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração têm se utilizado, na prática, de um número de indicadores mais restrito.

De forma geral, a maioria dos estudos de avaliação do sucesso das iniciativas de restauração tem focado na avaliação da composição, estrutura e dinâmica da comunidade vegetal (JANSEN, 1997; LEOPOLD et al., 2001; SIQUEIRA, 2002; SOUZA e BATISTA, 2004), justamente em função da maioria dos processos de restauração estarem intrinsecamente relacionados com a vegetação (YOUNG, 2000). Sendo assim, descreveremos nessa seção os principais indicadores relacionados ao desenvolvimento da comunidade vegetal e de sua possível interação com o restabelecimento da biota e dos serviços ecossistêmicos. Embora a avaliação da comunidade vegetal possa ser didaticamente separada em relação aos atributos estrutura, composição, funcionamento e serviços ecossistêmicos, cada um desses atributos possui elevada interdependência entre si.

Por exemplo, a estrutura da vegetação é resultante justamente da composição de espécies da restauração. Caso se utilizem espécies de pequeno-médio porte, certamente o dossel terá uma altura menor e será menos estratificado. A estrutura também é dependente do funcionamento, pois se os processos ecológicos não forem restabelecidos, a ocupação do sub-bosque será comprometida. Por sua vez, o funcionamento também afetará diretamente a composição de espécies da área restaurada, pois as espécies plantadas ou já presentes na regeneração só permanecerão na área caso os processos ecológicos relativos à auto-perpetuação de cada espécie, tal como a polinização e a dispersão de sementes, forem restabelecidos.

4.2.1 Estrutura

A estrutura da área em processo de restauração diz respeito à forma como a comunidade vegetal está organizada espacialmente. Diferentes indicadores podem ser avaliados para caracterizar esse atributo, tal como a altura média do dossel, a presença de indivíduos emergentes, o número de estratos, a cobertura do solo pela copa das árvores, a estrutura do sub-bosque, a densidade de indivíduos, etc.

4.2.2 Composição

A composição da área em processo de restauração diz respeito às espécies e aos grupos funcionais que integram a comunidade vegetal. Diferentes indicadores podem ser avaliados para caracterizar esse atributo, tal como a riqueza e a diversidade de espécies nativas regionais, a presença de gramíneas e de árvores exóticas invasoras e não invasoras, os diferentes grupos funcionais em que as espécies nativas regionais estão agrupadas, tal como em relação à forma de vida (árvores, arvoretas, arbustos, herbáceas, lianas, epífitas, parasitas), ao grupo sucessional (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias, clímaxes), ao grupo de plantio (preenchimento e diversidade), à perda foliar (perenifólias, caducifólias e semicaducifólias), à síndrome de polinização (zoofilia e sub-síndromes referentes aos diferentes tipos de animais, anemofilia, hidrofilia), à síndrome de dispersão de sementes (zoocoria, anemocoria, barocoria, hidrocoria, etc.), às espécies-chave para a fauna, às fixadoras de nitrogênio, e assim por diante.

4.2.3 Funcionamento

O funcionamento da área em processo de restauração diz respeito ao restabelecimento dos processos ecológicos que permitem a auto-perpetuação da comunidade vegetal. Diferentes indicadores podem ser avaliados para caracterizar esse atributo, tal como a mortalidade, a herbivoria, a predação de sementes, a fenologia, a polinização, a frutificação, a dispersão de sementes, a chuva de sementes, o recrutamento, o fluxo gênico, a sucessão secundária, a ciclagem de nutrientes, a formação de serapilheira, o restabelecimento da fauna, o acúmulo de biomassa, e assim por diante.

4.2.4 Serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos da área em processo de restauração dizem respeito aos benefícios para as populações humanas que são gerados pelo restabelecimento dos processos ecológicos. De acordo com o Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2005), os benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos podem ser agrupados nas categorias 1) produção – são bens produzidos ou provisionados pelos ecossistemas, tal como

alimento, água doce, lenha, fibras, recursos genéticos, produtos farmacêuticos e de uso em medicina natural, recursos ornamentais, etc.; 2) regulação – são benefícios obtidos pela regulação dos processos do ecossistema, tal como purificação da água, polinização de cultivos agrícolas do entorno, regulação do clima, das cheias, da erosão, de doenças, de pragas e de riscos ambientais, etc.; 3) culturais – são benefícios sociais e psicológicos gerados à sociedade pela interação com ecossistemas naturais, tal como valores estéticos e educativos, geração de conhecimentos, sentido de propriedade, recreação, inspiração, eco e agroturismo, diversidade cultural, valores espirituais e religiosos, relações sociais, etc.; 4) suporte – serviços necessários para a produção de todos os outros serviços, tal como a formação de solo, a fotossíntese, a produção primária, a ciclagem de nutrientes, etc.

4.3 Classificação quanto à época em que o indicador é avaliado

A avaliação e o monitoramento de cada indicador são diretamente dependentes do estágio de maturação que a área em processo de restauração se encontra, pois determinados processos ecológicos e atributos funcionais só se expressarão na área a partir de um determinado período. Assim, é fundamental que se inclua o fator ‘tempo’ no planejamento da avaliação e do monitoramento. Seria, por exemplo, inadequado avaliar a oferta de recursos a aves frugívoras em áreas recentemente implantadas, quando a maioria dos indivíduos plantados nem sequer atingiu a idade reprodutiva. De forma geral, tanto o funcionamento como os serviços ecossistêmicos demandam um período maior para serem restabelecidos e, em função disso, o planejamento da avaliação e monitoramento das áreas em processo de restauração precisa considerar o momento ideal para a obtenção e coleta dos indicadores relacionados a esses atributos. Assim, cada fase do processo de restauração possui indicadores específicos a serem avaliados (ver detalhes em BELLOTTO et al., 2009).

4.3.1 Fase de implantação (1-12 meses)

Essa avaliação abrange a primeira fase de implantação das ações de restauração, correspondente ao estágio inicial de desenvolvimento da regeneração natural ou das mudas, no caso de plantios. Sugere-se ainda a divisão da fase de implantação em duas subfases, uma que abrange os três primeiros meses pós-plantio, quando avaliações são

realizadas mensalmente, já que essa é uma fase crítica e que exige rápida tomada de decisão, e uma segunda fase subsequente, em que avaliações passam a ser mais espaçadas, como por exemplo, a cada três meses. São avaliados nessa fase indicadores como condições do solo/substrato, cobertura vegetal do solo, cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas (identificação da espécie predominante, avaliação da porcentagem de cobertura do solo e da altura média das gramíneas), profundidade da cova (nos casos de plantio), identidade taxonômica, altura e cobertura dos indivíduos plantados ou regenerantes, classificação das espécies em grupos sucessionais, síndromes de dispersão e origem (espécies nativas regionais ou exóticas, invasoras ou não), taxa de mortalidade no plantio, índices de herbivoria e de deficiência de nutrientes nas mudas ou regenerantes, riqueza (número de espécies por área) e densidade (indivíduos.ha⁻¹) dos indivíduos plantados (verificação do espaçamento usado no projeto) ou regenerantes.

4.3.2 Fase pós-implantação (1-3 anos)

Essa avaliação abrange a segunda fase de implantação das ações de restauração, correspondente ao estágio médio de desenvolvimento das mudas ou da regeneração. Nessa fase, sugere-se que as avaliações sejam semestrais, representando duas avaliações por ano e quatro avaliações no total. São avaliados nessa fase indicadores para a avaliação dos indivíduos plantados ou regenerantes em relação à identificação taxonômica, altura do indivíduo e cobertura da copa, classificação das espécies em grupos sucessionais, síndromes de dispersão e origem (espécies nativas regionais ou exóticas, invasoras ou não), fenologia (floração e frutificação), taxa de mortalidade (no caso dos plantios), densidade (indivíduos.ha⁻¹) dos indivíduos plantados ou regenerantes e riqueza (número de espécies por área). De forma particular para a avaliação da regeneração natural sob ou entre os indivíduos plantados ou já conduzidos, é recomendada a identificação taxonômica de todos os indivíduos regenerantes, incluindo os não arbustivos ou arbóreos, a altura e densidade (indivíduos.ha⁻¹) dos indivíduos regenerantes, a classificação das espécies regenerantes em grupos sucessionais, síndromes de dispersão e origem (espécies nativas regionais ou exóticas), a avaliação da distribuição espacial da regeneração, da origem dos regenerantes (alóctone quando oriundos de espécies do entorno, não presentes no plantio ou autóctone quando de espécies presentes no plantio e possivelmente dos indivíduos plantados, já que algumas

espécies plantadas já podem ter atingido a fase adulta) e da riqueza. Deve-se prosseguir nessa fase também a avaliação da cobertura do solo por gramíneas exóticas agressivas.

4.3.3 Fase de vegetação formada (4 ou mais anos)

Nessa fase deve-se priorizar o uso de indicadores que possibilitem apontar o sucesso ou não da restauração de uma dada área, com o propósito de que esses indicadores sustentem uma possível tomada de decisão sobre o abandono definitivo das áreas restauradas ou a recomendação de ações adicionais de restauração. Logicamente, o abandono definitivo não exclui a necessidade da manutenção do isolamento dessas áreas de possíveis perturbações antropogênicas graves, como corte total ou seletivo da vegetação, acesso de gado, fogo, descargas de enxurrada de áreas agrícolas ou urbanas, etc. Nessa fase, são avaliados principalmente os indicadores relacionados ao funcionamento e aos serviços ecossistêmicos. Com relação aos indicadores de funcionamento, tem destaque a avaliação da regeneração natural, pois o ambiente florestal só será mantido caso o dossel seja continuamente refeito por meio da substituição gradual das espécies à medida que os indivíduos das espécies pioneiras entram em senescência, com cerca de 10 a 15 anos de idade. Assim, os indivíduos de espécies pioneiras, em curto prazo, e os indivíduos de espécies mais tardias da sucessão, em médio e longo prazo, devem ser gradativamente substituídos por indivíduos oriundos da regeneração natural.

A comunidade vegetal em fase avançada de restauração já pode então ser avaliada em relação a seus aspectos fisionômicos, tal como pela estratificação (presença ou não de estratos da floresta restaurada, sub-bosque: indivíduos adultos e jovens de até 3 metros de altura, sub-dossel: indivíduos adultos e jovens de 3-5 metros, dossel: indivíduos adultos não maiores que o estrato contínuo da floresta restaurada, variável para cada área, mas com no mínimo 5 metros de altura, emergentes: indivíduos maiores que a altura do dossel contínuo, variável para cada área), pela chegada de outras formas de vida (levantamento florístico das espécies não arbóreas e seus hábitos de vida), pela regeneração natural (tal como descrito para a fase pós-implantação), pela cobertura de gramíneas (tal como descrito para a fase de implantação), pela ciclagem de nutrientes, pelo acúmulo de biomassa e pela avaliação da fauna.

5 MÉTODO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE ÁREAS RESTAURADAS POR PLANTIO DE MUDAS EM ÁREA TOTAL

O método apresentado a seguir foi desenvolvido pelos pesquisadores e alunos do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF) da Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiros’, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), sendo resultado de um esforço conjunto para o desenvolvimento de um método rápido de avaliação de áreas restauradas por plantio de mudas em área total. Esse método se aplica exclusivamente a plantios heterogêneos com 1 a 2 anos de idade, realizados em áreas de Floresta Estacional Semidecidual que se encontram inseridos em paisagens altamente fragmentadas e com baixa resiliência, nas quais se torna necessária a implantação de elevada diversidade de espécies já no início do processo (situações predominantemente encontradas no interior do Estado de São Paulo). Cabe ressaltar que esse é um método ainda em fase de teste e que necessita passar por uma fase maior de validação científica antes de sua utilização rotineira. Tomadas as devidas proporções e particularidades de cada local a ser restaurado, esse método pode ser adaptado para a avaliação de áreas restauradas em outras formações florestais que não apenas a Floresta Estacional Semidecidual.

5.1 Avaliação prévia pelo método hierárquico

A primeira fase consiste da aplicação de um método hierárquico de avaliação da área, o qual contém alguns condicionantes que obrigatoriamente devem ser cumpridos para que se passe então para a avaliação quantitativa. Tais condicionantes estão apresentados abaixo, na sequência de avaliação:

- isolamento e retirada dos fatores de degradação;
- ausência de problemas graves de conservação do solo;
- implantação do tipo correto de vegetação na área restaurada.

5.2 Definição da unidade amostral

As linhas de monitoramento a serem estabelecidas para compor a unidade amostral são instaladas de forma sistemática e estratificada, visando representar a heterogeneidade ambiental da área do plantio (heterogeneidade de solos, de espécies, de infestação por

gramíneas invasoras, etc.). Cada unidade amostral deverá ser registrada através de suas coordenadas (sempre com base no indivíduo número 1 da linha), através de um aparelho GPS de navegação.

Cada unidade amostral é representada por quatro linhas de plantio com sete indivíduos cada (28 indivíduos por unidade amostral), ou seja, assumindo-se que o espaçamento utilizado é de 3x2 m, as parcelas terão 9x12 m; para a avaliação da cobertura de gramíneas, serão amostradas seis subparcelas de 2x2 m, distribuídas de forma sistemática na unidade amostral (Figura 2).

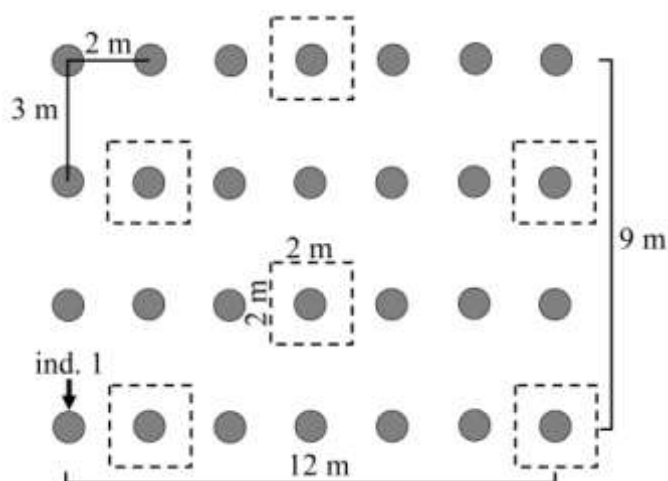


Figura 2 - Esquema representativo da unidade amostral para a avaliação de plantios de mudas em área total.

Um dos principais desafios para a aplicação prática desse método é a definição do modelo de amostragem a ser utilizado. Um primeiro ponto que merece ser discutido é a heterogeneidade ambiental das unidades a serem avaliadas. Caso sejam observados visualmente grandes grupos de áreas heterogêneas, os mesmos devem ser tratados em separado, de forma a guiar o uso de medidas corretivas específicas para as áreas que as realmente demandam. O número de unidades amostrais a ser alocado também é dependente da heterogeneidade ambiental interna da área, de forma que quanto mais heterogênea for a área internamente, maior será o número de unidades amostrais necessárias. Diante dessas limitações, não vamos propor um método padrão de amostragem, pois esta deverá ser definida caso a caso.

5.3 Indicadores avaliados

5.3.1 Composição de espécies

Todos os indivíduos plantados presentes na unidade amostral são identificados taxonomicamente. Quando a identificação no campo não for possível, ramos serão coletados para posterior identificação em herbário ou com a ajuda de especialistas. As espécies amostradas são então classificadas em nativas regionais e exóticas. São consideradas espécies nativas regionais aquelas que ocorrem naturalmente nos remanescentes regionais da formação florestal em processo de restauração. O valor de riqueza refere-se ao número total de espécies nativas regionais presentes em todas as parcelas.

As espécies nativas regionais então são classificadas como incluídas ou não em algum nível de ameaça de extinção, utilizando-se como base a lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo (Resolução SMA 048, de Setembro de 2004) e a lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçada de extinção (Portaria IBAMA 37-N, de Abril de 1992). Espécies brasileiras não regionais ou de outros países são consideradas como exóticas, as quais são classificadas ainda em exóticas invasoras e não invasoras, dependendo do reconhecido potencial de invasão biológica da espécie na região (ver http://www.institutohorus.org.br/inf_fichas.htm).

Com base na relação de espécies nativas regionais e no número de indivíduos de cada uma dessas espécies, a proporção de distribuição dos indivíduos entre as espécies (diversidade) é calculada pelo índice de diversidade de Shannon (H'), por meio da fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{ni}{N} \cdot \ln \frac{ni}{N}$$

Onde: S = número total de espécies nativas regionais amostradas; N = número total de indivíduos amostrados; ni = número de indivíduos amostrados para a i-ésima espécie; Ln = logaritmo neperiano.

Esse índice é calculado uma única vez, considerando a riqueza total e o número total de indivíduos amostrados por espécie.

5.3.2 Cobertura de copa e altura das espécies plantadas

A cobertura de copa é obtida através da medição do diâmetro das copas dos indivíduos com trena (distância de uma extremidade da copa à outra) ou da projeção da copa no solo. Considerando as copas como sendo circulares, é possível calcular a área ocupada por cada copa ($\pi \cdot \text{diâmetro}^2/4$) e, somando-se o valor obtido para cada indivíduo, é possível saber qual é a porcentagem da unidade amostral total sombreada pela copa dos indivíduos plantados. Já a altura das mudas é medida verticalmente com trena, do colo da muda até o seu ápice em posição de repouso, sem que qualquer galho seja esticado.

5.3.3 Cobertura do solo por gramíneas invasoras

A avaliação da cobertura do solo por gramíneas invasoras permite uma boa indicação sobre as necessidades de intervenção nas áreas de plantio a respeito das práticas de controle e manutenção de plantas daninhas. Essa avaliação é feita visualmente dentro dos limites das sub-parcelas de 2x2 m, seguindo porcentagens de cobertura do solo por gramíneas situadas entre 0 a 25, 25 a 50, 50 a 75 e 75 a 100%. O valor de cobertura do solo por gramíneas invasoras é dado pela média obtida em cada subparcela amostral.

5.3.4 Mortalidade

Obtida através da proporção de mudas mortas presentes na unidade amostral. São consideradas como mudas mortas aquelas ausentes do local determinado da cova, o qual pode ser facilmente localizado pela projeção do espaçamento de plantio, ou então aquelas que apresentam o caule seco e desprovido de folhas. Cabe ressaltar que algumas mudas podem perder folhas devido aos estresses de plantio ou à deciduidade natural, devendo o caule da muda ser criteriosamente analisado para saber se o mesmo está seco ou ainda está vivo (coloração esverdeada sob a casca, após raspagem com a unha), pois as mudas podem rebrotar caso estejam vivas.

5.3.5 Distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio

Esse indicador está relacionado à sistematização da distribuição espacial dos diferentes grupos de plantio na implantação do reflorestamento (espécies pioneiras e não-

pioneiras, ou espécies de preenchimento e diversidade, dependendo do modelo escolhido), adotando-se diferentes formas de distribuição desses grupos de plantio no campo. Assim, independentemente do critério adotado para a classificação dos grupos de plantio ou para a distribuição desses grupos no campo, o que importa é que tenha havido esse planejamento na implantação do reflorestamento. Dessa forma, a distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio é avaliada como presente ou ausente.

5.4 Avaliação

Os dados são avaliados individualmente, levando-se em consideração aspectos técnicos desejados e recomendados pelo LERF/ESALQ/USP e comparados com os critérios estabelecidos pela legislação vigente no estado de São Paulo para restauração florestal de áreas degradadas (Resolução SMA nº. 08/2007). Estes dados são utilizados como indicadores e recebem diferentes pesos, em função de sua importância na restauração de áreas degradadas, a partir de metodologia modificada de Bellotto et al. (2009).

Considera-se de **alta importância** os indicadores que podem comprometer todo o plantio na área restaurada em curto prazo e em função de serem de difícil correção; de **média importância** os indicadores que podem comprometer o plantio na área restaurada em médio prazo e podem ser corrigidos; e de **baixa importância** os indicadores que dificilmente comprometem a restauração, mas que são indicadores positivos, e por isso devem ser valorizados. Indicadores de alta importância recebem peso três, de média importância peso dois e de baixa importância peso um. Na Tabela 1 encontram-se descritos os indicadores avaliados e o grau de importância de cada um deles.

As pontuações para cada indicador variam de 0 a 3, sendo: 0 – nos casos que a ação ou atividade não foi empregada ou esteve abaixo do estabelecido na legislação; 1 - para indicadores considerados insatisfatórios; 2 - para indicadores considerados mediantemente satisfatórios e; 3 - para indicadores considerados satisfatórios (Tabela 2). Assim, para cada área avaliada, os indicadores são pontuados conforme a tabela 1 e multiplicados pelo seu peso, em função de seu grau de importância (Tabela 1).

Tabela 1 - Grau de importância dos parâmetros avaliados.

Grau de importância	Indicador	Critério	Peso
Alto	- riqueza de espécies; - diversidade (H'); - cobertura de copa; - cobertura de gramíneas; - mortalidade das mudas plantadas; - presença de espécies exóticas invasoras; - distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio	podem comprometer todo o plantio da área restaurada a curto prazo e são de difícil correção.	3
Médio	- presença de espécies exóticas não invasoras; - altura das mudas plantadas;	podem comprometer o plantio da área restaurada à médio prazo e podem ser corrigidos.	2
Baixo	- presença de espécies incluídas em algum nível de ameaça de extinção;	não comprometem o plantio, mas são indicadores positivos, e por isso devem ser valorizados.	1

Tabela 2 - Pontuações possíveis de cada parâmetro avaliado, com base em critérios estabelecidos pela legislação vigente e recomendados para áreas restauradas com plantio com idade de um a dois anos.

Indicador	Critério	Pontuação
Riqueza média de espécies arbustivas e arbóreas	< 30 sp.	0
	de 30 a 59 sp	1
	de 60 a 79 sp	2
	≥ 80 sp	3
Diversidade (H')	abaixo de 1,0	0
	entre 1,1 e 2,0	1
	entre 2,1 e 3,0	2
	> 3,0	3
Presença de espécies arbustivas e arbóreas exóticas invasoras	presença	0
	ausência	3
Presença de espécies arbustivas e arbóreas exóticas (não regionais ou de outros países)	presença	0
	ausência	3
Presença de espécies arbustivas e arbóreas ameaçadas de extinção	presença	3
	ausência	0
Altura média das mudas plantadas	< 0,5 m	0
	entre 0,6 e 1,0 m	1
	entre 1,1 e 1,5 m	2
	> 1,5 m	3
Mortalidade após replantio	> 10 %	0
	entre 5,1 e 10,0%	1
	entre 3,1 e 5,0 %	2
	< 3%	3
Cobertura de copa	< 20%	0
	entre 20 e 50 %	1
	entre 50 e 80 %	2
	> 80 %	3
Cobertura de gramíneas invasoras	> 30 %	0
	entre 20 a 30 %	1
	entre 10 a 19 %	2

	< 10 %	3
Distribuição ordenada das mudas no campo a partir de grupos de plantio (ex. preenchimento e diversidade)	houve	3
	não houve	0

Com base na avaliação desses indicadores e na ponderação das notas obtidas pelo grau de importância, obtém-se uma tabela diagnóstica da área restaurada e uma nota final para a mesma (Tabela 3). Essa nota final pode ser comparada à nota hipoteticamente obtida por um projeto ideal, que obteve nota máxima em todos os parâmetros. Com base nisso, o órgão ambiental ou uma empresa contratante de um serviço de restauração florestal poderia, com base nesse modelo, definir uma nota mínima para a área restaurada para aceitar, rejeitar, ou exigir melhorias em um determinado projeto ou programa de restauração ecológica.

Tabela 3 - Tabela diagnóstica de uma área restaurada hipotética, apresentando as notas obtidas em cada parâmetro, a ponderação dessas notas por seus respectivos pesos, e a nota final do projeto. Essas notas podem ser comparadas a uma nota final máxima que seria obtida por um projeto ideal.

Parâmetros avaliados	Peso (grau de importância)	Nota máxima do indicador	Nota obtida do indicador	Nota final máxima	Nota final obtida
Comunidade implantada: diversidade e florística					
- Riqueza de espécies	3	3	2	9	6
- Diversidade média (H')	3	3	3	9	9
- Presença de espécies exóticas invasoras	3	3	1	9	3
- Presença de espécies exóticas não invasoras	2	3	0	6	0
- Presença de espécies ameaçadas de extinção	1	3	0	3	0
Comunidade implantada: estrutura					
- Mortalidade das mudas plantadas	3	3	3	9	9
- Altura média das mudas plantadas	2	3	2	6	4
- Cobertura de copa	3	3	2	9	6
- Cobertura de gramíneas	3	3	1	9	3
- Distribuição orientada dos grupos de plantio	3	3	3	9	9
				78	49

Além de servir como forma de julgar se um determinado projeto foi bem conduzido ou não, esse método de avaliação é uma poderosa ferramenta para o manejo e condução da área restaurada ao longo do tempo, possibilitando a correção de problemas antes que se perca todo o serviço executado, como já observado em diversas situações. Isso é evidenciado pelo fato de que praticamente todas as áreas restauradas apresentam uma série de pontos positivos e negativos que as caracterizam, sendo perfeitamente normal

que algumas ações de manejo tenham de ser realizadas para que a área restaurada alcance um patamar de qualidade desejado. O uso desse tipo de método pode ser interessante para estabelecer critérios mínimos de qualidade a serem alcançados na restauração florestal, com potencial de uso em licitações, contratos de prestação de serviços e termos de ajustamento de conduta.

Vale ressaltar que para esse método ser utilizado como ferramenta para a tomada de decisão no manejo de áreas restauradas é preciso que informações adicionais complementem a avaliação, já que o método diagnostica se a área restaurada está ou não de acordo com as metas inicialmente propostas, sem explicar porque um determinado indicador teve uma nota baixa.

Por exemplo, a baixa cobertura de copa e altura dos indivíduos plantados, que nada mais é do que um reflexo do reduzido desenvolvimento das mudas, pode ser resultado da deficiência nutricional, do preparo inadequado do solo, da escolha de espécies inapropriadas para o local, do uso de mudas de baixa qualidade, do ataque de formigas cortadeiras, da deriva de herbicidas, do controle deficiente de plantas daninhas, dentre tantos outros fatores. Nesses casos, a experiência do profissional que está realizando a avaliação dos indicadores é fundamental para que não apenas se diagnostique problemas, mas também se proponham formas de corrigi-los.

6 DESAFIOS PARA A PESQUISA

Embora a avaliação e o monitoramento sejam atividades fundamentais para todo e qualquer projeto de restauração ecológica, existem ainda algumas lacunas a serem superadas para que essas atividades possam ser incorporadas de forma rotineira no planejamento de ações de restauração. Por exemplo, o método de avaliação rápida descrito anteriormente é apenas uma proposição inicial baseada em conhecimento empírico, e que com o tempo, o uso e, é claro, com investigações científicas, o conjunto de indicadores e de valores de referência para esses indicadores devem ser modificados. Dentre as limitações para o avanço da avaliação e do monitoramento de áreas em processo de restauração, a que nos parece mais evidente é o estabelecimento de indicadores-chave para o sucesso da restauração, pois a avaliação de vários indicadores normalmente encarece o processo e nem sempre possibilita a obtenção de dados que permitem chegar a um bom diagnóstico da área em processo de restauração.

Muitos autores têm sugerido vários indicadores para avaliação e monitoramento de áreas em processos de restauração, tal como: a presença de formigas (ANDERSEN, 1997; RUIZ-JAÉN e AIDE, 2005), a estrutura da comunidade de borboletas (BROWN, 2004) e de outros invertebrados (JANSEN, 1997), a mudança na densidade de minhocas em áreas de regeneração (ZOU e GONZALEZ, 1997), as características físico-químicas do solo bem como os microrganismos associados (BENTHAM et.al., 1992), a ciclagem de nutrientes (AMAZONAS, 2010), a meso e macrofauna edáfica (SAUTTER, 1998) e parâmetros vegetacionais (JANSEN, 1997; RODRIGUES e GANDOLFI, 1998; YOUNG, 2000; SOUZA e BATISTA, 2004; RUIZ-JAÉN e AIDE, 2005; BELLOTTO et al., 2009). Outros indicadores sugeridos de processos e dinâmica da comunidade dizem respeito à amostragem de grupos de pequenos mamíferos (TURKER e MURPHY, 1997), de herpetofauna (TURKER e MURPHY, 1997; RUIZ-JAÉN e AIDE, 2005), de morcegos e aves (VAN AARDE et al. 1996; PARROTTA et al., 1997), destacando o papel desses agentes como bioindicadores do sucesso de projetos de restauração. Contudo, ainda não sabemos quais desses bioindicadores são mais eficientes, pois até então os mesmos não foram comparados objetivamente.

Além disso, a falta de conhecimento sobre quais indicadores possuem maior importância para o sucesso da restauração pode levar ao uso de indicadores redundantes, gastando tempo e recursos para a avaliação, sem que haja um benefício concreto. Por exemplo, será que é necessário avaliar a altura e a cobertura de copa dos indivíduos? Possivelmente esses dois indicadores estão intimamente relacionados, sendo que apenas um deles poderia ser avaliado.

Outro ponto de melhoria diz respeito ao aumento da agilidade de obtenção de resultados. Muitas vezes, diferentes parâmetros podem ser medidos para se verificar se uma mesma meta foi atingida. Por exemplo, para saber se a vegetação implantada cresceu o suficiente para sombrear o solo para criar um ambiente florestal e inibir gramíneas, pode-se avaliar a cobertura de copa de cada indivíduo ou obter medidas diretas de luz e abertura de dossel, com equipamentos específicos. Assim, em vez de medir a copa de cada indivíduo para então se estimar grosseiramente o sombreamento do solo, não seria mais preciso e fácil utilizar uma medida direta de luz ou de abertura de dossel? Ou então não se poderia utilizar a cobertura de gramíneas como um bioindicador de sombreamento?

O mesmo raciocínio vale para a avaliação da regeneração natural como indicador-chave do sucesso da restauração. Isso porque a avaliação da regeneração natural expressa o

produto final da chuva de sementes, do banco de sementes, do banco de plântulas, da produção de sementes pelas espécies plantadas e do uso da área restaurada por frugívoros. Assim, em vez de avaliar todos esses indicadores, seria mais fácil, e talvez até mais eficiente, avaliar apenas a regeneração natural.

Assim, uma das lacunas mais evidentes da pesquisa no momento é estabelecer quais indicadores são os mais importantes para se estimar as chances de sucesso na restauração florestal. Uma proposta seria avaliar vários indicadores e conduzir análises de correlação entre eles, verificando quais são redundantes. A partir do refinamento de um grupo específico de indicadores, áreas em processo de restauração poderiam ser monitoradas em médio prazo a partir dos indicadores escolhidos, e por fim seria possível saber ao final desse processo qual indicador teve maior contribuição para a efetivação da restauração.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação e o monitoramento de áreas em processo de restauração são etapas fundamentais e decisivas de todo e qualquer projeto de restauração ecológica, embora essas atividades não sejam rotineiramente incorporadas à maioria dos projetos em andamento no Brasil. Além de permitir a identificação e correção de problemas antes que extensas áreas em processo de restauração entrem em declínio, o acompanhamento dessas áreas será fundamental para a readequação dos métodos de restauração atualmente utilizados, uma vez que a efetividade da maioria das ações de restauração ainda é muito aquém do necessário para o estabelecimento de florestas restauradas sustentáveis.

Um dos principais problemas conceituais atuais da restauração florestal no Brasil é justamente a falta de objetivos claros e bem fundamentados quando se planeja restaurar uma dada área. Uma vez que não se define um objetivo, como esse objetivo pode ser posteriormente avaliado? Assim, para que a avaliação e o monitoramento sejam empregados de forma adequada, é preciso inicialmente que se repense a forma de se planejar a restauração, e que nessa reflexão passe-se a estabelecer objetivos e metas a serem atingidos em diferentes momentos do processo de restauração da área.

Por fim, a pesquisa também tem muito ainda que avançar para que se estabeleçam indicadores confiáveis e seguros para a avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração, de forma que se evite avaliar indicadores pouco significantes ou

redundantes, e que se possa definir também quais indicadores estão mais diretamente associados ao sucesso da restauração.

8 REFERÊNCIAS

AMAZONAS, N.T. **Ciclagem do nitrogênio em uma cronosequência formada por florestas restauradas e floresta natural**. 2010. 93p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2010.

ANDERSEN, A.N. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Autralian Seasonal Tropics. **Restoration Ecology**, v.5, n.2, p.109-14, 1997.

BARBOSA, L.M.; BARBOSA, J.M.; BARBOSA, K.C.; POTOMATI, A.; MARTINS, S.E.; ASPERTI, L. M. Recuperação florestal com espécies nativas no estado de São Paulo: pesquisas apontam mudanças necessárias. **Florestar Estatístico**, v.6, n.1, p.28-34, 2003.

BELLOTTO, A.; VIANI, R.A. G.; NAVE, A.G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para a avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.). **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. v.1, p.128-146.

BENTHAM, H; HARRIS, J.A.; BIRCH, P; SHORT, K.C. Habitat classification and the soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physicochemical characteristic. **Journal Applied Ecology**, v.29, p.711-718, 1992.

BROWN, K.S. Insetos indicadores da história, composição, diversidade, e integridade de matas ciliares tropicais. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 3 ed., São Paulo: EDUSP, 2004. p.223-232.

JANSEN, A. Territorial on vertebrate community structure as an indicator of success of a tropical rain forest restoration project. **Restoration Ecology**, v.5, n.2, p.115-24, 1997.

LEOPOLD, A.C.; AANDRUS, R.; FINKELDEY, A.; KNOWLES, D. Attempting restoration of wet tropical forest in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v.142, p.243-49, 2001.

MA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human wellbeing**: multiscale assessments, v.4. Synthesis report series. Island Press, Washington, D.C. 2005.

PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H.; WUNDERLE JR, J.M. Development of floristic diversity in 10 year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.21-42, 1997.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p.203-215.

RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1242-1251, 2009.

RUIZ-JAÉN, M.C.; AIDE, T.M. Restoration success: How is it being measured? **Restoration Ecology**, v.13, n.3, p.569-577, 2005.

SAUTTER, K.D. Meso (Acari e Collembola) e macrofauna (Oligochaeta) na recuperação de solos degradados In. DIAS, L.E.; MELO, J.W.V. (Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p.197-202.

SER - SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL E POLICY WORKING GROUP. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. www.ser.org e Tucson: Society for Ecological Restoration International. 2004.

SIQUEIRA, L.P. **Monitoramento de áreas restauradas no estado de São Paulo, Brasil**. 2002. 128p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2002.

SOUZA, F.M.; BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous Forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v.191, p.185-200, 2004.

TURKER, N. I.J.; MURPHY, T.M. The effects of ecological rehabilitation on vegetation recruitment: some observation from the wet tropics of North Queensland. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 133-152, 1997.

VAN AARDE, R.J.; FERREIRA, S.M.; KRITZINGER, J.J.; VAN DYK, P.J.; VOGT, M.; WASSENAAR, T.D. An evaluation of habitat rehabilitation on coastal dune forest in northern Kwazulu-Natal, South Africa. **Restoration Ecology**, v.4, n.4, p.334-345, 1996.

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

ZOU, X.; GONZALES, G. Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, p.627-629, 1997.