



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PERÍCIAS CRIMINAIS AMBIENTAIS

KARINA BIANCA CHRIST

**EFETIVIDADE DA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: PROPOSTA DE  
INDICADORES DE MONITORAMENTO**

FLORIANÓPOLIS

2020



Karina Bianca Christ

**EFETIVIDADE DA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: PROPOSTA DE  
INDICADORES DE MONITORAMENTO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação  
em Perícias Criminais Ambientais da Universidade  
Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de  
mestre em Perícias Criminais Ambientais.  
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Siminski  
Coorientador: Dr. Alexandre Mariot

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Christ, Karina Bianca  
Efetividade da restauração de áreas degradadas :  
proposta de indicadores de monitoramento / Karina Bianca  
Christ ; orientador, Alexandre Siminski, coorientador,  
Alexandre Mariot, 2020.  
118 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas,  
Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais,  
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Perícias Criminais Ambientais. 2. Restauração de áreas  
degradadas. 3. Monitoramento da restauração florestal. 4.  
Indicadores do sucesso da restauração. I. Siminski,  
Alexandre. II. Mariot, Alexandre. III. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Perícias Criminais Ambientais. IV. Título.

Karina Bianca Christ

**Efetividade da restauração de áreas degradadas: proposta de indicadores de monitoramento**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Alexandre Siminski  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Thiago Montagna  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Alfredo Celso Fantini  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Perícias Criminais Ambientais.

---

Prof. Dr. Roberto Fabris Goerl  
Coordenador(a) do Programa

---

Prof. Dr. Alexandre Siminski  
Orientador

Florianópolis, 18 de fevereiro de 2020.



Aos meus amados pais, Licério e Maria de Lurdes, por serem meu alicerce diante dos desafios.

À minha irmã e amiga, Camila, por sua presença sempre carinhosa em minha vida.





## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por abençoar minha vida, guiar meu caminho, iluminar minha mente e cuidar do meu coração.

Aos meus pais, Licério Alípio Christ e Maria de Lurdes Christ, pela união do seu amor, que me permitiu vir à vida e formou nossa família.

À minha mãe, por seu amor incondicional, por todo o cuidado, carinho e tempo dedicados a mim em todos os momentos, sendo crucial no meu desenvolvimento.

Ao meu pai, exemplo de integridade, por transmitir com sabedoria todos os ensinamentos e força de vida que me impulsionam em meu caminho.

À minha irmã, Camila Greice Christ, por muitos dos momentos de alegria em minha vida, por sua amizade e todo o apoio não só no decorrer deste trabalho, mas sempre.

Ao meu companheiro, Paulo Godoi, pelas experiências vividas ao longo desses anos juntos, e por compreender minha ausência durante a realização do mestrado.

À minha madrinha, Jussara Aparecida Carniel, pelo incentivo constante para que eu continue em busca da concretização dos meus projetos.

À psicóloga Aline Pauli Biesek, pelos esclarecimentos sobre a dinâmica dos meus pensamentos, auxiliando no direcionamento da minha atenção para o momento presente.

Aos meus colegas de trabalho e amigos, que contribuíram de tantas formas nesta trajetória.

Ao Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, por oportunizar a realização do mestrado.

Ao meu orientador, Alexandre Siminski, e ao coorientador, Alexandre Mariot, pelo acompanhamento e importantes contribuições na execução deste trabalho.

A todos que simplesmente tornaram meus dias melhores e que, por isso, merecem meus sinceros agradecimentos.



Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar, mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota. (Madre Teresa de Calcutá)



## RESUMO

A Mata Atlântica é um dos biomas com maior passivo ambiental no Brasil, com 1,5 milhão de hectares de áreas de preservação permanente a serem recuperados. Nos casos de restauração obrigatória, em atendimento à legislação, é preciso atestar mediante monitoramento e avaliação de indicadores que a área se encontra restaurada de maneira satisfatória, apresentando capacidade de autossustentabilidade e resiliência. Estabelecer os indicadores mais significativos do sucesso da restauração florestal é uma das lacunas ambientais mais evidentes. Além da definição de indicadores, deve ser estabelecido o objetivo final a ser alcançado em determinado tempo com a restauração, que pode ser norteado por um ecossistema de referência. Este trabalho tem por objetivo elaborar uma proposta de indicadores para monitoramento e avaliação da restauração de áreas objeto de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas no estado de Santa Catarina. Dados de campo do estado de Santa Catarina foram comparados aos valores de referência estabelecidos na Resolução SMA nº 32/2014, do estado de São Paulo. Os indicadores propostos pela Resolução mostraram-se adequados para o monitoramento e avaliação do sucesso da restauração, podendo ser aplicados em Santa Catarina. Somente os estados de São Paulo e Rio de Janeiro possuem normas específicas para o monitoramento da recuperação de áreas degradadas, as quais incluem indicadores essencialmente de estrutura e composição da vegetação. Com base na análise dos indicadores propostos nessas normativas e na literatura científica, foram selecionados como indicadores para Santa Catarina: cobertura do solo, cobertura de gramíneas invasoras, densidade e diversidade de regenerantes nativos, zoocoria, classificação em grupos sucessionais e existência de fatores de degradação. A escolha incluiu os três atributos considerados essenciais – estrutura, composição e processos ecológicos –, e foi embasada na fácil obtenção dos dados e na representatividade dos indicadores na autossustentabilidade do ecossistema.

**Palavras-chave:** Restauração de áreas degradadas. Monitoramento de projetos de recuperação. Avaliação da restauração. Indicadores ecológicos. Sucesso da restauração.



## ABSTRACT

The Atlantic Forest is one of the biomes with the greatest environmental liability in Brazil, with 1.5 million hectares of permanent preservation areas to be recovered. In the case of mandatory restoration, in compliance with the legislation, it is necessary to certify through monitoring and evaluation of indicators that the area is satisfactorily restored, showing a capacity for self-sustainability and resilience. Establishing the most significant indicators of the success of forest restoration is one of the most evident environmental gaps. In addition to the definition of indicators, the final objective to be reached in a certain time with the restoration must be established, which can be guided by a reference ecosystem. This study aims to develop a proposal of indicators for monitoring and evaluating the restoration of areas subject to Projects for the Recovery of Degraded Areas in the state of Santa Catarina. Field data from the state of Santa Catarina were compared to the reference values established in SMA Resolution No. 32/2014, from the state of São Paulo. The indicators proposed by the Resolution proved to be adequate for monitoring and assessing the success of the restoration and can be applied in Santa Catarina. Only the states of São Paulo and Rio de Janeiro have specific rules for monitoring the recovery of degraded areas, which include indicators essentially of structure and composition of vegetation. Based on the analysis of the indicators proposed in these regulations and in the scientific literature, the following were selected as indicators for Santa Catarina: soil cover, cover of invasive grasses, density and diversity of native regenerants, seed dispersal by animals, classification in successional groups and existence of degradation factors. The choice included the three attributes considered essential - structure, composition and ecological processes - and was based on the easy obtaining of data and the representativeness of the indicators in the self-sustainability of the ecosystem.

**Keywords:** Restoration of degraded areas. Monitoring of recovery projects. Assessment of restoration. Ecological indicators. Success of restoration.





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de distribuição dos biomas do Brasil.....	29
Figura 2 – Mapa de distribuição das formações vegetais no Brasil. ....	30
Figura 3 – Distribuição original das formações vegetais de Mata Atlântica em Santa Catarina. .....	31
Figura 4 – Mapa dos remanescentes florestais da Mata Atlântica em Santa Catarina em 2018. .....	32
Figura 5 – Esquema exemplificativo da avaliação do indicador cobertura do solo com vegetação nativa para Floresta Estacional. Neste exemplo, a cobertura do solo por espécies nativas na parcela é de 14,5 metros, ou seja, 58%. ....	59
Figura 6 – Representação de parcela com indicação dos indivíduos nativos regenerantes. ....	60
Figura 7 – Representação de parcela com indicação de seis espécies nativas regenerantes (letras A a F). ....	60
Figura 8 – Gradiente de distribuição dos dados amostrais para o indicador cobertura do solo. .....	66
Figura 9 – Cobertura do solo com vegetação nativa equivalente a 8% da área. ....	67
Figura 10 – Cobertura do solo com vegetação nativa equivalente a 100% da área.....	67
Figura 11 – Boxplot da cobertura do solo (%) para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI. ....	68
Figura 12 – Desenvolvimento da regeneração a partir do cercamento, atingindo 100% de cobertura do solo. ....	69
Figura 13 – Gradiente de distribuição dos dados amostrais para o indicador densidade de regenerantes nativos (ind./ha x 1000).....	70
Figura 14 - Boxplot da densidade de regenerantes nativos (ind./ha) para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI. ....	71
Figura 15 – Área com densidade de regenerantes de apenas 400 ind./ha. ....	72
Figura 16 – Gradiente de distribuição dos dados amostrais para o indicador diversidade de regenerantes nativos. ....	73
Figura 17 – Boxplot da diversidade de regenerantes nativos para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI. ....	74
Figura 18 – Distribuição das parcelas nos níveis de adequação do indicador cobertura do solo para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI. ....	78

Figura 19 – Distribuição das parcelas nos níveis de adequação do indicador densidade de indivíduos nativos regenerantes para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.....	79
Figura 20 – Distribuição das parcelas nos níveis de adequação do indicador número de espécies nativas regenerantes para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.....	80
Figura 21 – Porcentagem de parcelas do convênio com a Prefeitura de Chapecó adequadas e inadequadas, e composição dos indicadores inadequados.....	82
Figura 22 – Porcentagem de parcelas do convênio com a EPAGRI adequadas e inadequadas, e composição dos indicadores inadequados.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de referência utilizados. ....	61
Tabela 2 – Índices calculados a partir dos valores obtidos em campo. ....	65
Tabela 3 – Valores de referência conforme Resolução SMA n° 32/2014 e índices obtidos nos convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI. ....	74
Tabela 4 – Indicadores compreendidos nas normativas estaduais e sua classificação quanto à coleta e atributo avaliado. ....	86
Tabela 5 – Equivalência dos parâmetros de análise conforme Resolução INEA n° 143/2017. ....	88
Tabela 6 – Proposta de indicadores para monitoramento da recuperação no estado de Santa Catarina. ....	98
Tabela 7 – Valores obtidos em campo – CHAPECÓ .....	113
Tabela 8 – Valores obtidos em campo – EPAGRI .....	115



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Águas de Chapecó
APP(s)	Área(s) de Preservação Permanente
ART	Anotação de responsabilidade técnica
BA	Bahia
CH	Chapecó
cm	Centímetro
CPRH	Agência Estadual do Meio Ambiente de Pernambuco
CTF	Cadastro técnico federal
CX	Caxambu do Sul
DAR	Diagnóstico Ambiental Rápido
DER	Diagnóstico Ecológico Rápido
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
GPS	Global Positioning System
GT	Guatambu
ha	Hectare(s)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
ind./ha	Indivíduos por hectare
INEA	Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
n <sup>o</sup>	Número
PA	Paial
PRAD(s)	Projeto(s) de Recuperação de Áreas Degradadas
RJ	Rio de Janeiro
SC	São Carlos
SER	Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica
SMA	Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo
SP	São Paulo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1	OBJETIVOS .....	28
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>28</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>REMANESCENTES DO BIOMA MATA ATLÂNTICA</b> .....	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA À RESTAURAÇÃO</b> .....	<b>33</b>
3.1	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E RESERVA LEGAL .....	34
<b>4</b>	<b>RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA</b> .....	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>ECOSSISTEMAS DE REFERÊNCIA</b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>INDICADORES</b> .....	<b>43</b>
7.1	CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE INDICADORES ECOLÓGICOS .....	44
7.2	CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES .....	45
<b>8</b>	<b>SUCESSO DA RESTAURAÇÃO</b> .....	<b>49</b>
8.1	ATRIBUTOS INDICADORES DO SUCESSO DA RESTAURAÇÃO .....	49
<b>9</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>57</b>
9.1	LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CAMPO .....	57
9.2	ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO.....	60
9.3	LEVANTAMENTO DAS NORMATIVAS ESTADUAIS .....	62
9.4	PROPOSTA DE INDICADORES DE RESTAURAÇÃO PARA SANTA CATARINA.....	63
<b>10</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>65</b>
10.1	LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	65
10.1.1	<b>Cobertura do solo</b> .....	<b>66</b>
10.1.2	<b>Densidade de indivíduos nativos regenerantes</b> .....	<b>69</b>
10.1.3	<b>Diversidade de regenerantes nativos</b> .....	<b>72</b>
10.2	ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO.....	74
10.2.1	<b>Cobertura do solo</b> .....	<b>77</b>

<b>10.2.2</b>	<b>Densidade de indivíduos nativos regenerantes .....</b>	<b>78</b>
<b>10.2.3</b>	<b>Número de espécies nativas regenerantes (diversidade) .....</b>	<b>79</b>
<b>10.2.4</b>	<b>Combinação dos indicadores.....</b>	<b>81</b>
<b>10.3</b>	<b>NORMATIVAS JUNTO AOS ÓRGÃOS AMBIENTAIS ESTADUAIS.....</b>	<b>83</b>
<b>10.3.1</b>	<b>Indicadores estabelecidos pelas normativas .....</b>	<b>85</b>
<b>10.4</b>	<b>PROPOSTA DE INDICADORES PARA MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>10.4.1</b>	<b>Intensidade amostral.....</b>	<b>89</b>
<b>10.4.2</b>	<b>Indicadores .....</b>	<b>90</b>
<b>10.4.3</b>	<b>Itens mínimos para o monitoramento de projetos de restauração florestal.....</b>	<b>99</b>
<b>11</b>	<b>CONSIDERACOES FINAIS .....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE A – Dados obtidos em campo para o convênio com a Prefeitura de Chapecó .....</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE B – Dados obtidos em campo para o convênio com a EPAGRI... </b>	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE C – Minuta de Anexo à Instrução Normativa nº 16 – Recuperação de áreas degradadas, sugerindo itens mínimos para monitoramento de área em restauração. ....</b>	<b>117</b>



## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Mata Atlântica figura dentre os biomas que apresentam o maior passivo ambiental, com uma área de 6 milhões de hectares a ser recuperada, após a Amazônia, com passivo de 8 milhões de hectares (SOARES-FILHO, 2013).

As Áreas de Preservação Permanente (APPs), protegidas legalmente por sua função ambiental na preservação de recursos hídricos, estabilidade geológica, biodiversidade e proteção do solo, e as áreas de Reserva Legal, as quais correspondem a um percentual do imóvel rural a ser mantido com cobertura de vegetação nativa (BRASIL, 2012), representam um passivo de aproximadamente  $21 \pm 1$  milhões de hectares no país a serem restaurados (SOARES-FILHO et al., 2014). Com relação às APPs, o passivo atinge um montante de  $4,8 \pm 1,8$  milhões de hectares, sendo 1,5 milhões na Mata Atlântica (SOARES-FILHO, 2013).

A decisão de se priorizar a recuperação das áreas degradadas em APPs, além da questão legal, fundamenta-se nas funções ecológicas exercidas pelas APPs na proteção de recursos hídricos e formação de corredores ecológicos para a fauna e a flora. Em atendimento à legislação, a restauração florestal também é crucial para o restabelecimento da Reserva Legal mínima exigida (ISERNHAGEN et al., 2009).

A restauração dos recursos naturais tem por motivação, além das imposições legais, mitigar ou cessar um dano ambiental, e até mesmo recuperar a vegetação para posterior uso econômico de sua biodiversidade, produtos, serviços ambientais e turismo (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Contra impactos como o desmatamento, crescente em regiões tropicais, a restauração é uma forma de recompor a complexidade dos ecossistemas, restabelecendo comunidades vegetais, o que conseqüentemente propicia habitats para a fauna associada. (SOUZA; BATISTA, 2004).

O sucesso nos projetos de restauração tende a ser resultado de monitoramento e avaliação efetivos. O monitoramento compreende aspectos importantes da restauração, incluindo a definição das áreas a serem restauradas e o desenvolvimento do projeto em relação aos objetivos inicialmente estabelecidos. Um papel fundamental da etapa de monitoramento recai sobre a identificação de mudanças no ecossistema e de suas potenciais conseqüências, auxiliando na seleção de práticas de manejo mais adequadas (KEENLEYSIDE et al., 2012).

Nos casos de reparação de dano ambiental ou por exigência em processo de licenciamento, a restauração é obrigatória e deverá ter seu cumprimento avaliado a fim de isentar o interessado da obrigação. Neste sentido, é necessário estabelecer regras que indiquem que a vegetação se apresenta em um estágio que não exige mais manutenção, pois não seria coerente utilizar critérios pessoais para atestar a restauração de uma área. Assim, a restauração requer recomendações técnicas adequadas, inclusive com a definição de indicadores representativos dos processos ecológicos para o seu acompanhamento, (DURIGAN, 2011; UEHARA; GANDARA, 2011).

Entretanto, definir os indicadores de sucesso da restauração florestal mais adequados é um problema evidente e a falta de consenso dificulta a realização de um monitoramento sistemático (BELLOTTO et al., 2009; BRANCALION et al., 2012). Geralmente ocorre apenas uma avaliação subjetiva com a finalidade de constatar se a recomposição foi bem-sucedida e se se encontra satisfatória.

Diversos indicadores podem identificar os atributos de ecossistemas restaurados, porém, estrategicamente, diante das dificuldades em se avaliar muitos indicadores, utiliza-se na prática um número reduzido deles (BRANCALION et al., 2012), em sua maioria relacionados a características de estrutura e de biodiversidade da vegetação (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; OLIVEIRA; ENGEL, 2018; YOUNG, 2000).

Estabelecer critérios universais, independentes da situação local, é uma questão problemática diante da diversidade de ambientes a serem restaurados. Segundo Rodrigues e Gandolfi (2001 apud BELLOTTO et al., 2009), além dos indicadores de avaliação e monitoramento da restauração, deve-se também determinar a situação final a ser atingida pela área em restauração, em função da variável tempo e levando em consideração o funcionamento de ecossistemas naturais.

Estabelecer os valores de referência para avaliação de cada indicador nos projetos de restauração também se apresenta como um desafio. De acordo com Durigan (2011), “espera-se que o acompanhamento de projetos de restauração bem sucedidos e de áreas em processo de regeneração natural possa gerar intervalos de confiança para os indicadores escolhidos, como valores de referência para cada etapa do monitoramento de novos projetos”.

Diante da importância da restauração na conservação, proteção e estabilidade ecológica dos ecossistemas naturais, especialmente nas APPs e Reservas Legais, é necessário estabelecer critérios para o monitoramento da restauração florestal, a fim de avaliar seus

resultados. Ressalta-se que o cumprimento dos projetos de restauração deve ser verificado mediante os resultados atingidos, e não apenas pela execução da metodologia proposta.

Cada governo estadual deve dispor de instrumentos legais e valores de referência do sucesso da restauração compatíveis com os ecossistemas regionais, a fim de garantir a aplicabilidade da lei diante da diversidade e extensão do país (CHAVES et al., 2015).

O Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), órgão ambiental estadual, não possui uma normativa para padronizar o monitoramento dos projetos de recuperação, os quais são exigidos nos seguintes casos:

- a) como condicionantes em processos de licenciamento ambiental e autorizações ambientais para a supressão de vegetação;
- b) para promover a reparação de danos ambientais objeto de autuações administrativas, de medidas mitigadoras ou compensatórias ambientais;
- c) em atendimento a Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental e Termos de Ajustamento de Conduta;
- d) para recomposição da Reserva Legal e de Áreas de Preservação Permanente, previstos na Lei Federal nº 12.651/2012.

O licenciamento ambiental para a recuperação de áreas degradadas, no âmbito do IMA, segue as orientações previstas em instrução normativa do órgão, a Instrução Normativa nº 16, a qual exige somente que o monitoramento seja contemplado no projeto de recuperação, devendo ser apresentados relatórios anuais durante o prazo mínimo de 36 meses. No entanto, a normativa não estabelece os indicadores e seus valores de referência para a avaliação da restauração.

Há inúmeros parâmetros que podem ser utilizados como indicadores do sucesso da recuperação, sendo um grande desafio desenvolver critérios que atestem, de maneira simples e acessível, a funcionalidade da área.

Diante desta problemática, o presente trabalho visa selecionar indicadores para o monitoramento dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) no estado de Santa Catarina, de competência do IMA, de maneira a permitir aferir o grau e a efetividade de restauração da área.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar proposta de indicadores para monitoramento e avaliação da restauração de áreas objeto de PRAD junto ao IMA.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar dados de campo de projetos de restauração no estado de Santa Catarina em comparação com os valores de referência estabelecidos na Resolução SMA nº 32/2014, verificando a aplicabilidade dos indicadores para o estado de Santa Catarina;
- Identificar a regulamentação existente em outros estados integrantes da Mata Atlântica para o monitoramento das áreas objeto de restauração;
- Propor parâmetros de avaliação (indicadores) com base na análise dos resultados obtidos em campo, de estudos ambientais e literatura científica.

## 2 REMANESCENTES DO BIOMA MATA ATLÂNTICA

O bioma Mata Atlântica, delimitado conforme mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Figura 1), abrange uma área de 130.973.638 ha distribuída em 17 estados (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019), representando 15% da área do Brasil.

Figura 1 – Mapa de distribuição dos biomas do Brasil.

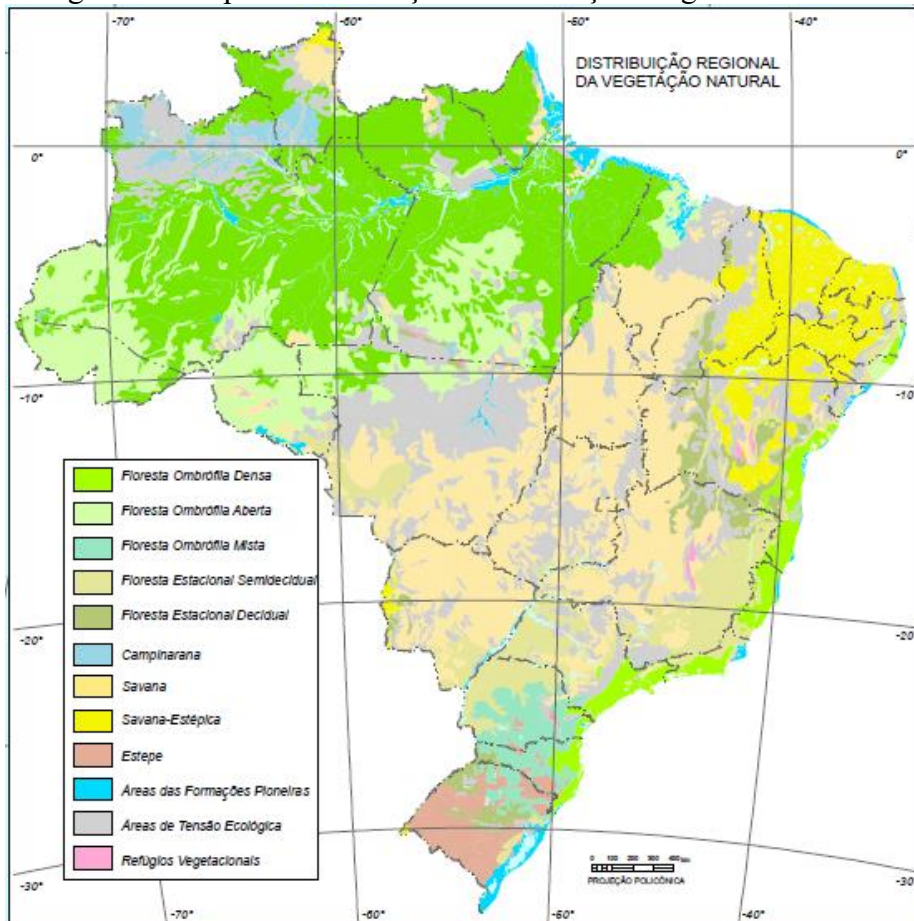


Fonte: IBGE (2004)

Esse bioma engloba as formações florestais nativas de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, ou Mata de Araucárias, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual; e os ecossistemas associados, como campos de altitude, áreas das formações pioneiras, como manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais, refúgios vegetacionais, áreas de tensão ecológica, brejos interioranos e

encraves florestais, áreas de estepe, savana e savana-estépica, e vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas (Figura 2) (BRASIL, 2006, 2008).

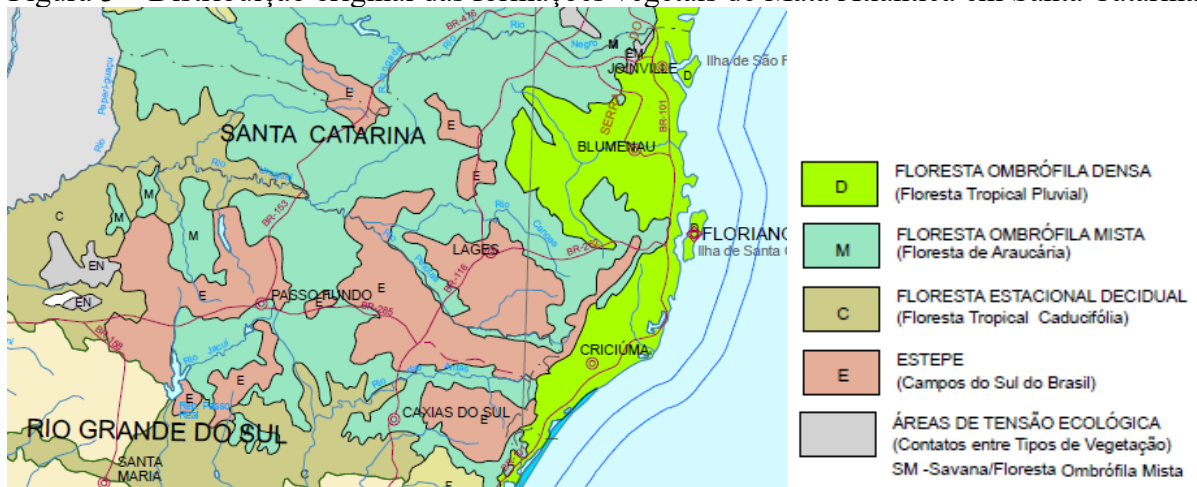
Figura 2 – Mapa de distribuição das formações vegetais no Brasil.



Fonte: IBGE (2012)

No estado de Santa Catarina, a cobertura original pelo bioma Mata Atlântica correspondia a 100% de sua área (Figura 3), equivalente a 9.573.618 ha. No ano de 2018, o bioma abrangia 28,8% da área original no estado, compreendendo, entre outros, áreas de mata (2.189.122 ha), mangue (11.974 ha) e restinga (68.192 ha) (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019).

Figura 3 – Distribuição original das formações vegetais de Mata Atlântica em Santa Catarina.

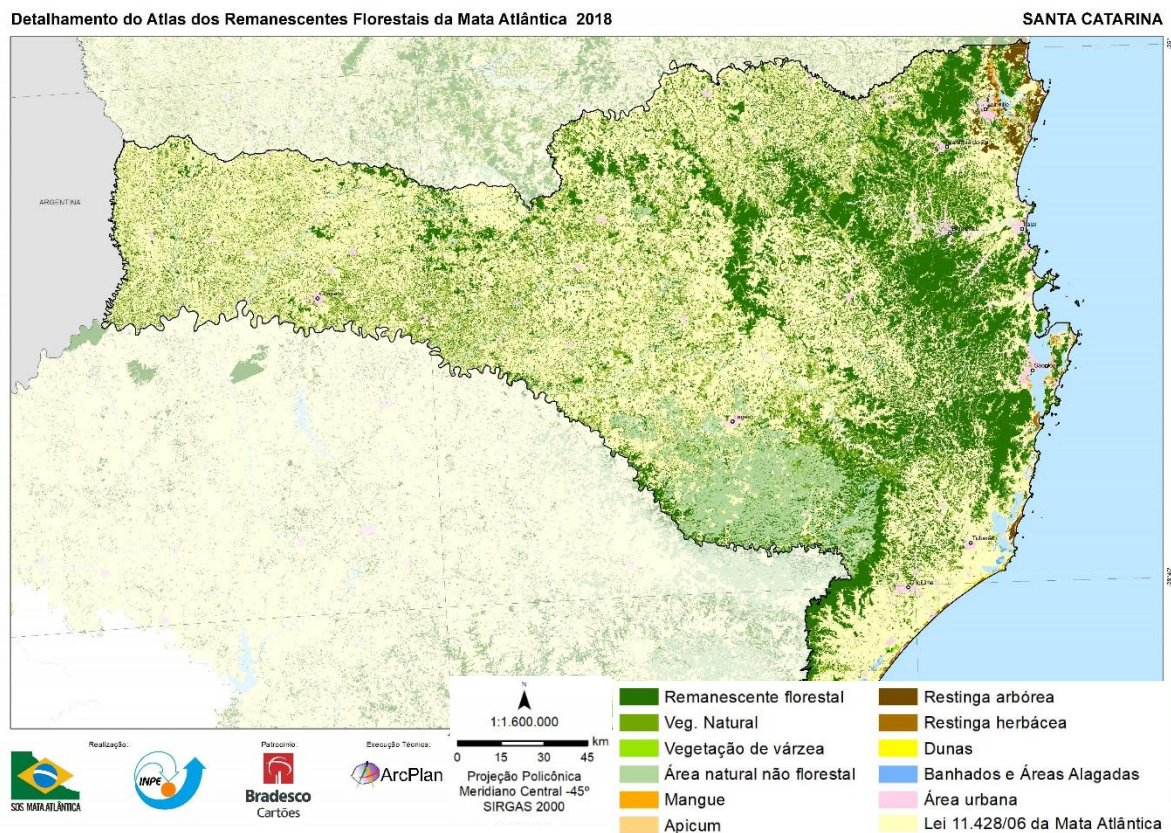


Fonte: IBGE (2012)

A taxa de desmatamento dos remanescentes florestais maiores de 3 ha da Mata Atlântica, considerando os 17 estados de sua abrangência, teve uma redução de 9,3% no período de 2017-2018, em comparação com o período anterior de 2016-2017. Entretanto, para o estado de Santa Catarina, observa-se um aumento do desmatamento florestal em 52% no mesmo período. Foi identificado um decremento de mata de 905 ha entre 2017-2018, restando 22,9% do território coberto por áreas de mata, porcentagem que vem se mantendo desde 2016 (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019).

No início de 2018, a Fundação SOS Mata Atlântica divulgou um novo mapeamento do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica de Santa Catarina (Figura 4), no qual foram identificadas áreas de cobertura vegetal nativa com o mínimo de 1 ha nas imagens de satélite. Pela metodologia anterior, em que a área mínima de vegetação mapeada era de 3 ha, entre 2017-2018 considera-se que o total da vegetação nativa remanescente no estado seria de 28,8% (2.756.178 ha) (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019). O novo estudo revela que em 2018 o estado de Santa Catarina possuía 41,4% (3.967.603 ha) de sua área recoberta por Mata Atlântica, sendo 11,9% (1.136.317 ha) referente a áreas de 1 ha, identificadas nesse novo levantamento (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2018).

Figura 4 – Mapa dos remanescentes florestais da Mata Atlântica em Santa Catarina em 2018.



Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica (2018).

Ao ampliar o detalhamento do levantamento, foi possível visualizar fragmentos florestais naturais menores, com sinais de alteração, como clareiras, e vegetação em estágio inicial de regeneração, permitindo obter um retrato mais preciso da situação do bioma no estado (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2018).

Um estudo inédito da regeneração da Mata Atlântica, lançado em 2017 pela Fundação SOS Mata Atlântica, identificou a regeneração de 219.735 ha entre os anos de 1985 e 2015, em nove dos 17 estados do bioma. O estado de Santa Catarina figura dentre os estados com mais áreas regeneradas no período avaliado, equivalente a 24.964 ha, atrás somente dos estados do Paraná (75.612 ha) e de Minas Gerais (59.850 ha) (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, [2018]).



### 3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA À RESTAURAÇÃO

Com a instituição do Código Florestal em 1965, então Lei Federal nº 4.771/1965, as florestas e demais formas de vegetação foram reconhecidas como bens de interesse comum a todos os habitantes do país (BRASIL, 1965). Neste mesmo sentido, a Constituição Federal de 1988, em seu Art. 225 estabeleceu que

§ 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. (BRASIL, 1988).

Antes mesmo da Constituição Federal de 1988, a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938/1981, já tinha objetivos com o intuito de recuperação, como a preservação e restauração dos recursos ambientais buscando sua utilização racional e disponibilidade permanente, e a imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e indenizar os danos causados (BRASIL, 1981). A obrigatoriedade de reparação dos danos causados ao meio ambiente também é amparada pelo Art. 225 da Constituição Federal de 1988, parágrafos 2º e 3º:

§ 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. (BRASIL, 1988).

Segundo Milaré (2015), as formas principais de reparação do dano ambiental são a restauração natural e a indenização pecuniária. O autor considera que a modalidade ideal e que deve ser preferencialmente aplicada, apesar de mais onerosa, é a restauração natural, eliminando a atividade lesiva e proporcionando o retorno da situação o mais próximo possível da condição anterior ao dano.

A fim de reverter ou, no mínimo, reduzir os danos, é necessário que se tenha uma metodologia específica, o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) (BARBOSA, 2014).

A Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011 estabelece procedimentos para a elaboração do PRAD, e dispõe que “o PRAD deve reunir informações, diagnósticos, levantamentos e estudos que permitam a avaliação da degradação ou alteração e a consequente definição de medidas adequadas à recuperação da área” (IBAMA, 2011).

Segundo Almeida (2006), conhecer sobre o restabelecimento da estrutura e da dinâmica das espécies do ecossistema é essencial no desenvolvimento de modelos de recuperação.

### 3.1 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E RESERVA LEGAL

O Código Florestal definiu os casos em que as florestas e formas de vegetação são consideradas de preservação permanente, e limitou a supressão destas aos projetos de utilidade pública e interesse social (BRASIL, 1965). A Medida Provisória nº 2.166-67/2001 alterou e acrescentou dispositivos ao então Código Florestal, apresentando de forma expressa o conceito de área de preservação permanente:

II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2o e 3o desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 2001)

A medida provisória permaneceu em vigor até a publicação da Lei Federal nº 12.651/2012, atualmente vigente, a qual manteve a definição de área de preservação permanente prevista na medida provisória.

Também intitulado como Novo Código Florestal, a Lei Federal nº 12.651/2012 delimita as áreas de preservação permanente e seu regime de proteção, estabelecendo que a vegetação situada em APP deve ser mantida preservada. A obrigatoriedade na recuperação das APPs degradadas encontra respaldo em seu Art. 7º §1º, o qual dispõe que

§ 1º Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei. (BRASIL, 2012).

A medida provisória adicionou, ainda, a exigência de recomposição da reserva legal em imóvel rural em que a área de floresta nativa apresente extensão inferior ao estabelecido na Lei, que corresponde na Mata Atlântica ao mínimo de 20% da propriedade (BRASIL, 2001).

Na área rural, o Novo Código Florestal prevê também a recomposição gradual das áreas de reserva legal e a recuperação das áreas de preservação permanente em diferentes faixas, conforme o tamanho dos imóveis rurais (BRASIL, 2012).

Assim, os dispositivos legais, principalmente o Novo Código Florestal, são ferramentas relevantes para a conservação, ao exigirem a restauração de áreas degradadas e a manutenção de áreas florestais como APPs e reserva legal (ALMEIDA, 2016).

As áreas de preservação permanente e de reserva legal que não possuem mais sua vegetação natural são consideradas degradadas, portanto, necessitam legalmente ser recuperadas.



## 4 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A restauração ecológica pode ser definida como “o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SER, 2004), desencadeando ou acelerando a recuperação da estrutura e funções do ecossistema, a fim de reproduzir um ecossistema natural sustentável e incorporado à paisagem ecológica (HIGGS, 1997; KEENLEYSIDE et al., 2012).

A Sociedade Internacional de Restauração Ecológica (SER) define como ecossistema restaurado aquele que apresenta recursos suficientes para manter sua estrutura e funcionamento sem necessidade de mais assistência e seja resiliente a condições ambientais adversas, integrando-se aos ecossistemas contíguos (SER, 2004).

Tal definição traduz o princípio fundamental da restauração ecológica florestal, que se baseia no aumento da integridade ecológica pela restauração dos processos naturais e da resiliência (DELLASALA et al., 2003). Este princípio compreende os fundamentos básicos da restauração propostos por Rodrigues e Gandolfi (2007): a resiliência ecológica, a manutenção de comunidades com alta diversidade e a perspectiva de paisagem.

Segundo DellaSala et al. (2003), a integridade ecológica representa a capacidade de um ecossistema manter uma comunidade equilibrada quanto à composição de espécies, diversidade e organização funcional, semelhante ao habitat natural. Essa abordagem entende os ecossistemas como sendo dinâmicos ao longo do tempo.

A restauração florestal a nível local pode ser realizada mediante ações sutis, como a redução das pressões de degradação, facilitando a regeneração natural, e a proteção da estrutura florestal que garante o sombreamento, ou por intervenções mais expressivas, envolvendo técnicas de plantio variadas, que contribuem na invasão de diferentes formas de vida vegetal e oferecem abrigo e alimento para a fauna, e ações de manejo da composição de espécies nativas e invasoras (KEENLEYSIDE et al., 2012; RODRIGUES et al., 2009).

Apesar de os projetos de restauração restringirem-se a uma área como se esta fosse isolada, a restauração ecossistêmica deve ter um enfoque de paisagem, a fim de reintegrar ecossistemas fragmentados (SER, 2004).

A restauração ecológica auxilia o ecossistema a estabelecer uma trajetória de recuperação para que se torne sustentável, sem, entretanto, procurar alcançar uma condição de

referência que reproduza ecossistemas específicos existentes (MCDONALD et al., 2016; STANTURF, 2005). Nesse sentido, embora geralmente seja escolhido um estado clímax como ponto final da restauração, outros estados intermediários no desenvolvimento natural de florestas manejadas podem ser esperados na restauração, permitindo-se objetivos finais diversos (STANTURF, 2005; STANTURF; PALIK; DUMROESE, 2014).

A velocidade da restauração ecológica em direção a uma floresta sustentável depende não só do ponto final a ser alcançado, mas também difere entre os ecossistemas em função da formação florestal e dos recursos locais disponíveis, como também com o tipo e extensão da degradação e o valor investido para superar essas condições degradadas (KEENLEYSIDE et al., 2012; STANTURF, 2005).

Keenleyside et al. (2012) defendem que “todo manejo de áreas protegidas precisa ser flexível o suficiente para se adaptar se as circunstâncias mudarem: se novas informações surgirem ou se as intervenções de manejo não tiverem os resultados esperados”.

Assim, o planejamento e a execução de projetos de restauração exigem a definição de ações estratégicas para o restabelecimento do ecossistema a um estado anterior ou mais desejável, de acordo com o tempo e os recursos disponíveis (DUDLEY, 2005a).

## 5 ECOSSISTEMAS DE REFERÊNCIA

O ecossistema de referência representa a situação final a ser atingida pela restauração (MCDONALD et al., 2016), definindo os principais atributos-chave esperados (KEENLEYSIDE et al., 2012) e, assim, constituindo um modelo na elaboração do projeto de restauração que, posteriormente, será utilizado como parâmetro para a avaliação do sucesso do processo (SER, 2004).

Geralmente, seleciona-se como referência um ecossistema preservado, próximo à área em restauração ou em ecossistemas semelhantes, retratando um estado avançado ao longo da trajetória de restauração do ecossistema. Com isso, somente um estado final desse ecossistema é representado, não refletindo os diversos estados possíveis e a variação expressa ao longo do tempo por um ecossistema em restauração (MCDONALD et al., 2016; SER, 2004).

Os ecossistemas de referência dificilmente refletem a situação exata a ser alcançada com a restauração mas, em alguns casos, a área em restauração pode alcançar um estado bastante semelhante à de referência (DUDLEY, 2005b; KEENLEYSIDE et al., 2012). Em decorrência de perturbações naturais e antrópicas, diferentes trajetórias sucessionais são estabelecidas no processo de restauração, produzindo ecossistemas com estrutura e composição diferentes (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Os ecossistemas de referência auxiliam na definição dessas trajetórias possíveis para um ecossistema a ser restaurado (KEENLEYSIDE et al., 2012).

A escolha de remanescentes florestais preservados como referência não permite avaliar essas diferentes trajetórias no decorrer da restauração (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; DURIGAN, 2011). Assim, a restauração deve considerar os diferentes estágios sucessionais e seus níveis de recuperação, incluindo informações sobre fatores de degradação e as condições históricas, fornecendo uma base mais compatível com a realidade, a fim de auxiliar no planejamento, monitoramento e avaliação da restauração, indicando tanto o declínio quanto a recuperação do ecossistema (KEENLEYSIDE et al., 2012; MCDONALD et al., 2016; SER, 2004).

Os aspectos ecológicos, principalmente de composição, estrutura e funcionamento, que compõem o ecossistema de referência, podem ser obtidos por levantamentos florísticos e fitossociológicos de fragmentos próximos, preservados e em diferentes níveis de degradação, e

por dados secundários de ecossistemas semelhantes. Os fragmentos intactos do ecossistema podem também descrever os aspectos abióticos a serem considerados (BRANCALION et al., 2012; DUDLEY, 2005b; MCDONALD et al., 2016; SER, 2004). Na elaboração da referência, devem ser também avaliadas as alterações cíclicas nas condições ambientais, apesar de mais difíceis de diagnosticar, na medida em que podem modificar os atributos de organização e composição das comunidades biológicas (DUDLEY, 2005b; MCDONALD et al., 2016).

A definição de um ecossistema de referência a partir de ecossistemas semelhantes não degradados não implica em fixar uma condição imutável de recuperação ou o retorno à situação anterior ao dano. Nesse sentido, McDonald et al. (2016) resumem que

O propósito de selecionar ou sintetizar um ecossistema de referência (ou referências sequenciais múltiplas que refletem mudanças previstas ao longo do tempo) é de aumentar o potencial de espécies e comunidades locais de recuperarem-se através de ações de restauração precisas e de continuar sua trajetória e evoluir frente às alterações futuras.

Quando o ecossistema atinge uma condição em que seus atributos-chave são bastante semelhantes à sua referência, tem-se a recuperação integral do mesmo (MCDONALD et al., 2016). No entanto, “a possibilidade de um ecossistema restaurado igualar ou pelo menos aproximar-se de um ecossistema de referência só pode ser avaliada mediante monitoramento por meio de indicadores ecológicos” (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013).



## 6 MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

As etapas de avaliação e monitoramento são ferramentas essenciais no acompanhamento da trajetória de restauração das áreas degradadas, demonstrando o potencial de sustentabilidade da área em recuperação e auxiliando na definição de ações corretivas quando são detectadas evidências de declínio (BRANCALION et al., 2012; O'CONNOR; SALAFSKY; SALZER, 2005).

Apesar da extrema relevância nos projetos de restauração ecológica, essas etapas geralmente não são incluídas nos projetos em execução no Brasil, isso porque a restauração é compreendida como uma mera exigência para o licenciamento ou regularização ambiental, não objetivando a efetiva restauração da sustentabilidade ecológica da área. Conseqüentemente, a evolução do ecossistema não é o enfoque dos projetos, sendo dada maior atenção à comprovação da mera implantação do projeto (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

No entanto, diversos autores consideram que essas etapas são uma parte crítica e essencial ao longo do desenvolvimento do projeto de recuperação, de forma que não devem ser realizadas apenas ao final do mesmo (O'CONNOR; SALAFSKY; SALZER, 2005; VALLAURI et al., 2005).

Conceitualmente, avaliação e monitoramento apresentam definições distintas. A avaliação consiste na análise de indicadores ou aspectos ambientais da área em restauração, a fim de atestar o cumprimento dos objetivos e metas previamente definidos para a restauração (BRANCALION et al., 2012). Por se tratar de uma medida subjetiva do sucesso do projeto de restauração, é necessário que seja estabelecida previamente uma situação de referência para comparação (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Já o monitoramento consiste em um processo sistemático de coleta orientada e periódica de dados sobre indicadores preestabelecidos, que permitem descrever o estado atual de uma área e, assim, fornecem os dados para avaliar cada etapa da restauração nos prazos definidos (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Previamente à coleta e interpretação dos dados, deve-se estabelecer de maneira precisa os objetivos do projeto. Os objetivos definem o conjunto de resultados possíveis e aceitáveis, que direcionam o processo de restauração (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION;

GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Portanto, a etapa de avaliação deve ter um objetivo específico definido, de modo contrário se torna ineficiente no direcionamento do processo de restauração, pois qualquer resultado obtido seria aceitável (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Caso não seja definido o resultado esperado na restauração, ao final do projeto ele será considerado cumprido ao simplesmente atender a metodologia proposta, independentemente de atingir as condições mínimas para continuidade do processo de restauração. O foco nos resultados tem sido objeto de iniciativas recentes, deixando em segundo plano a metodologia aplicada (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Delineados os objetivos a serem alcançados, são estabelecidas as medidas de sucesso do projeto, mediante escolha de indicadores precisos e de fácil mensuração para monitoramento da trajetória de restauração, e indicação dos resultados desejáveis pelo estabelecimento de metas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Para saber se as metas foram cumpridas, os valores obtidos pelos indicadores no monitoramento devem ser comparados àqueles fornecidos pelas metas (BRANCALION et al., 2012).

O monitoramento pode ser realizado várias vezes, conforme definido no plano de avaliação, porém não necessariamente serão utilizados os mesmos indicadores, o que depende do estabelecimento dos processos ecológicos e sua importância no sucesso da restauração. A partir dos resultados do monitoramento, em relação aos indicadores escolhidos, é possível avaliar o sucesso do projeto quanto aos objetivos e as metas estipuladas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

## 7 INDICADORES

Os indicadores são parâmetros utilizados nas etapas de avaliação e de monitoramento a fim de confirmar se as ações implementadas estão sendo efetivas na recuperação da área degradada. Quando se trata de monitoramento de ecossistemas naturais ou para avaliar os aspectos ecológicos dos ecossistemas em restauração, utilizam-se indicadores ecológicos (DALE; BEYELER, 2001).

Segundo Dale e Beyeler (2001), os indicadores ecológicos servem para “avaliar a condição do meio ambiente e monitorar tendências de mudanças ao longo do tempo. Podem fornecer um sinal de alerta precoce de mudanças no meio ambiente e ser usados para diagnosticar a causa de um problema ambiental”.

Os indicadores ecológicos são escolhidos de acordo com os objetivos definidos para o projeto de restauração, e buscam expressar o cumprimento das condições estabelecidas para a restauração da área e permitir a proposição de ações corretivas, de forma a orientar o projeto a uma trajetória de sucesso (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI, RODRIGUES, 2015; DALE; BEYELER, 2001; SER, 2004).

Nesse aspecto, diversos autores concordam que não há indicadores universais para avaliação e monitoramento da restauração diante da diversidade de ecossistemas a serem restaurados, cada um com metas diferentes a serem atingidas (BELLOTTO et al., 2009; BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI, RODRIGUES, 2015; EHRENFELD, 2000).

Além disso, a escolha de um pequeno grupo de indicadores dentro da variedade de indicadores que podem ser utilizados se torna um desafio, já que muitas vezes não são selecionados de maneira clara e com rigor científico, e, por fim, não refletem a complexidade do ecossistema, mesmo que sejam monitorados de maneira simples, com eficácia e eficiência (DALE; BEYELER, 2001).

A sustentabilidade futura da área em recuperação é reflexo de atributos de composição, estrutura e funcionamento, que definem o sistema ecológico e são detectados pelas mudanças na trajetória do ecossistema que devem ser expressas pelos indicadores (BRANCALION et al., 2012; VALLAURI et al., 2005).

Na prática, para evitar avaliações equivocadas e custos desnecessários com o monitoramento, é importante que sejam selecionados indicadores eficientes e que atendam a critérios fundamentais consistentes com as mudanças no sistema (ANDREASEN et al., 2001; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; DURIGAN, 2011).

Escolher os indicadores a serem monitorados, porém, não é uma tarefa simples diante da quantidade de objetivos e metas dos projetos de recuperação. São necessários fundamentos teóricos a fim de organizar os indicadores diante de critérios mais claros e definidos (ANDRADE, 2014).

## 7.1 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE INDICADORES ECOLÓGICOS

Um único indicador ecológico dificilmente irá representar tudo o que necessitamos avaliar, então o ideal é selecionar um pequeno grupo de indicadores com características desejáveis (DALE; BEYELER, 2001). Diversos autores defendem que bons indicadores ecológicos devem atender aos seguintes critérios (DALE; BEYELER, 2001; DURIGAN, 2011; VALLAURI et al., 2005):

- a) Ser facilmente mensurável, quantitativa ou qualitativamente, de maneira simples e com baixo custo;
- b) Ser sensível a estresses no sistema, servindo como um indicador precoce da redução na integridade do sistema;
- c) Ser previsível a distúrbios e mudanças ao longo do tempo, indicando tendências de longo prazo e respostas à mudança;
- d) Ser antecipatório, de forma a prevenir impactos maiores, indicando mudanças iminentes na integridade do sistema ecológico;
- e) Ser integrativo com as mudanças nas características da paisagem, representando outras variáveis mais difíceis de medir;
- f) Ser confiável, expressando as características que estão sendo monitoradas;
- g) Ter baixa variabilidade nas respostas a mudanças específicas;
- h) Ser relevante a estágios críticos de mudança do ecossistema;
- i) Ser oportuno, considerando fatores anteriormente impostos ao ecossistema.

Os indicadores devem ser variáveis de fácil compreensão e que realmente representem a situação ao longo do tempo (DURIGAN, 2011). Para Dale e Beyeler (2001), o desafio é escolher um conjunto de indicadores que atendam a todos esses critérios.

## 7.2 CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES

Uma extensa variedade de indicadores para monitoramento e avaliação da restauração de áreas degradadas está disponível no âmbito teórico, dentre os quais muitos exigem ampla coleta de dados e conhecimento científico (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005).

Com a finalidade de facilitar o planejamento da avaliação e do monitoramento, os indicadores podem ser classificados de acordo com diferentes quesitos.

Quanto ao método de coleta de dados, os indicadores podem ser divididos em qualitativos ou quantitativos, cada qual com características próprias de aplicação, rendimento e custos associados (BRANCALION et al., 2012).

Os indicadores qualitativos não são numericamente mensuráveis, sendo avaliados de forma subjetiva pelo responsável técnico. Os processos erosivos, por exemplo, podem ser descritos conforme a intensidade em alta, média e baixa, por meio de uma avaliação visual. (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

A avaliação qualitativa prévia de alguns indicadores evita esforços e gastos desnecessários na avaliação quantitativa, identificando problemas visualmente evidentes de que a área não segue uma restauração satisfatória (BRANCALION et al., 2012).

Já os indicadores quantitativos são obtidos pela medição de parâmetros que retratem a área em restauração por dados concretos, resultando em uma avaliação mais objetiva. Como exemplos pode-se citar a altura média dos indivíduos, densidade de indivíduos regenerantes, riqueza, diversidade de espécies e mortalidade (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Alguns atributos dificilmente são avaliados de forma precisa sem dados quantitativos. Além disso, uma avaliação puramente qualitativa apresenta certa insegurança técnica, visto que cada avaliador descreve a área de acordo com suas experiências e conhecimento individual, observando-se, na prática, posicionamentos diversos para uma mesma situação (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Com relação aos indicadores quantitativos, estratégias de análise dos resultados baseadas em valores numéricos reduzem ainda mais a subjetividade e interferência do avaliador nos resultados, tornando o monitoramento facilmente replicável, mais seguro e transparente (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Outra forma de classificar os indicadores refere-se ao atributo avaliado, a fim de retratar o potencial de restabelecimento e sustentabilidade do ecossistema, ou seja, o sucesso dos projetos de restauração florestal (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

O foco na avaliação de atributos de composição, estrutura e funcionamento da comunidade vegetal, que apresentam alta interdependência entre si, deve-se à interação da vegetação nos processos de restauração, auxiliando no restabelecimento da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; OLIVEIRA; ENGEL, 2018; YOUNG, 2000).

A estrutura é um atributo relacionado à organização espacial, tanto horizontal quanto vertical, da comunidade vegetal. Destaca-se indicadores como altura média do dossel, presença de indivíduos emergentes e de espécies invasoras, estratificação, cobertura de copa e de gramíneas, densidade de indivíduos, área basal e biomassa (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; OLIVEIRA; ENGEL, 2018; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

A composição refere-se às medidas de diversidade, compreendendo as espécies e grupos funcionais da comunidade vegetal, que pode ser caracterizada pelos atributos riqueza de espécies nativas regenerantes, riqueza de árvores exóticas invasoras e não invasoras, presença de diferentes formas de vida, grupos sucessionais, síndromes de polinização e de dispersão (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Inclui ainda a diversidade de espécies de fauna dentro dos variados grupos de vertebrados e invertebrados, fungos e, também, guildas tropicais (OLIVEIRA; ENGEL, 2018; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

O atributo funcionamento se refere ao restabelecimento dos processos ecológicos, incluindo a ocorrência de interações planta-animal e processos de regeneração natural, para que a comunidade vegetal se torne autossustentável. Pode ser avaliado, entre outros, pelo número de espécies nativas regenerantes, densidade de plântulas nativas, mortalidade dos indivíduos na comunidade, recrutamento, herbivoria, predação de sementes, polinização, dispersão e chuva de sementes, sucessão secundária, formação de serapilheira e retorno da fauna (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; OLIVEIRA; ENGEL, 2018).

Além do método de coleta e do atributo avaliado, os indicadores se diferenciam ao longo do tempo, dependendo do estágio de desenvolvimento da área em restauração e do período em que os processos ecológicos irão se restabelecer. Assim, para definir os valores de

referência a serem atingidos pelos indicadores dos atributos de funcionamento e serviços ecossistêmicos, bem como o momento de coleta de dados desses indicadores, torna-se essencial considerar o fator tempo (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Portanto, cada fase do processo de restauração deve apresentar indicadores específicos a serem avaliados, ou com maior peso na avaliação.

A implantação das ações de restauração corresponde à fase inicial do projeto, que compreende os 12 primeiros meses, nos quais são indicadas avaliações em intervalos curtos, mensais a trimestrais, possibilitando a definição de ações corretivas caso necessário, sendo uma fase crítica que envolve a rápida tomada de decisão. Nessa fase são avaliados indicadores das condições do solo, quanto a processos erosivos, e indicadores do início do desenvolvimento da regeneração natural e das mudas plantadas, incluindo cobertura do solo, cobertura por gramíneas invasoras, altura e cobertura de indivíduos regenerantes ou plantados, riqueza e densidade dos indivíduos regenerantes, taxa de mortalidade e herbivoria (BELLOTTO et al., 2009; BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

A fase pós-implantação refere-se ao segundo e terceiro anos da restauração, durante os quais são realizadas avaliações semestrais dos indivíduos plantados e regenerantes. Para avaliar a regeneração natural sugere-se a identificação das espécies dos indivíduos regenerantes, e a coleta de dados, entre outros, de altura e densidade, riqueza, classificação em grupos sucessionais, síndromes de dispersão, origem alóctone ou autóctone e fenologia. A avaliação da cobertura do solo por gramíneas exóticas invasoras deve ser mantida nessa fase, pois é um fator que interfere no desenvolvimento das mudas e dos indivíduos regenerantes, limitando o processo de regeneração (BELLOTTO et al., 2009; BRANCALION et al., 2012).

A última fase de avaliação corresponde à vegetação formada, quando a continuidade do processo de sucessão não mais exige grandes intervenções e os indicadores auxiliam na definição do abandono da área restaurada, mantendo somente o seu isolamento de fatores de degradação, ou a recomendação de ações corretivas adicionais. Essa fase ocorre a partir do quarto ano do processo de restauração, ocorrendo avaliações mais espaçadas, podendo ser a cada dois anos ou até mesmo definido um único momento final de avaliação (BELLOTTO et al., 2009; BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

De forma a retratar essa trajetória e o sucesso da restauração, são aplicados indicadores de processos ecológicos, com avaliação da regeneração natural, densidade e riqueza dos regenerantes, que agregam diversidade taxonômica e funcional, garantindo o processo de sucessão pela substituição gradual das espécies pioneiras por aquelas mais tardias em médio e longo prazo (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Além da cobertura de gramíneas e da regeneração natural, presentes nas outras fases, o enfoque está em avaliar aspectos fisionômicos da comunidade vegetal, descrevendo a estratificação, chegada de outras formas de vida, acúmulo de biomassa e restabelecimento de fauna (BRANCALION et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).



## 8 SUCESSO DA RESTAURAÇÃO

O sucesso pode ser definido como "atingir metas estabelecidas" (LEWIS, 1989), e pode ser determinado por critérios quantificáveis (KENTULA, 2000). O sucesso é medido então por indicadores que representam as condições e o desenvolvimento do ecossistema, estrutura, processos ecológicos, semelhança com os locais de referência e o potencial de autossustentabilidade. Porém, os projetos de restauração raramente incluem pontos finais bem definidos para avaliar os resultados (ZEDLER, 2007).

O objetivo final da restauração é restabelecer um ecossistema autossuficiente, com estrutura e composição semelhantes ao ecossistema natural e integrado à paisagem ecológica, que seja resiliente às mudanças sem mais assistência (HIGGS, 1997; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005; SER, 2004; URBANSKA; WEBB; EDWARDS, 1997).

### 8.1 ATRIBUTOS INDICADORES DO SUCESSO DA RESTAURAÇÃO

A restauração ecológica comumente não atinge os resultados esperados, o que reitera a necessidade de uma padronização (MCDONALD et al., 2016). Para isso, a Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica listou nove atributos-chave indicadores do sucesso da restauração, sendo alguns facilmente mensuráveis e, outros, referentes a funções ecossistêmicas, de difícil avaliação. O ecossistema deveria então apresentar as seguintes características para ser considerado restaurado (SER, 2004):

1. Possuir um conjunto específico de espécies semelhantes ao ecossistema de referência, que mantenham estrutura apropriada de comunidade;
2. Ser composto por espécies nativas no máximo grau possível;
3. Possuir diferentes grupos funcionais essenciais ao desenvolvimento contínuo e à estabilidade do ecossistema ou, caso ausentes, com potencial para colonizar o ambiente;
4. Ambiente físico capaz de suportar populações reprodutivas das espécies necessárias à estabilidade do ecossistema;
5. Funcionamento normal do ecossistema, conforme seu estado ecológico de desenvolvimento, sem sinais de disfunção;

6. Integração com a paisagem por meio dos fluxos bióticos e abióticos;
7. Ausência ou máxima redução de ameaças potenciais à integridade do ecossistema;
8. Resiliência a distúrbios naturais que mantêm a integridade do ecossistema; e
9. Ser autossustentável no mesmo grau de seu ecossistema de referência, com potencial para resistir sob as diferentes condições ambientais.

Para que a restauração seja alcançada, esses atributos devem demonstrar uma trajetória adequada do desenvolvimento do ecossistema em direção à situação desejada (SER, 2004), o que pode ser analisado por meio de indicadores de monitoramento.

Um paralelo entre os atributos de ecossistemas restaurados definidos pela SER e diversos indicadores físicos e estruturais, de biodiversidade, processos ecológicos e serviços ambientais é apresentado no quadro 1, sendo que mais de um atributo pode ser retratado por meio dos mesmos indicadores (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015; OLIVEIRA; ENGEL, 2018).

Quadro 1 – Indicadores dos atributos de ecossistemas restaurados definidos pela Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica.  
(continua)

Atributos de ecossistemas restaurados	Indicadores
<p>1. Composição de espécies que mantêm a estrutura da comunidade</p>	<p><u>Físicos e estruturais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estratificação e altura do dossel.</li> </ul> <p><u>Biodiversidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riqueza de espécies arbustivas e arbóreas nativas;</li> <li>- Presença e diversidade de outras formas de vida vegetais (lianas, herbáceas, epífitas);</li> <li>- Presença de fauna (aves, mamíferos, insetos, mesofauna do solo, microfauna do solo);</li> <li>- Presença de espécies de diferentes grupos sucessionais e de diferentes síndromes de dispersão.</li> </ul> <p><u>Processos ecológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de espécies nativas regenerantes diferentes das introduzidas na área;</li> <li>- Densidade de plântulas nativas.</li> </ul>
<p>2. Consistir ao máximo em espécies nativas</p>	<p><u>Biodiversidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riqueza de espécies vegetais nativas;</li> <li>- Proporção de espécies arbustivas e arbóreas nativas e não nativas;</li> <li>- Presença de espécies não nativas invasoras.</li> </ul> <p><u>Processos ecológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de espécies nativas regenerantes diferentes das introduzidas na área;</li> <li>- Densidade de plântulas nativas.</li> </ul>

3. Grupos funcionais necessários à estabilidade	<p><u>Físicos e estruturais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Estratificação.</li></ul> <p><u>Biodiversidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Presença de espécies de diferentes grupos sucessionais e de diferentes síndromes de dispersão;</li><li>- Espécies com diferentes tolerâncias ao sombreamento;</li><li>- Presença de fauna.</li></ul> <p><u>Processos ecológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Presença de micorrizas, espécies fixadoras de nitrogênio.</li></ul>
4. Ambiente físico adequado à sustentação de populações reprodutivas das espécies	<p><u>Físicos e estruturais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Cobertura de copa;</li><li>- Estratificação do dossel;</li><li>- Cobertura por gramíneas exóticas invasoras;</li><li>- Estrutura e fertilidade do solo;</li><li>- Capacidade de retenção de água;</li><li>- Teor de matéria orgânica.</li></ul> <p><u>Processos ecológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Proporção de espécies reprodutivas arbustivas e arbóreas na regeneração do sub-bosque.</li></ul>

(continuação)

5. Funcionamento normal	<p><u>Físicos e estruturais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Estratificação do dossel;</li><li>- Cobertura por gramíneas exóticas invasoras;</li><li>- Microclima;</li><li>- Estrutura e fertilidade do solo;</li><li>- Capacidade de retenção de água;</li><li>- Teor de matéria orgânica.</li></ul> <p><u>Biodiversidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Presença de espécies de diferentes grupos sucessionais;</li><li>- Presença de espécies invasoras ou indesejáveis.</li></ul> <p><u>Processos ecológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Número e densidade de espécies nativas regenerantes diferentes das introduzidas;</li><li>- Recrutamento de espécies na regeneração natural;</li><li>- Incremento de biomassa;</li><li>- Produção de serapilheira;</li><li>- Banco de sementes e chuva de sementes (mecanismos de regeneração);</li><li>- Herbivoria, parasitismo;</li><li>- Presença de micorrizas;</li></ul>
-------------------------	---

	<p>- Ocorrência de polinização e frutificação; dispersão de sementes pela fauna.</p> <p><u>Serviços ambientais:</u></p> <p>- Estoques de carbono;</p> <p>- Presença de erosão e sedimentação;</p> <p>- Regulação do regime hídrico.</p>
6. Integração à paisagem (fluxos físicos e biológicos)	<p>- Conectividade da paisagem;</p> <p>- Riqueza de espécies vegetais não introduzidas na área;</p> <p>- Drenagem superficial da área.</p>
7. Ausência de potenciais ameaças à saúde e integridade do ecossistema	<p>- Fatores de distúrbios antrópicos;</p> <p>- Isolamento de incêndios;</p> <p>- Extração de madeira e desmatamento;</p> <p>- Caça.</p>
8. Resiliência para reagir a estresse ou distúrbios naturais	<p><u>Físicos e estruturais:</u></p> <p>- Estratificação do dossel;</p> <p>- Cobertura por gramíneas exóticas invasoras;</p> <p>- Microclima;</p> <p>- Estrutura e fertilidade do solo;</p> <p>- Capacidade de retenção de água;</p> <p>- Teor de matéria orgânica;</p> <p>- Eventos históricos de distúrbios naturais a que o ecossistema foi submetido.</p>

(conclusão)

	<p><u>Biodiversidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presença de espécies de diferentes grupos sucessionais.</li> </ul> <p><u>Processos ecológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número e densidade de espécies nativas regenerantes diferentes das introduzidas;</li> <li>- Recrutamento na regeneração natural;</li> <li>- Incremento de biomassa;</li> <li>- Produção de serapilheira;</li> <li>- Banco de sementes e chuva de sementes;</li> <li>- Herbivoria, parasitismo;</li> <li>- Presença de micorrizas;</li> <li>- Ocorrência de polinização e frutificação;</li> <li>- Dispersão de sementes pela fauna;</li> <li>- Fluxo gênico.</li> </ul> <p><u>Serviços ambientais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estoques de carbono;</li> <li>- Presença de erosão e sedimentação;</li> <li>- Regulação do regime hídrico.</li> </ul>
9. Autossustentabilidade	Compreende todos os indicadores avaliados nos atributos anteriores.

Fonte: Adaptado de Oliveira e Engel (2018) e Brancalion; Gandolfi; Rodrigues (2015).

Em revisão realizada por Ruiz-Jaen e Aide (2005), nenhum estudo mediu todos os atributos de ecossistemas restaurados listados pela SER, mas a maioria incluiu atributos de diversidade, estrutura da vegetação e processos ecológicos, os quais compreendem vários dos atributos propostos pela SER.

Alguns atributos que exigem coleta de dados extensa e de longo prazo, como a capacidade do ambiente sustentar populações reprodutivas, a integração com a paisagem e a autossustentabilidade, dificilmente são medidos em projetos de restauração. Porém, pelo menos os atributos de diversidade, estrutura e funcionamento devem ser avaliados, visto serem fundamentais à manutenção do ecossistema a longo prazo (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

Devido à relevância ecológica e previsibilidade, Suganuma e Durigan (2015) recomendaram como indicadores ecológicos para monitoramento do sucesso da restauração em florestas tropicais as variáveis cobertura de dossel e área basal, relacionadas à estrutura da vegetação, densidade, uma medida de processo ecológico, e riqueza do sub-bosque, indicativa da diversidade.

A avaliação da diversidade, estrutura e processos ecológicos pode refletir a trajetória de recuperação e automanutenção dos ecossistemas restaurados, sendo necessário compará-los com valores de locais de referência, que indicam a dinâmica temporal e espacial do ecossistema, para estimar o nível de sucesso da restauração (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005; SER, 2004).



## 9 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido com base na análise de dados de campo de projetos de recuperação de áreas degradadas no estado de Santa Catarina, os quais foram avaliados comparativamente à Resolução SMA nº 32/2014 do estado de São Paulo, quanto aos indicadores de monitoramento de restauração florestal.

Em seguida, a partir do levantamento das normativas utilizadas nos órgãos ambientais estaduais, foi elaborada uma proposta de indicadores de restauração para o estado de Santa Catarina.

### 9.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CAMPO

O levantamento dos dados em campo foi realizado pela empresa de consultoria Drimys Agroambiental Ltda, sob responsabilidade técnica do engenheiro agrônomo Alexandre Mariot, coorientador do presente trabalho.

Os dados foram obtidos em conformidade com a Resolução SMA nº 32/2014, seguindo o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica para o Estado de São Paulo – Portaria CBRN 01/2015, em áreas em recuperação há cinco anos.

As propriedades avaliadas fazem parte de convênios firmados entre a empresa Foz do Chapecó Energia com a Prefeitura de Chapecó e com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), referentes à recuperação de áreas consideradas de preservação permanente em compensação à instalação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, sendo utilizada a técnica de nucleação na implantação do projeto.

A Portaria CBRN 01/2015 estabelece que o número de parcelas amostrais por projeto é calculado pelo número de hectares (ha) da área do projeto somado de quatro unidades, limitando o número de parcelas ao máximo de 50, independentemente da área do projeto (Quadro 2).

Para este estudo foram utilizadas 60 parcelas em cada um dos convênios a fim de garantir que houvesse o acompanhamento de pelo menos 50 parcelas ao longo dos anos, já sendo prevista alguma dificuldade de permanência das propriedades no programa.

Quadro 2 – Cálculo do número de parcelas por projeto.

Área do projeto (ha) = A	Nº parcelas amostrais
$A \leq 1$	5
$A > 1$	nº de hectares + 4 *

\*Limitado a um número máximo de 50 parcelas, independentemente da área do projeto.

Fonte: SMA (2015).

Assim, junto ao convênio firmado com a Prefeitura de Chapecó, foram selecionadas aleatoriamente 60 propriedades dentre um total de 380, tendo a maioria sido incorporada ao programa a partir de 2012. Em cada uma das propriedades foi instalada uma parcela de 100 m<sup>2</sup> (4 m x 25 m), totalizando 6.000 m<sup>2</sup>. O levantamento dos dados foi realizado entre agosto a outubro de 2016, obtendo-se um período de restauração aproximado de cinco anos.

Junto ao convênio firmado com a EPAGRI, que envolve um total de 569 propriedades, também foram instaladas 60 parcelas de 100 m<sup>2</sup> (4 m x 25 m), totalizando 6.000 m<sup>2</sup>. A obtenção dos dados de dezembro de 2016 a fevereiro de 2017 também reflete um período de cinco anos de restauração. Neste convênio, foram distribuídas 10 parcelas em cada um dos municípios catarinenses de São Carlos (SC), Águas de Chapecó (AC), Caxambu do Sul (CX), Guatambu (GT), Paial (PA) e Chapecó (CH), municípios que estão participando desde o início do convênio e, portanto, aptos a participarem do diagnóstico pelo critério temporal. Excetuando-se São Carlos, os demais municípios elencados tiveram áreas utilizadas na formação do reservatório da Usina Foz do Chapecó e nas Áreas de Preservação Permanente. São Carlos é afetado pelo trecho de vazão reduzida, em decorrência do barramento da usina (FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S.A., 201-?).

Os vértices de cada parcela foram demarcados para melhor visualização posterior à campo. Todas as parcelas foram georreferenciadas com GPS (Global Positioning System) Garmin Oregon 650.

Os indicadores cobertura do solo com vegetação nativa, em porcentagem (%), densidade de indivíduos nativos regenerantes (ind./ha), e número de espécies nativas regenerantes, foram mensurados considerando-se um período de cinco anos de recuperação das áreas. As espécies presentes em cada parcela foram identificadas e tiveram o número de indivíduos contabilizado.

Tendo em vista que os indicadores devem representar a restauração independente da técnica utilizada (regeneração natural, plantio total, nucleação etc.), somente são contabilizados os indivíduos regenerantes nos indicadores densidade e número de espécies, desconsiderando-

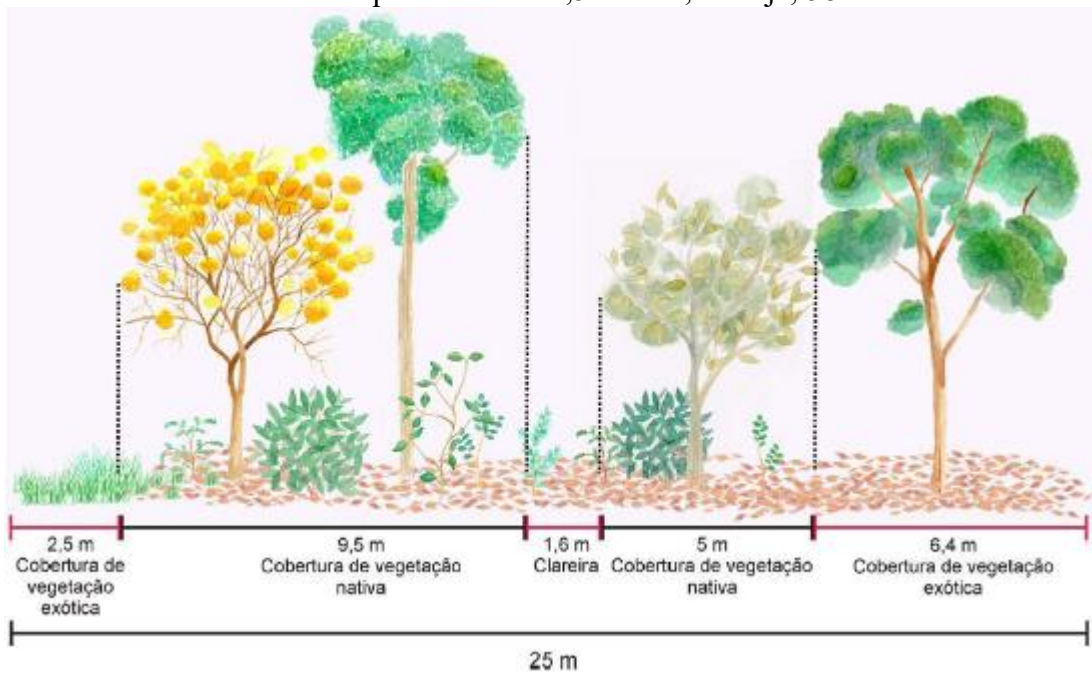
se na contagem os indivíduos plantados. Os índices foram calculados conforme as fórmulas constantes na Portaria CBRN 01/2015.

O levantamento da cobertura do solo com vegetação nativa para cada parcela foi obtido por meio da soma das medidas dos trechos da linha central da parcela cobertos por vegetação nativa, em metros, em relação ao comprimento da linha (Figura 5), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Cobertura em cada parcela (\%)} = [(\text{trecho 1} + \text{trecho 2} + \dots + \text{trecho n}) \times 100] / 25$$

Para cada convênio, com a Prefeitura de Chapecó e a EPAGRI, a cobertura do solo foi calculada pela cobertura média considerando todas as parcelas amostrais.

Figura 5 – Esquema exemplificativo da avaliação do indicador cobertura do solo com vegetação nativa para Floresta Estacional. Neste exemplo, a cobertura do solo por espécies nativas na parcela é de 14,5 metros, ou seja, 58%.



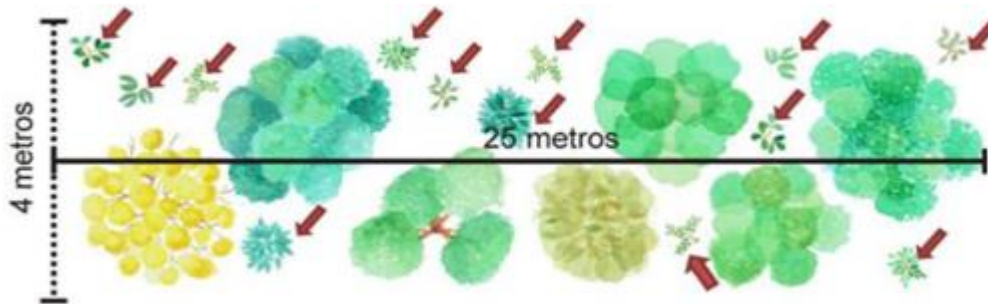
Fonte: SMA (2015).

Para a obtenção do indicador densidade de indivíduos nativos regenerantes, foram considerados apenas os indivíduos com altura igual ou maior que 50 cm e com circunferência à altura do peito menor que 15 cm ou inexistente (Figura 6). A densidade de cada parcela foi calculada por hectare seguindo a fórmula:

$$\text{Densidade na parcela (ind./ha)} = \text{n}^\circ \text{ de indivíduos encontrados na parcela} / 0,01$$

O valor deste indicador para cada convênio será a média do valor obtido para as parcelas.

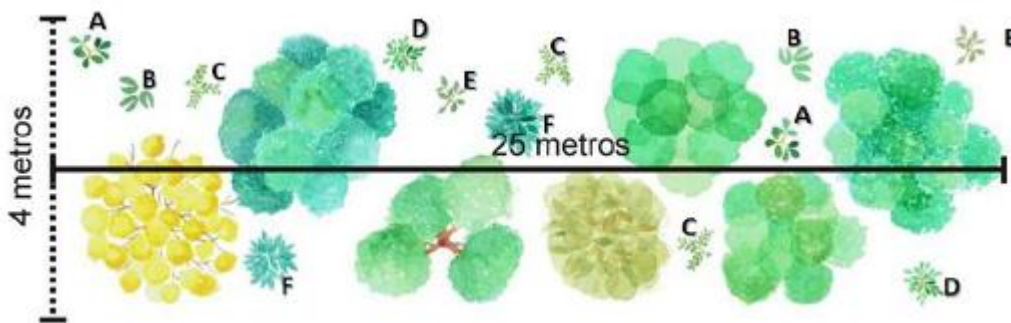
Figura 6 – Representação de parcela com indicação dos indivíduos nativos regenerantes.



Fonte: SMA (2015).

O número de espécies regenerantes considerou os mesmos indivíduos contabilizados no indicador densidade, sendo que cada espécie foi contada apenas uma vez, mesmo que ocorrendo em várias parcelas, na forma de lista única (índice cumulativo) (Figura 7).

Figura 7 – Representação de parcela com indicação de seis espécies nativas regenerantes (letras A a F).



Fonte: SMA (2015).

## 9.2 ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO

Considerando os dados de campo disponibilizados pelos convênios da Foz do Chapecó Energia, e a semelhança na classificação da tipologia florestal – Mata Atlântica, optou-se por avaliar a aplicação da normativa do estado de São Paulo, Resolução SMA nº 32/2014, para o estado de Santa Catarina.

Esta etapa do trabalho foi desenvolvida com base nos diagnósticos do monitoramento da recuperação das áreas abrangidas pelas Áreas de Preservação Permanente do Convênio da Foz do Chapecó Energia com a Prefeitura Municipal de Chapecó e com a EPAGRI.

Os índices dos indicadores cobertura de solo, densidade de indivíduos regenerantes e número de espécies nativas regenerantes mensurados em campo foram calculados conforme definido na Portaria CBRN 01/2015 e, posteriormente, comparados aos valores de referência estabelecidos no Anexo I da Resolução SMA nº 32/2014, para a tipologia de Florestas Ombrófilas e Estacionais, considerando-se o período de cinco anos de restauração.

As parcelas foram classificadas segundo os níveis de adequação em crítico, mínimo e adequado para cada indicador, para cinco anos de recuperação (Tabela 1). Considerando que, na Resolução SMA nº 32/2014, os intervalos dos níveis crítico e mínimo se sobrepõem em seus limites, adotou-se o cenário mais restritivo para a avaliação de cada índice, sendo inserido o limite máximo do nível crítico neste, e não no nível mínimo. Considerar a situação mais restritiva é uma metodologia já utilizada pelo Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina quando um dado é avaliado sob diferentes instrumentos legais.

De acordo com a Resolução SMA nº 32/2014, a recomposição da área é atestada quando os indicadores atingem os índices estabelecidos para o prazo de 20 anos, podendo estes serem atingidos em tempo inferior. Assim, adicionalmente, foi avaliada a situação das parcelas quanto à situação de restauração final a ser alcançada (período de 20 anos) (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de referência utilizados.

<b>Indicador</b>	<b>Cobertura do solo (%)</b>	<b>Densidade (indivíduos/ha)</b>	<b>Diversidade (nº espécies)</b>
<b>Nível de adequação (período de 5 anos)</b>			
Crítico	$i^* \leq 30\%$	$i \leq 200$	$i < 3$
Mínimo	$30 < i \leq 80\%$	$200 < i \leq 1000$	$3 < i \leq 10$
Adequado	$i > 80\%$	$i > 1000$	$i > 10$
<b>Recuperado (período de 20 anos)</b>			
	$i > 80\%$	$i > 3000$	$i > 30$

Fonte: Adaptado da Resolução SMA nº 32/2014.

\*i refere-se a índice.

Foram calculados os valores máximos e mínimos de cada indicador mensurado, a média aritmética e a mediana.

Os resultados dos indicadores cobertura do solo, densidade e diversidade de regenerantes obtidos a partir dos dados de campo foram analisados sob duas perspectivas.

Inicialmente foram calculados os índices gerais para cada um dos projetos de convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI. Neste caso, os indicadores cobertura do solo e densidade correspondem aos valores médios do conjunto de parcelas, enquanto o indicador diversidade de regenerantes equivale ao valor cumulativo das diferentes espécies nas parcelas.

Apesar de a Portaria CBRN 01/2015 considerar que mesmo áreas descontínuas, desde que pertencentes ao mesmo tipo de vegetação, possam ser consideradas uma unidade de monitoramento, o segundo cenário avaliado considerou cada parcela dos convênios individualmente como um projeto de recuperação, pois a descontinuidade das áreas a serem recuperadas configura fragmentos com características bióticas e abióticas distintas. Além deste aspecto, muitos dos PRADs analisados pelo IMA compreendem pequenas áreas de recuperação, com tamanho inferior a 1 ha, sendo realizada uma análise da situação local. Nesse sentido, considerar as parcelas como projetos distintos permite uma visão mais alinhada com a prática do órgão, no qual não seria adotada uma análise geral dessas áreas fragmentadas.

### 9.3 LEVANTAMENTO DAS NORMATIVAS ESTADUAIS

Motivada pela falta de uma metodologia de monitoramento no estado de Santa Catarina, foram analisadas as normativas dos órgãos ambientais dos estados abrangidos pelo bioma Mata Atlântica para o monitoramento das áreas objeto de restauração, pesquisando-se junto aos sites dos órgãos, bem como por contato via correio eletrônico com os respectivos gestores.

Os indicadores foram então classificados quanto à forma de coleta e ao atributo avaliado.

#### 9.4 PROPOSTA DE INDICADORES DE RESTAURAÇÃO PARA SANTA CATARINA

Com base em referencial teórico, aliado à experiência prática, foram propostos alguns indicadores de restauração para utilização pelo IMA no monitoramento de PRADs. Os indicadores foram selecionados atendendo a critérios como praticidade de mensuração, objetividade dos resultados e relevância para o sucesso da restauração.

Em seguida foram elaborados alguns itens mínimos para a fase de monitoramento, a ser propostos ao órgão para inclusão na Instrução Normativa nº 16, referente à recuperação de áreas degradadas.





## 10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 10.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Observa-se uma grande amplitude entre os valores mínimo e máximo obtidos para cada indicador em ambos os convênios, o que indica a dispersão dos dados para todos os indicadores (Tabela 2).

Tabela 2 – Índices calculados a partir dos valores obtidos em campo.

Indicadores	Cobertura do solo (%)		Densidade (indivíduos/ha)		Diversidade (n° espécies)	
	Chapecó	EPAGRI	Chapecó	EPAGRI	Chapecó	EPAGRI
Convênio						
Valor mínimo	8	16	300	300	2	1
Valor máximo	100	100	13.900	9.500	28	27
Média	70,4	73,9	4.135	3.097	9,4	9,8
Mediana	80	80	3.350	2.650	8	9

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O indicador cobertura do solo para ambos os convênios apresenta 50% das parcelas com índice de cobertura igual ou maior a 80%, conforme mediana junto à tabela 2, apesar de a média calculada para este indicador apresentar um valor inferior, de 70% e 74% de cobertura para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI, respectivamente.

Quanto à densidade de indivíduos regenerantes, o convênio com a Prefeitura de Chapecó apresentou 50% das parcelas com índice acima de 3.350 ind./ha, enquanto no convênio com a EPAGRI o índice foi bastante inferior, com densidade acima de 2.650 ind./ha para metade das parcelas. Diferentemente do indicador cobertura do solo, os valores médios obtidos para a densidade de indivíduos foram superiores à mediana, respectivamente de 4.135 e 3.097 ind./ha para Chapecó e EPAGRI.

O número de espécies regenerantes foi o indicador com valores de média e mediana mais próximos um do outro. Para o convênio com Chapecó metade das parcelas apresentou pelo menos 8 espécies, sendo a média obtida para a totalidade das parcelas de 9 espécies. O convênio com a EPAGRI apresentou valores muito próximos a Chapecó, com 50% das parcelas apresentando diversidade mínima de 9 espécies, com média entre as parcelas de 10 espécies.

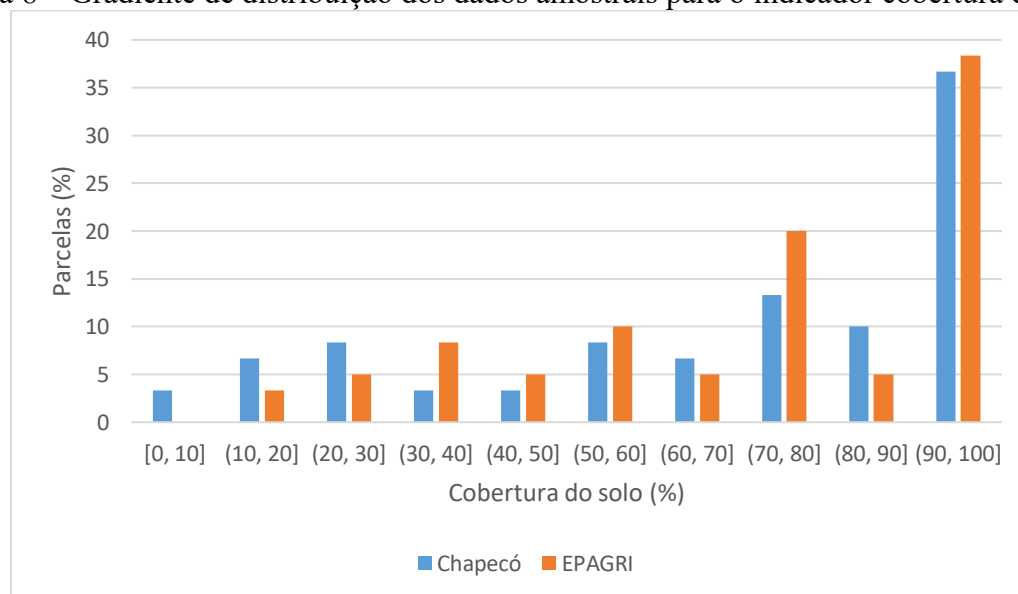
O único indicador que apresentou metade das parcelas com índice superior ao valor médio foi a cobertura do solo. Já para os indicadores densidade e diversidade de espécies regenerantes, 50% das parcelas apresentaram índices inferiores à média calculada (Tabela 2).

A seguir é avaliada a variabilidade dos dados obtidos em campo em cada indicador, demonstrando a quantidade de parcelas nas diferentes classes de valores.

### 10.1.1 Cobertura do solo

Conforme demonstrado na Figura 8, observa-se, para ambos os convênios, que acima de 35% das parcelas apresentou cobertura do solo de 90 a 100%, equivalente a mais de 20 parcelas do total de 60. Também houve destaque para o índice de 70 a 80% de cobertura do solo, que compreendeu 13% das parcelas para o convênio com a Prefeitura de Chapecó e 20% das parcelas com a EPAGRI.

Figura 8 – Gradiente de distribuição dos dados amostrais para o indicador cobertura do solo.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Percebe-se uma ampla distribuição dos dados amostrais ao longo do gradiente de cobertura do solo, com parcelas apresentando menos de 10% de cobertura (Figura 9) enquanto outras foram diagnosticadas como completamente cobertas (Figura 10).

Figura 9 – Cobertura do solo com vegetação nativa equivalente a 8% da área.



Fonte: Diagnóstico sobre o Estágio de Recuperação das Áreas de Preservação Permanente do Convênio da Foz do Chapecó Energia com a Prefeitura Municipal de Chapecó (2016).

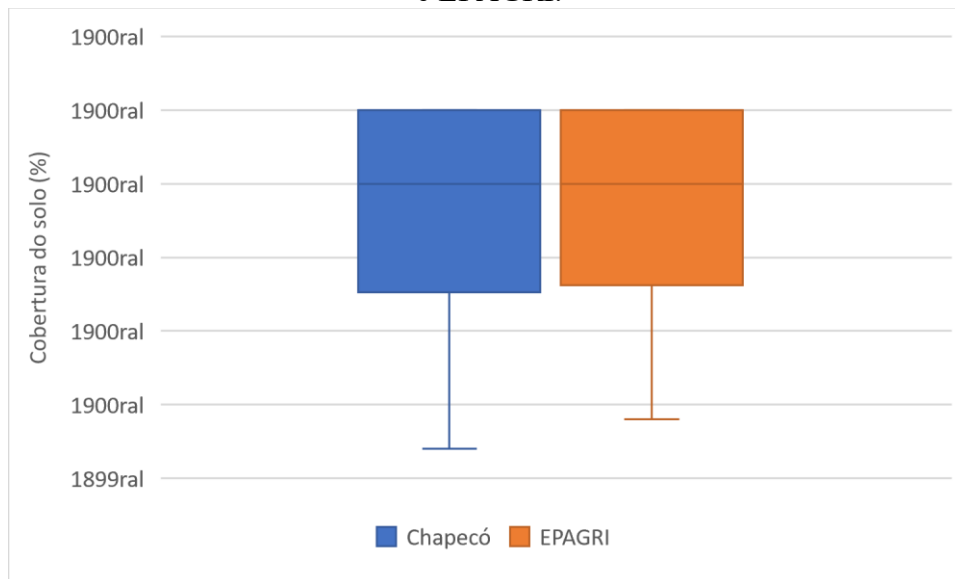
Figura 10 – Cobertura do solo com vegetação nativa equivalente a 100% da área.



Fonte: Diagnóstico sobre o Estágio de Recuperação das Áreas de Preservação Permanente do Convênio da Foz do Chapecó Energia com a Prefeitura Municipal de Chapecó (2016).

Apesar da cobertura do solo variar ao longo de todo o gradiente, observado na figura 8, o gráfico a seguir demonstra que 75% das parcelas apresentaram cobertura do solo acima de 50%. Observa-se também que a mediana equivale a 80%, indicando que 50% das parcelas estão com índice de cobertura do solo acima deste valor.

Figura 11 – Boxplot da cobertura do solo (%) para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Em função da grande quantidade de propriedades avaliadas pelo diagnóstico, existe variação no tratamento de cada proprietário sobre sua área em recuperação, até mesmo pelo entendimento diferenciado de cada um sobre o assunto.

Por exemplo, em muitas propriedades ficou evidente a eficiência do cercamento das áreas para isolamento dos animais domésticos, principalmente o gado bovino, sendo que em locais em que o gado tinha acesso às áreas florestadas o sub-bosque era inexistente, apresentando alta regeneração a partir da cerca implantada (Figura 12).

Figura 12 – Desenvolvimento da regeneração a partir do cercamento, atingindo 100% de cobertura do solo.

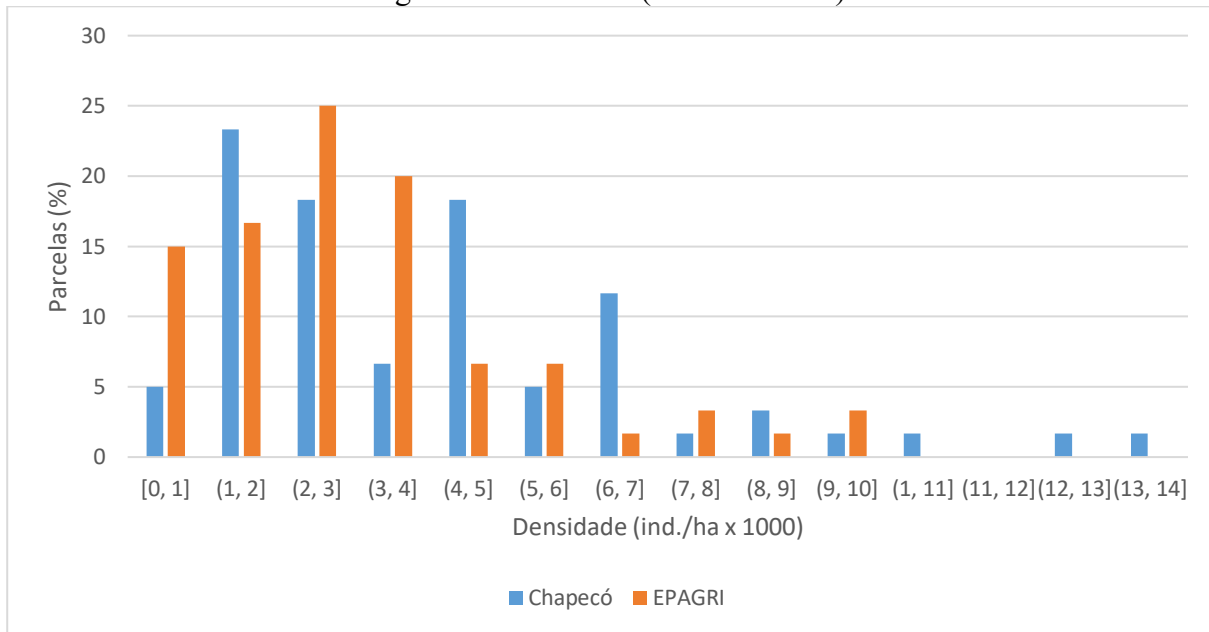


Fonte: Diagnóstico sobre o Estágio de Recuperação das Áreas de Preservação Permanente do Convênio da Foz do Chapecó Energia com a Prefeitura Municipal de Chapecó (2016).

### 10.1.2 Densidade de indivíduos nativos regenerantes

A densidade apresentou maior divergência entre os convênios. No convênio com a Prefeitura de Chapecó houve predomínio de parcelas com 1000 a 2000 ind./ha, compreendendo 23% das parcelas, seguido das densidades de 2000 a 3000 ind./ha e 4000 a 5000 ind./ha, que representam 18% das parcelas cada intervalo; enquanto no convênio com a EPAGRI sobressaiu a densidade de 2000 a 3000 ind./ha, correspondente a 25% das parcelas, seguido de 20% das parcelas no intervalo de 3000 a 4000 ind./ha, compreendendo juntas a porcentagem de 45% das parcelas (Figura 13).

Figura 13 – Gradiente de distribuição dos dados amostrais para o indicador densidade de regenerantes nativos (ind./ha x 1000).



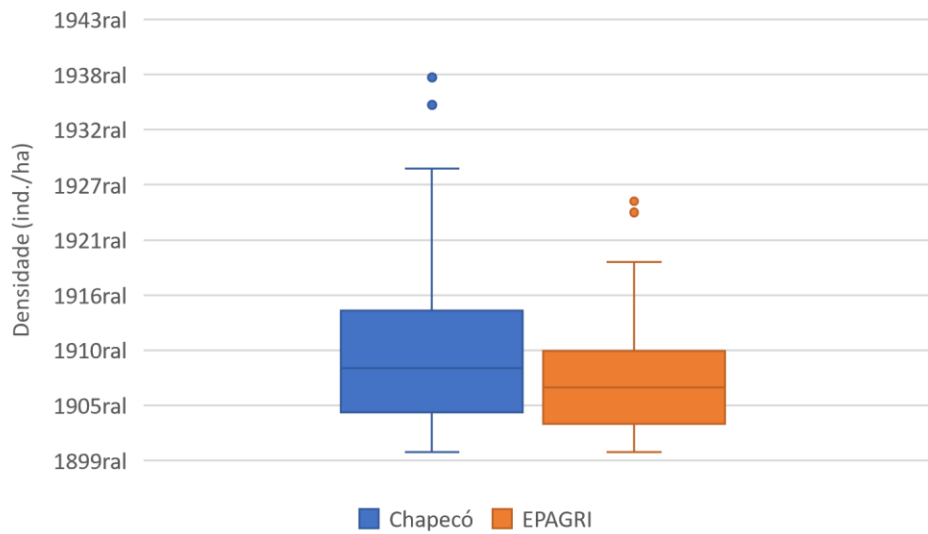
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Apesar da ampla distribuição dos dados encontrados, com densidades variando de 300 a 13900 ind./ha, observa-se que os intervalos de densidade compreendidos entre 1000 a 5000 ind./ha contêm a maior parte dos dados levantados, com poucas parcelas apresentando densidades acima de 7000 ind./ha.

A figura 14 demonstra que 50% das parcelas do convênio com a Prefeitura de Chapecó apresentaram densidade de indivíduos regenerantes entre 1.750 e 5.425 ind./ha, sendo que para o convênio com a EPAGRI esse valor foi inferior, com metade das parcelas apresentando densidade entre 1.325 e 3.975 ind./ha. Assim, esses limites indicam os resultados mais prováveis no conjunto de dados.

Nota-se ainda algumas parcelas com resultados discrepantes, representados pelos pontos isolados no gráfico, nas quais a densidade foi muito superior ao limite dos resultados mais prováveis.

Figura 14 - Boxplot da densidade de regenerantes nativos (ind./ha) para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Em alguns casos, a baixa densidade alcançada deveu-se pela eliminação dos regenerantes pelos próprios proprietários, que ficaram responsáveis pela manutenção da área e que, por falta de conhecimento ou orientação, cuidavam apenas das mudas plantadas (Figura 15).

A grande extensão da área em restauração dificulta o acompanhamento adequado periódico pelo técnico responsável pela execução do projeto, ficando a área sujeita a intervenções prejudiciais como falta de isolamento, roçada de indivíduos nativos regenerantes, entre outros.

Figura 15 – Área com densidade de regenerantes de apenas 400 ind./ha.



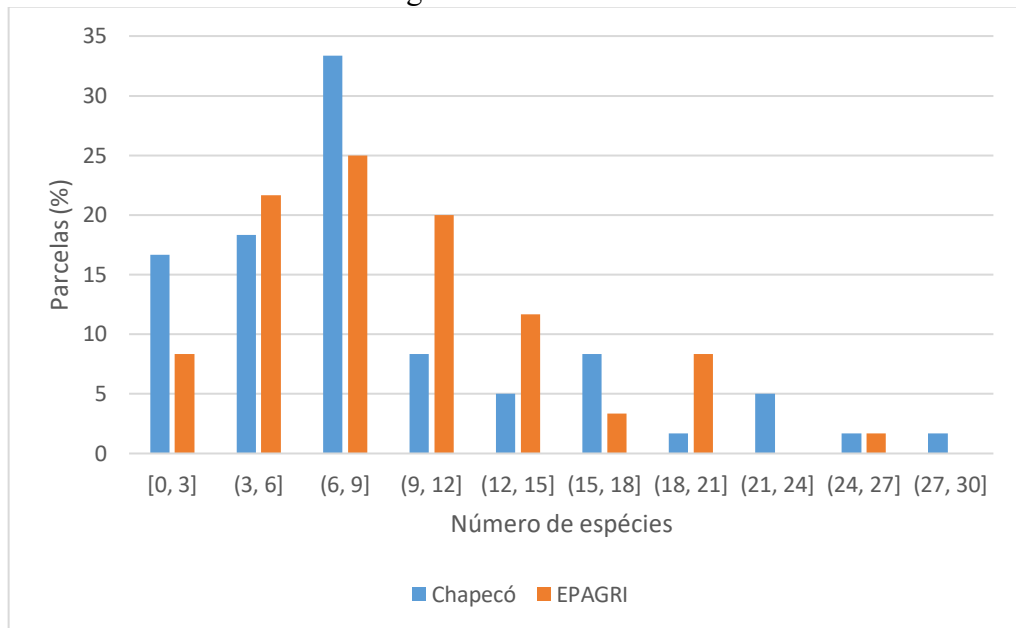
Fonte: Diagnóstico sobre o Estágio de Recuperação das Áreas de Preservação Permanente do Convênio da Foz do Chapecó Energia com a EPAGRI (2017).

### 10.1.3 Diversidade de regenerantes nativos

A diversidade apresentou uma variação de 1 a 28 espécies nas parcelas, com destaque para o intervalo de 6 a 9 espécies, que compreendeu 33% dos dados para o convênio com a Prefeitura de Chapecó e 25% com a EPAGRI, seguido do intervalo de 3 a 6 espécies, correspondendo a 18% e 22% das parcelas, respectivamente. Em torno de 23% das parcelas em cada convênio apresentou um número de espécies superior a 12, porém, houve uma concentração das parcelas com 3 a 9 espécies (Figura 16).



Figura 16 – Gradiente de distribuição dos dados amostrais para o indicador diversidade de regenerantes nativos.

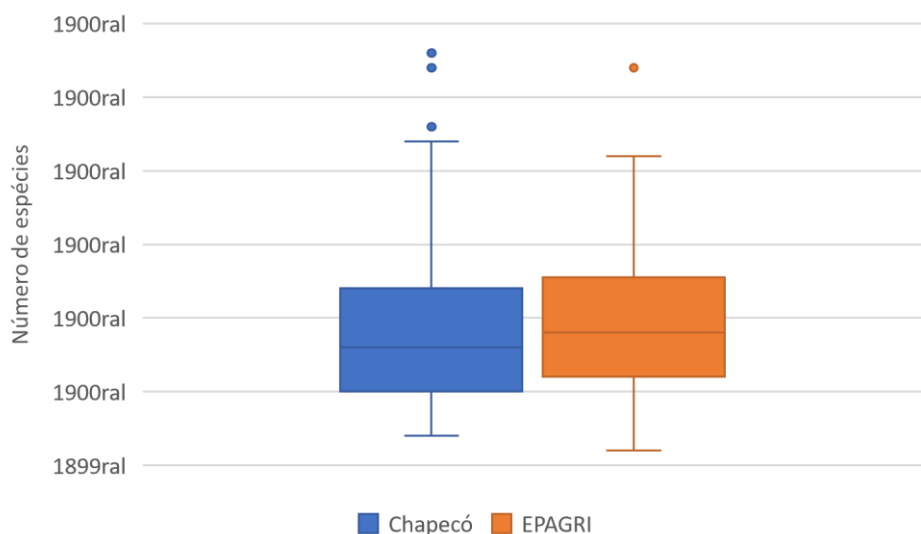


Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Considerando a distribuição dos resultados, 50% das parcelas apresentaram entre 5 e 12 espécies nativas regenerantes para o convênio com a Prefeitura de Chapecó, com pouca diferença comparado ao convênio com a EPAGRI, no qual 50% das parcelas possuíam entre 6 e 12,75 espécies (Figura 17). Esses limites compreendem os resultados mais prováveis dentro dos dados amostrais.

Poucas parcelas apresentaram diversidade acima de 22 espécies, sendo discrepantes em relação ao conjunto de resultados mais provável.

Figura 17 – Boxplot da diversidade de regenerantes nativos para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

## 10.2 ANÁLISE DOS DADOS DE CAMPO

Os valores médios obtidos para os indicadores diversidade de espécies nativas regenerantes e densidade de indivíduos nativos regenerantes atenderam ao previsto na Resolução SMA n° 32/2014 para cinco anos em ambos os convênios (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de referência conforme Resolução SMA n° 32/2014 e índices obtidos nos convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.

<b>Indicadores</b>	<b>Cobertura do solo (%)*</b>	<b>Densidade (indivíduos/ha)*</b>	<b>Diversidade (n° espécies)**</b>
<b>Índices</b>			
Atestam a Recomposição	>80%	>3.000	>30
Restauração em 5 anos	>80%	>1.000	>10
<b>Resultados</b>			
Chapecó	70,4%	4.135	79
EPAGRI	73,9%	3.097	86

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

\*Média das parcelas. \*\*Valor acumulado nas parcelas.

A densidade média foi de 4.135 ind./ha para o convênio com a Prefeitura de Chapecó, e de 3097 ind./ha no convênio com a EPAGRI, valores bem acima do adequado para cinco anos, que é de 1000 ind./ha, sendo inclusive superiores ao valor utilizado para atestar a recomposição no período de 20 anos, que equivale a 3000 ind./ha.

Souza e Batista (2004) obtiveram resultados próximos na caracterização de uma área de restauração florestal com 9 (nove) anos, no estado de São Paulo, na qual foram mensurados em dois momentos, com diferença de um ano entre eles, os indicadores densidade de indivíduos e riqueza de espécies na regeneração. A densidade média de indivíduos na regeneração obtida no primeiro levantamento foi de 3.448 ind./ha, sendo que no ano seguinte houve um aumento para 4.244 ind./ha, índices próximos às médias obtidas para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e EPAGRI para cinco anos, indicando que a restauração das áreas dos convênios está ocorrendo satisfatoriamente quanto a este indicador.

Segundo Bellotto et al. (2009), a regeneração no sub-bosque aos cinco anos deve apresentar densidade acima de 5.000 ind./ha, índice superior ao adequado pela Resolução SMA nº 32/2014 para o mesmo período de recuperação, e não atingido pelas médias dos convênios.

Em remanescentes florestais preservados, o Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina contabilizou uma densidade de regeneração de 4.918,6 ind./ha para a tipologia de Floresta Ombrófila Decidual e de 4.081,8 ind./ha para a Floresta Ombrófila Mista (SCHORN et al., 2012). Nota-se que os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI apresentaram densidades médias próximas ao observado para as áreas preservadas do estado. Porém, a comparação da área em restauração com áreas preservadas deve considerar outros fatores, como o tempo de desenvolvimento do ecossistema, o processo de sucessão, aspectos abióticos e distúrbios ocorridos. Deve ser considerado o fator temporal no processo de sucessão e a regeneração correspondente. Avaliar áreas com diferentes períodos de desenvolvimento acarreta igualar a fase de sucessão florestal, resultando em uma análise equivocada. Assim, os valores obtidos para os remanescentes florestais do estado podem ser considerados para o estabelecimento de uma referência indicativa do sucesso da restauração ao final do processo.

Quanto à diversidade de espécies, o somatório amostrado nas parcelas resultou em 79 espécies nativas regenerantes para o convênio com a Prefeitura de Chapecó e 86 espécies para o convênio com a EPAGRI, valores bem acima do índice de 10 espécies previsto na referência da Resolução para a idade de cinco anos de regeneração, e superiores em mais que o dobro ao valor utilizado para atestar a recomposição com 20 anos, que seria de 30 espécies.

Bellotto et al. (2009) sugerem que a riqueza da regeneração no sub-bosque aos cinco anos deve ser de no mínimo 20 espécies, valor superior ao exigido na Resolução SMA nº

32/2014, alcançado em ambos os convênios considerando-se o resultado cumulativo de espécies, porém realidade não observada em cada local inventariado isoladamente.

A diversidade média obtida para os convênios, equivalente a 9,4 com a Prefeitura de Chapecó e 9,8 com a EPAGRI (Tabela 2) atingiu um valor mais próximo do adequado para o período de cinco anos de recuperação, que é de no mínimo 10 espécies segundo a Resolução SMA n° 32/2014.

Em áreas de mineração avaliadas por Almeida e Sánchez (2005), a riqueza de plantas nativas emergentes identificadas na área em recuperação há 7 anos foi de 16 espécies, das quais 13 eram diferentes das espécies plantadas, e na área em recuperação há 9 anos identificou-se 10 espécies, 9 delas diferentes das plantadas. Mesmo em se tratando de áreas com diferentes idades e localização em relação aos dados de campo dos convênios, percebe-se que a diversidade predominante de 6 a 9 espécies obtida nas parcelas (Figura 16) e a diversidade média dos convênios apresentam similaridade com o trabalho de Almeida e Sánchez (2005), o que não ocorre ao considerar o valor de espécies acumulado em diferentes áreas como indicador de restauração de um projeto como um todo.

O único índice que não atendeu ao nível adequado de recuperação, estabelecido em acima de 80% pela Resolução SMA n° 32/2014, foi a cobertura do solo, cujas médias obtidas foram de 70,4% para o convênio com a Prefeitura de Chapecó e 73,9% no convênio com a EPAGRI. Portanto são enquadrados no nível mínimo de adequação do índice (de 30 a 80%), o que indica a necessidade de realização de ações corretivas para não comprometer os resultados futuros.

Bellotto et al. (2009) sugerem que após três anos de implantação do projeto a cobertura aceitável da área é de 100%, sendo que no intervalo de 70 a 100% de cobertura a situação é considerada preocupante. Brancalion et al. (2012) pontuam como ideal em plantios de 2 anos um índice de cobertura de copa superior a 80%, corroborando com o exigido pela Resolução como adequado para projetos a partir de três anos.

Para as formações de Florestas Ombrófilas e Estacionais, o indicador cobertura do solo determinado pela Portaria CBRN 01/2015 considera apenas a área coberta por copa das espécies nativas arbustivas ou arbóreas, não contabilizando a cobertura herbácea. Entretanto, dificilmente a cobertura do solo seria efetiva apenas com espécies arbustivas lenhosas e arbóreas. Assim, para o monitoramento do PRAD apresentado como compensação pela instalação da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó ao IBAMA, os índices de adequação do indicador cobertura do solo foram reestruturados, sendo proposto um índice gradativo, no qual

é considerada adequada uma cobertura do solo por espécies arbóreo-arbustivas acima de 15% para 3 anos de recuperação, acima de 30% após 5 anos, acima de 50% para 10 anos, acima de 70% com 15 anos e acima de 80% para 20 anos e/ou atestar a recuperação.

O presente trabalho avaliou o atendimento à Resolução SMA nº 32/2014 sem alterações neste indicador.

Outra maneira possível de avaliar a cobertura do solo é incluir as espécies herbáceas nativas na medição do indicador, podendo assim ser utilizados os índices propostos pela Resolução, acima de 80% para recuperação acima de 3 anos, visto que a rápida cobertura do solo por herbáceas é desejável como forma de iniciar o processo de sucessão, proteger o solo contra a erosão e restabelecer o microclima do ecossistema. Já o indicador cobertura de copa pode, então, mensurar espécies arbóreo-arbustivas conforme os índices gradativos propostos ao IBAMA junto ao processo da Foz do Chapecó Energia.

Essa mudança gradativa de cobertura do estrato herbáceo para o arbustivo e arbóreo indica a sucessão florestal, com o desenvolvimento inicial de espécies pioneiras tolerantes ao sol, e sua substituição gradual por espécies secundárias iniciais e tardias, que exigem maior sombreamento.

Observou-se uma grande variação nos dados levantados nas parcelas, de forma que os índices calculados para o conjunto das parcelas em alguns casos não representam a situação encontrada em campo.

Isto posto, para determinar o cenário dos indicadores nas áreas em recuperação quanto aos níveis de adequação, as parcelas foram consideradas isoladamente, conforme análise a seguir para cada indicador.

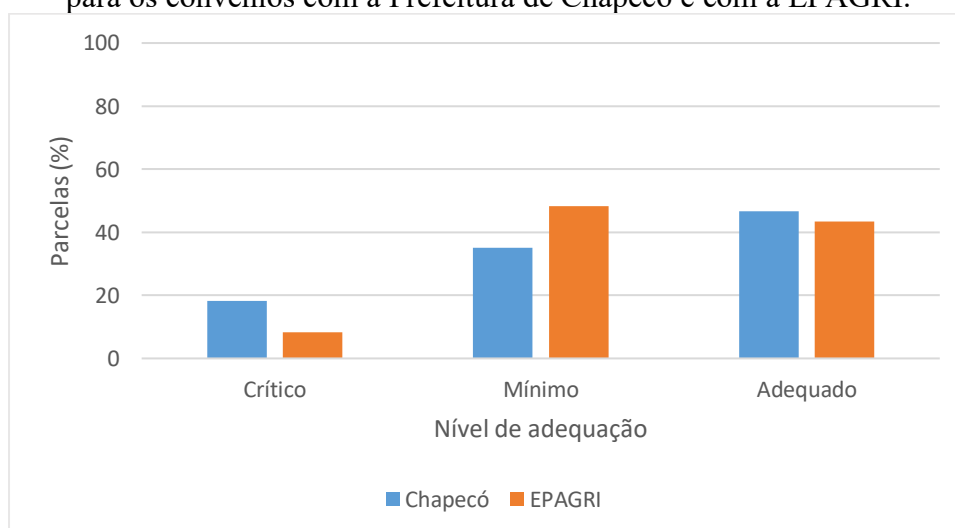
### **10.2.1 Cobertura do solo**

Avaliando-se o índice cobertura do solo, dentre as 60 parcelas analisadas no convênio com a Prefeitura de Chapecó, 53% delas apresentaram nível abaixo do adequado, correspondendo a 32 parcelas. Destas, 11 parcelas (18%) encontravam-se no nível crítico, e 21 parcelas (35%) no nível mínimo (Figura 15).

As parcelas que apresentaram o índice de cobertura do solo acima de 80% são enquadradas no nível adequado e igualmente consideradas recuperadas quanto a este aspecto. Estas corresponderam a 28 parcelas, ou seja, 47% encontram-se no nível adequado.

No convênio com a EPAGRI, conforme figura 18, para o indicador cobertura do solo, obteve-se o nível adequado em 26 parcelas, o que corresponde a 43% do conjunto amostral. Observou-se que quase metade das parcelas, 48%, apresentaram nível mínimo de cobertura do solo, indicando a necessidade de ações corretivas para não comprometer os resultados futuros. E cinco parcelas, 8%, encontravam-se no nível crítico de adequação, não sendo atingidos os valores mínimos esperados no prazo determinado, o que exige a readequação do projeto por meio da realização de ações corretivas.

Figura 18 – Distribuição das parcelas nos níveis de adequação do indicador cobertura do solo para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Ao analisarmos as parcelas como áreas distintas, não pertencentes a um projeto único, percebemos que mais da metade das parcelas, em ambos os projetos, apresentaram-se inadequadas quanto ao parâmetro cobertura do solo, demonstrando que grande parte das áreas não atingiram valores satisfatórios para a continuidade do processo de restauração.

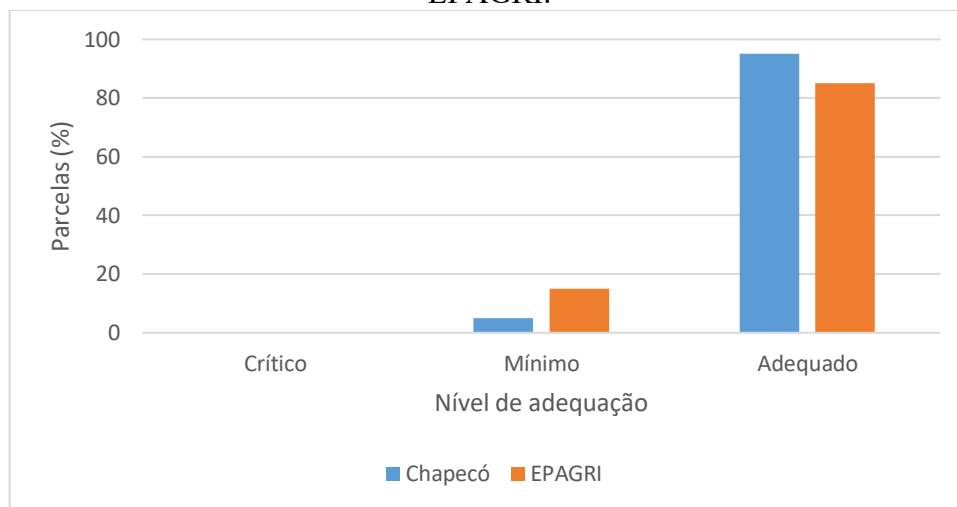
### 10.2.2 Densidade de indivíduos nativos regenerantes

Analisando-se as parcelas separadamente, no convênio com a Prefeitura de Chapecó, 57 delas, equivalente a 95%, apresentaram densidade de indivíduos nativos regenerantes adequada, com densidade acima de 1000 ind./ha. Destas, 32 parcelas, ou seja, 53%,

apresentaram índice superior a 3000 ind./ha, atestando a recuperação das áreas neste quesito. Somente 5% das parcelas apresentaram densidade no nível mínimo (de 200 a 1000 ind./ha) para o tempo de cinco anos de recuperação (Figura 19).

No convênio com a EPAGRI, a densidade de indivíduos nativos regenerantes apresentou nove parcelas (15%) no nível mínimo de adequação, enquanto 85% foram compreendidas no nível adequado. Não houve parcelas no nível crítico para este indicador.

Figura 19 – Distribuição das parcelas nos níveis de adequação do indicador densidade de indivíduos nativos regenerantes para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observa-se uma elevada adequação dos resultados aos valores de referência, demonstrando que as Áreas de Preservação Permanente do Convênio da Foz do Chapecó Energia apresentaram desenvolvimento satisfatório quantitativamente para o indicador densidade de indivíduos nativos regenerantes.

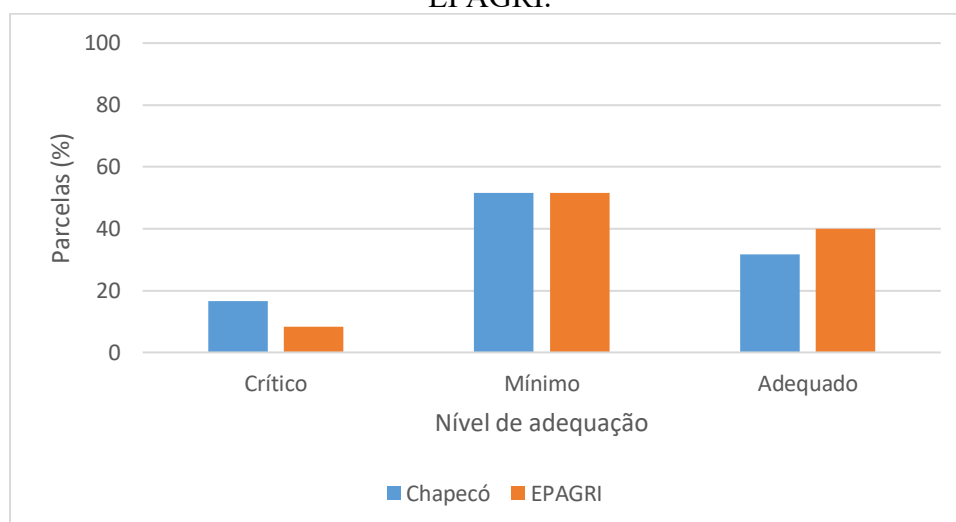
### 10.2.3 Número de espécies nativas regenerantes (diversidade)

Ao se considerar o cumulativo das espécies nas parcelas do município de Chapecó, a diversidade nas áreas atingiu 79 espécies nativas regenerantes, índice satisfatório até mesmo para atestar a recomposição (20 anos), ou seja, acima de 30 espécies. Entretanto, isoladamente, 68% das parcelas não atingiram o nível adequado para o tempo de recuperação de cinco anos

(acima de 10 espécies), o que equivale a 41 parcelas com necessidade de intervenção. Destas, 10 parcelas (17%) apresentaram nível crítico (com 3 espécies ou menos), e 31 parcelas, ou seja, mais de 50%, se mantiveram no nível mínimo (de 4 a 10 espécies). O nível adequado para a diversidade de espécies nativas regenerantes, que para o período de cinco anos de recuperação deve ser acima de 10 espécies, foi atingido em 32% das parcelas (19 parcelas) (Figura 20).

No convênio com a EPAGRI, grande parte das parcelas apresentou diversidade de espécies no nível mínimo de adequação, ou seja, são necessárias ações corretivas para se atingir os resultados esperados. Do total de 60 parcelas, 31 delas, o que corresponde a 52%, são enquadradas no nível mínimo, enquanto somente 40% das parcelas, ou seja, 24 parcelas, apresentaram-se no nível adequado para restauração de cinco anos. Cinco parcelas, cerca de 8% do total, encontravam-se com diversidade no nível crítico de adequação (Figura 20).

Figura 20 – Distribuição das parcelas nos níveis de adequação do indicador número de espécies nativas regenerantes para os convênios com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Assim como observado para o conjunto de parcelas do convênio com a Prefeitura de Chapecó, a diversidade de 86 espécies obtida pelo somatório das áreas avaliadas com a EPAGRI atingiu valor bastante superior ao esperado para atestar a recomposição em 20 anos (acima de 30 espécies), sugerindo que as áreas estão recuperadas.

O somatório das espécies levantadas também supera o considerado adequado para o período de cinco anos de recuperação (acima de 10 espécies), tempo avaliado neste projeto.

Entretanto, a grande quantidade de parcelas inadequadas indica que não se pode considerar este indicador pelo somatório das espécies para as áreas como um todo, devendo-se



considerar que as áreas não são contínuas, ou seja, formando um mosaico fragmentado que pode dificultar, ou até mesmo impedir, a dispersão das espécies florestais devido à distância e fatores de isolamento que diferem o processo de recuperação entre as áreas.

Em ambos os convênios, nenhuma parcela de forma isolada foi considerada recuperada quanto ao número de espécies, visto que seriam necessárias 30 espécies para tal, e o número máximo encontrado nas parcelas foi de 28 espécies.

Assim, apesar de o número de espécies regenerantes (diversidade) que foi obtido para os projetos apresentar índice satisfatório (acima de 10 espécies) na análise do conjunto dos dados, a diversidade alcançada separadamente pelas parcelas apresentou-se bastante problemática nos dois projetos, com 60% e 68% das parcelas com valores inadequados, respectivamente para o convênio da Foz do Chapecó Energia com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.

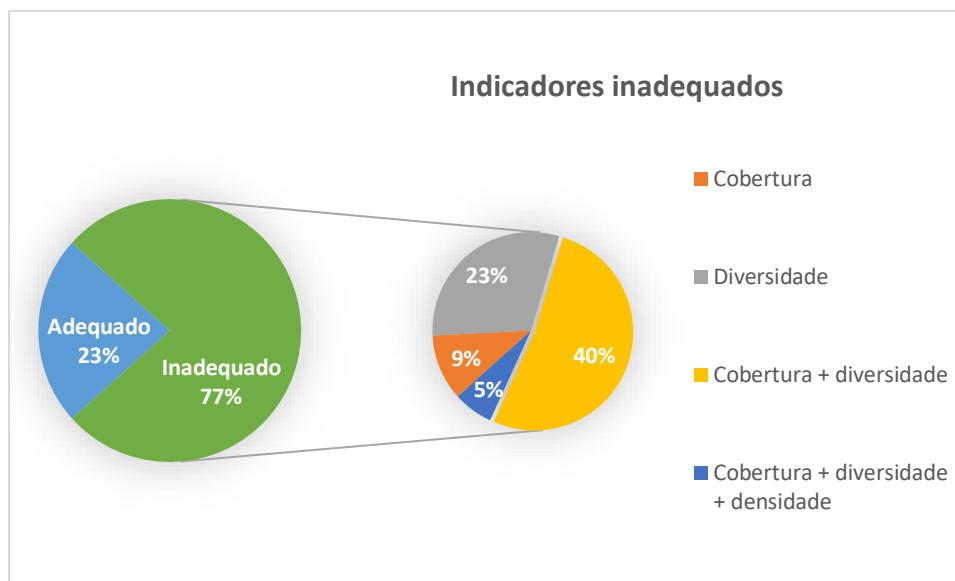
Entende-se que considerar áreas distantes em um mesmo projeto não representa a diversidade real obtida no local, visto que não há fluxo entre as áreas, bem como as espécies ocorrentes diferem e não poderia ser considerado o seu somatório para todas as parcelas. Ao calcularmos a diversidade média, temos cerca de 9 espécies para cada projeto, o que estaria mais próximo do limite adequado.

#### **10.2.4 Combinação dos indicadores**

Nas áreas do convênio com a Prefeitura de Chapecó, considerando os três indicadores combinados, 23% das parcelas apresentaram todos os índices adequados para o tempo de cinco anos, indicando que estas áreas se apresentam satisfatoriamente no caminho da recuperação (Figura 21).

Já as parcelas consideradas inadequadas somam 77% e, destas, 5 parcelas, ou seja 8%, não estão adequadas para o índice cobertura de solo, 14 parcelas (23%) não estão adequadas para o número de espécies regenerantes, 24 parcelas (40%) não estão adequadas para ambos os indicadores cobertura de solo e número de espécies, e três parcelas (5%) não estão adequadas para os três indicadores avaliados, incluindo a densidade (Figura 21).

Figura 21 – Porcentagem de parcelas do convênio com a Prefeitura de Chapecó adequadas e inadequadas, e composição dos indicadores inadequados.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

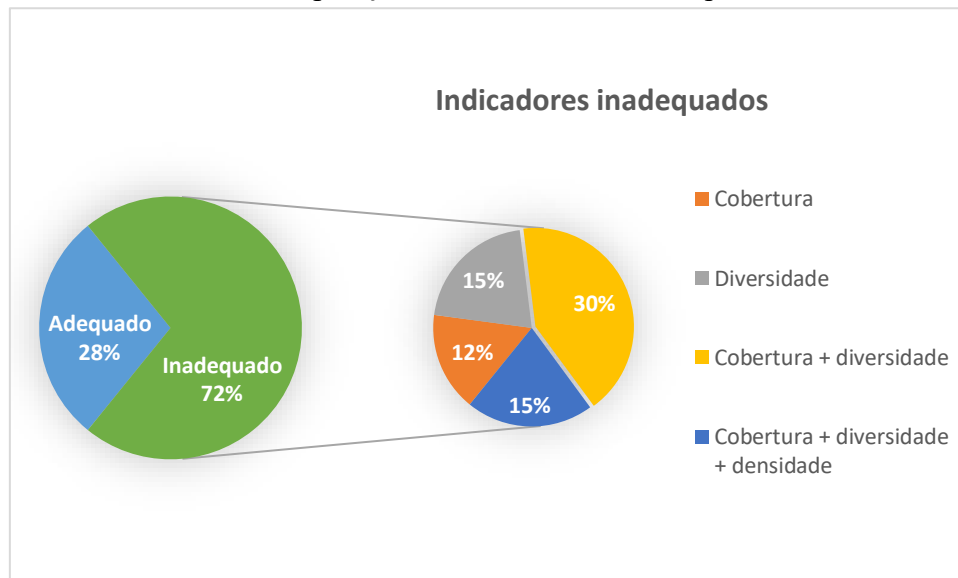
Observa-se que os indicadores cobertura do solo e diversidade de espécies compreendem os fatores limitantes da recuperação da área. Mais da metade das parcelas, 54%, apresentaram pelo menos a cobertura do solo inadequada. O indicador diversidade de espécies foi ainda mais problemático, com 68% das parcelas apresentando valores inadequados.

A densidade de regenerantes em combinação com os demais indicadores apresentou-se inadequada somente para 5% das parcelas, sugerindo não ser um fator limitante do desenvolvimento nas áreas analisadas, mas sim um fator interdependente dos demais.

Nas áreas do convênio com a EPAGRI, combinando-se os três indicadores mensurados, somente 28% das parcelas são enquadradas no nível adequado de recuperação para cinco anos (Figura 22). Os 72% restantes compreendem as seguintes proporções: 12% (7 parcelas) estão inadequadas quanto à cobertura do solo somente; 15% (9 parcelas) apresentaram valor insuficiente para a diversidade; 30% (18 parcelas) para cobertura do solo e diversidade; e 15% (9 parcelas) apresentaram todos os indicadores abaixo do esperado (Figura 22).

O indicador diversidade não atingiu o nível adequado em 60% das parcelas, seguido do indicador cobertura do solo com 57% das parcelas inadequadas. Já o indicador densidade apresentou o menor número de parcelas inadequadas, representando 15% do total, sendo que estava combinado com os demais indicadores, não sendo o único fator problemático nestas parcelas.

Figura 22 – Porcentagem de parcelas do convênio com a EPAGRI adequadas e inadequadas, e composição dos indicadores inadequados.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observa-se que, em ambos os convênios, mais de 50% das parcelas apresentaram-se inadequadas para o indicador cobertura do solo. Ainda, na combinação dos indicadores, 40% e 30% das parcelas apresentaram-se inadequadas para ambos os indicadores cobertura do solo e diversidade, respectivamente para o convênio com a Prefeitura de Chapecó e com a EPAGRI.

A análise demonstra que aquelas parcelas que não atingiram o nível adequado para o indicador densidade, o que representa somente 5% no convênio com a Prefeitura de Chapecó (3 parcelas) e 15% com a EPAGRI (9 parcelas), também não apresentaram resultados satisfatórios quanto à cobertura do solo e diversidade de espécies regenerantes, sendo necessárias ações corretivas em todos os aspectos.

Os indicadores analisados representam características da vegetação interdependentes. A ausência de cobertura nativa do solo dificulta o desenvolvimento das espécies regenerantes, o que acaba refletindo diretamente na densidade destas.

### 10.3 NORMATIVAS JUNTO AOS ÓRGÃOS AMBIENTAIS ESTADUAIS

Dentre os órgãos ambientais dos 17 estados que abrangem o bioma Mata Atlântica, a maioria carece de regulamentação própria para monitoramento da restauração florestal.

Alguns estados utilizam instruções normativas para a elaboração de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD, as quais contemplam de forma geral a etapa de monitoramento, especificando, por exemplo, o período mínimo de monitoramento e a necessidade de apresentação de relatórios periódicos sem a inclusão, porém, de indicadores e parâmetros de avaliação, que devem ser propostos no PRAD pelo técnico responsável.

Algumas dessas normativas, como a Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011, utilizada por diversos estados que não possuem regulamentação própria, a Instrução Normativa IEMA nº 17/2006, do Espírito Santo, e a Instrução Normativa CPRH nº 004/2017, de Pernambuco, apresentam uma listagem exemplificativa com critérios de avaliação da recuperação, dentre eles: sobrevivência e desenvolvimento do plantio, porcentagem de cobertura do solo, contenção de processos erosivos, serapilheira, abundância e frequência de espécies vegetais, quantidade de biomassa, regeneração natural, qualidade e quantidade dos animais dispersores de sementes, recuperação das nascentes e cursos d'água, conjunto de espécies na área em recuperação em comparação à área de referência, ameaças potenciais, sinais de disfunção, indicadores de resiliência (visitação de fauna, aumento de diversidade vegetal, fertilidade do solo).

Somente para os estados da Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo foram encontradas normativas de monitoramento específicas, disponíveis nos sites oficiais, sendo respectivamente o Guia Técnico para Recuperação de Vegetação em Imóveis Rurais, a Resolução INEA nº 143/2017 e a Resolução SMA nº 32/2014.

Para o estado da Bahia, as informações contidas no Guia Técnico, como situações ambientais, métodos recomendados e monitoramento, foram obtidas a partir de diagnósticos de campo, no período de junho a setembro de 2015. Neste diagnóstico, foram visitados e entrevistados alguns dos principais atores envolvidos na pesquisa, gestão e prática da restauração e conservação de ecossistemas dos três biomas baianos (Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica), como instituições de pesquisa, projetos de restauração em andamento, viveiros e demais componentes da cadeia da restauração. Além do diagnóstico, foram utilizados dados secundários obtidos na literatura, visitas a especialistas dos diferentes biomas, e dados já levantados anteriormente pelo Governo do estado (SEMA; INEMA; TNC BRASIL, 2017).

Os valores de referência da Resolução INEA nº 143/2017, do Rio de Janeiro, foram estabelecidos e ajustados durante 30 meses de monitoramento de 14 projetos em diferentes idades em todas as regiões do estado do Rio de Janeiro. Utilizando-se como ponto de partida o Protocolo do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, os parâmetros foram estabelecidos

conforme a fitofisionomia a ser restaurada e ajustados para projetos de até 4 anos desde o plantio (RESTAURAÇÃO FLORESTAL FLUMINENSE, 2017).

Com o intuito de coletar dados de campo, selecionar bons indicadores e produzir protocolos facilmente aplicáveis, a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo organizou um workshop em 2010 como parte do projeto de restauração de ecossistemas de florestas ribeirinhas em São Paulo, apoiado pelo Banco Mundial, e também coorganizou dois workshops com o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (CHAVES et al., 2015; UEHARA; GANDARA, 2011).

Além disso, novas pesquisas foram apoiadas e várias reuniões com cientistas e agentes públicos foram realizadas para ajudar no desenvolvimento e promulgação de um novo instrumento jurídico baseado em resultados ecológicos, a Resolução SMA nº 32/2014 (CHAVES et al., 2015).

O estado de Santa Catarina possui um regulamento para a recuperação de áreas degradadas, a Instrução Normativa nº 16, entretanto, quanto ao monitoramento, somente exige sua realização com a apresentação de relatórios anuais durante 36 meses, sem definir os indicadores a serem avaliados e respectivos valores considerados satisfatórios durante o processo de restauração.

### **10.3.1 Indicadores estabelecidos pelas normativas**

Para as formações florestais da Mata Atlântica, em cada uma das normativas citadas, são aplicados diferentes indicadores de restauração florestal (Tabela 4). Observa-se indicadores de atributos de estrutura, composição e processos ecológicos, mensurados quase na sua totalidade de forma quantitativa conforme metodologia aplicada nos estados.

Para os estados da Bahia e de São Paulo, foram estabelecidos valores intermediários de referência dos indicadores para diferentes períodos de recuperação. A Resolução SMA nº 32/2014, de São Paulo, definiu um monitoramento com vistorias após 3, 5, 10, 15 e 20 anos após o início da restauração, sendo que para atestar a recomposição devem ser alcançados os valores específicos definidos para o período de 20 anos. Entretanto, havendo o atendimento aos valores de referência de todos os indicadores ecológicos para cada tipo de ecossistema antes deste

período, o projeto é considerado concluído, não sendo necessárias mais avaliações (SMA, 2014).

Já para o estado do Rio de Janeiro, a quitação do compromisso de restauração ocorre após transcorrido um período mínimo de recuperação de 4 anos, se a área atingir um conceito maior que 8,0, referente ao somatório dos parâmetros no sistema de pontuação, e com pontuação superior a zero em todos parâmetros avaliados (RESTAURAÇÃO FLORESTAL FLUMINENSE, 2017).

O Guia Técnico da Bahia ressalta que os valores de referência propostos para a avaliação dos projetos de restauração nos três biomas deste estado não têm força de legislação. Estes valores devem ser entendidos como um ponto de partida para a discussão e o monitoramento de projetos de restauração na Bahia, e que sejam validados em campo pelas instituições de pesquisa e prática da restauração (SEMA; INEMA; TNC BRASIL, 2017).

Tabela 4 – Indicadores compreendidos nas normativas estaduais e sua classificação quanto à coleta e atributo avaliado.

<b>Normativa</b>	<b>Indicador</b>	<b>Classificação quanto à medição/coleta</b>	<b>Classificação quanto ao atributo avaliado</b>
Guia Técnico para Recuperação de Vegetação em Imóveis Rurais (BA)	Proteção das perturbações	Quantitativo	Estrutura
	Cobertura de copa	Quantitativo	Estrutura
	Número de espécies arbustivo-arbóreas	Quantitativo	Composição
	Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras	Qualitativo	Composição
Resolução INEA nº 143/2017 (RJ)	Densidade	Quantitativo	Estrutura
	Indivíduos zoocóricos	Quantitativo	Processos ecológicos
	Cobertura de copa	Quantitativo	Estrutura
	Equidade J'	Quantitativo	Composição
	Riqueza S'	Quantitativo	Composição
	Altura média	Quantitativo	Estrutura
Resolução SMA nº 32/2014 (SP)	Infestação de gramíneas	Quantitativo	Composição
	Cobertura do solo com vegetação nativa	Quantitativo	Estrutura
	Densidade de indivíduos nativos regenerantes	Quantitativo	Processos ecológicos
	Número de espécies nativas regenerantes	Quantitativo	Processos ecológicos

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Apesar de as normativas utilizarem nomenclaturas diferentes, os indicadores cobertura do solo e cobertura de copa são igualmente mensurados, desconsiderando a cobertura do solo por espécies herbáceas nativas.

Em comparação à Resolução SMA n° 32/2014, abordada na análise dos dados de campo neste trabalho, a Resolução INEA n° 143/2017 acrescenta indicadores de composição, como índices de equidade e riqueza, e de processos ecológicos, como a porcentagem de indivíduos zoocóricos, os quais podem ser indicadores do funcionamento do ecossistema em recuperação.

A densidade mínima para quitação do projeto de restauração no estado do Rio de Janeiro é de 1250 ind./ha no ano 4 (quatro), superior àquela esperada para o Estado de São Paulo, que é de 1000 ind./ha após cinco anos. Com base na Resolução INEA n° 143/2017, os dados de campo analisados teriam um resultado levemente prejudicado quanto a este indicador, resultando em um acréscimo de quatro parcelas inadequadas no total, destas sendo três no convênio com a EPAGRI.

Além do indicador densidade, a Resolução INEA n° 143/2017 é mais restritiva quanto ao indicador diversidade de espécies para fins de quitação do projeto, definindo uma riqueza no ano 4 de no mínimo 25 espécies para ser considerado adequado, enquanto a Resolução SMA n° 32/2014 de São Paulo estabelece para uma recuperação de cinco anos o mínimo de 10 espécies. Para os projetos da Foz do Chapecó Energia em análise, no convênio com a Prefeitura de Chapecó somente duas parcelas seriam consideradas adequadas para este parâmetro pela Resolução INEA n° 143/2017, e no convênio com a EPAGRI somente uma parcela atingiria o valor adequado.

Diferentemente do estado de São Paulo, o estado do Rio de Janeiro utiliza duas metodologias diferenciadas de avaliação da recuperação, uma para o público externo (empreendedores) reportar as informações de monitoramento ao órgão ambiental, denominada Diagnóstico Ecológico Rápido (DER), e outra para o público interno (técnicos analistas do órgão ambiental) elaborar seus pareceres, denominada Diagnóstico Ambiental Rápido (DAR) (MOURA, 2017). O DER tem como principal característica a medição direta dos parâmetros ecológicos para a avaliação das ações de restauração. Enquanto a intenção do DAR é a avaliação dos mesmos parâmetros do DER, porém de forma expedita e rápida, por meio da equivalência

dos parâmetros avaliados, sem a necessidade de identificação botânica das espécies em campo (Tabela 5), o que auxilia a análise da recuperação da área pelos técnicos analistas.

Tabela 5 – Equivalência dos parâmetros de análise conforme Resolução INEA n° 143/2017.

<b>DER*</b>	<b>DAR**</b>
Densidade (n° de ind./ha)	Necessidade de replantio
Zoocoria (% ind.)	Atrativos de fauna
Cobertura de copa (%)	Cobertura de copa
Equidade J	Dominância
Riqueza	Riqueza aparente
Altura média (m)	Altura estimada
Infestação por gramíneas (%)	Matocompetição

Fonte: Moura (2017).

\*Diagnóstico Ecológico Rápido. \*\*Diagnóstico Ambiental Rápido.

Durante o período de monitoramento, os projetos são considerados aceitáveis somente quando todos os indicadores atingirem um nível mínimo, com valores dentro da margem de tolerância, mas indicando a necessidade da realização de ações corretivas para não comprometer os resultados futuros; ou adequado, quando foram atingidos os valores esperados para o prazo determinado. Já o nível crítico requer ajustes no projeto, sendo exigida a sua readequação por meio da realização de ações corretivas.

O sucesso da restauração ecológica pode ser atestado pelo estabelecimento de um nível mínimo de complexidade do ecossistema, quanto à sua estrutura, composição e funcionamento, que garanta a continuidade dos processos ecológicos e de resposta às mudanças ambientais, indicando a autossustentabilidade do ecossistema, que é o objetivo primordial da restauração (CHAVES et al., 2015).

#### 10.4 PROPOSTA DE INDICADORES PARA MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO

A fim de elaborar uma proposta de indicadores a serem aplicados na avaliação da recuperação de áreas degradadas, nas fitofisionomias de Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, no bioma Mata Atlântica para o estado de Santa



Catarina, foram avaliados os parâmetros corriqueiramente utilizados e indicados na literatura, bem como aqueles definidos nas normativas de outros estados.

Além da discussão dos parâmetros, é fundamental padronizar a amostragem, para que os projetos executados sob diferentes metodologias de restauração da Mata Atlântica possam ser avaliados comparativamente (BELLOTTO et al., 2009).

#### **10.4.1 Intensidade amostral**

O Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica para o Estado de São Paulo, Portaria CBRN 01/2015, calcula a suficiência amostral do monitoramento pelo número de hectares (ha) da área do projeto somado de quatro unidades (SMA, 2015). No Estado do Rio de Janeiro, o Manual de procedimentos para o monitoramento e avaliação de áreas em Restauração Florestal (MOURA, 2017) resulta em uma intensidade amostral semelhante àquela prevista na Portaria CBRN 01/2015.

Ao aplicar esta regra, porém, percebe-se que, com o aumento da área total do projeto, a porcentagem da área amostrada diminui, conseqüentemente reduzindo a representatividade das parcelas em relação ao todo e gerando questionamento sobre a sua efetividade para o monitoramento dos projetos.

Ambas as normativas limitam, ainda, o número de parcelas ao máximo de 50, independentemente da área do projeto, o que, apesar de possivelmente diminuir os custos, dificulta ainda mais o monitoramento de maneira fidedigna para áreas e projetos grandes.

Para uma análise mais confiável da restauração, sugere-se que a amostragem corresponda a um percentual da área total, de modo que o número de parcelas seja proporcional ao tamanho da área do projeto, independente desta. Bellotto et al. (2009) propõem, para projetos de áreas muito grandes, uma porcentagem mínima de 0,5% da área total para que o monitoramento não seja inviável.

Outra possibilidade para avaliar o sucesso da restauração é comparar a trajetória de recuperação de diferentes atributos dos ecossistemas com os locais de referência (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Pode-se estabelecer um limite de erro amostral e considerar como recuperado um parâmetro se este estiver dentro de um intervalo de confiança, por exemplo de 95%, em relação

ao local de referência. Uma desvantagem, neste caso, é a necessidade de levantamento dos dados não só da área em análise, como também do ecossistema selecionado como referência.

Adicionalmente, a Portaria CBRN 01/2015 dispõe que, para o cálculo do número de parcelas, áreas descontínuas podem ser consideradas em um único projeto de monitoramento desde que pertençam ao mesmo tipo de vegetação (SMA, 2015). Tendo em vista este dispositivo, os levantamentos realizados em campo nos convênios da Foz do Chapecó Energia consideraram, como área total dos projetos de recuperação, o conjunto das áreas a serem recuperadas nas diversas propriedades, apesar de descontínuas, limitando o número de parcelas necessárias ao máximo de 50. Considerando que o levantamento incluiu 60 parcelas em cada convênio, foram realizadas 10 parcelas a mais do que o exigido na Portaria.

Os resultados obtidos em campo (Figuras 8, 13 e 16), entretanto, apresentaram grande variação entre as parcelas, sugerindo que o conjunto das propriedades não deveria ser considerado como uma única área para a análise dos dados.

Considerando outros fatores importantes ao processo de restauração ecológica, como o fluxo gênico, a dispersão de espécies vegetais e a presença de fauna, entende-se que a legislação deveria avaliar separadamente as áreas descontínuas, visto que a fragmentação e a falta de corredores ecológicos pode impedir o estabelecimento dessas relações ecológicas entre as áreas, independentemente do tipo de vegetação presente em cada uma delas.

Assim, a avaliação deve ser realizada considerando uma área de restauração homogênea em relação à idade, tipo de vegetação, metodologia de restauração, distância de remanescentes florestais e características do solo (BELLOTTO et al., 2009).

O uso de parcelas permanentes de amostragem é sugerido por Bellotto et al. (2009) a fim de possibilitar o acompanhamento temporal do desenvolvimento dos processos ecológicos, facilitando o monitoramento futuro da área e a comparação com outras áreas de restauração.

#### **10.4.2 Indicadores**

Na prática, para evitar avaliações equivocadas e custos desnecessários, é importante que sejam selecionados indicadores eficientes e que atendam aos critérios elencados no tópico 7.1 do presente trabalho, como facilidade de medição, confiabilidade e ser indicativo de mudanças ao longo do processo.

Diversos autores sugerem que o sucesso da restauração poderia ser baseado em características da vegetação, diversidade de espécies e processos ecológicos. Young (2000)

afirma que os processos de restauração estão intimamente relacionados com a vegetação. As razões para se avaliar características da vegetação, principalmente a recuperação da estrutura e diversidade, incluem as exigências legais de monitoramento da vegetação, a relação entre o estabelecimento da vegetação e a recuperação da fauna e dos processos ecológicos, e a facilidade e rapidez de avaliação das medidas associadas à estrutura da vegetação (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

Ruiz-Jaen e Aide (2005) verificaram ainda que a maioria dos estudos de restauração mensuraram dois atributos, prioritariamente diversidade e estrutura da vegetação, em detrimento das combinações com o atributo processos ecológicos.

O presente trabalho selecionou indicadores dos três atributos principais: estrutura, composição e processos ecológicos. A escolha buscou, também, incluir indicadores que retratem os atributos-chave do sucesso da restauração estipulados pela Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica.

Diversos atributos apresentam trajetória previsível ao longo do tempo e poderiam ser utilizados como indicadores, como área basal, cobertura de dossel, densidade e riqueza de espécies arbóreas em diferentes estratos. Suganuma e Durigan (2015) observaram, em estudos de trajetórias sucessionais de florestas tropicais, que atributos estruturais atingem valores de referência mais rápido do que atributos de diversidade e de processos ecológicos, um fator a ser considerado na escolha dos indicadores da restauração.

A importância da recuperação da estrutura se deve à sua função na formação de um ambiente favorável ao estabelecimento de novas espécies e no aumento de habitats para animais dispersores de sementes (KAGEYAMA et al., 2008 apud SUGANUMA; DURIGAN, 2015). Também contribui para o aumento da fixação de carbono atmosférico na biomassa arbórea, um dos serviços ecossistêmicos esperados da recuperação florestal (MELO; DURIGAN, 2006; SUGANUMA; DURIGAN, 2015).

Conforme levantado por Ruiz-Jaen e Aide (2005), a estrutura da vegetação pode indicar a direção da sucessão florestal por meio de medidas de cobertura vegetal, densidade de plantas lenhosas, biomassa e perfis de vegetação. Em geral, no monitoramento são incluídos apenas um ou dois indicadores de estrutura da vegetação.

Para um monitoramento simples e objetivo, Durigan (2011) elencou como indicadores mais adequados a cobertura de solo, a estratificação, a fitofisionomia e a presença de espécies

lenhosas invasoras, sendo os três primeiros indicadores de estrutura e o último de função ecológica. São indicadores objetivos e que representam parâmetros ecológicos da qualidade da área em restauração, independente da metodologia do projeto, sendo de fácil quantificação, com exceção da fitofisionomia, para a qual devem ser considerados fatores abióticos, histórico de uso e características da paisagem (DURIGAN, 2011).

Outros indicadores de estrutura recomendados por Durigan (2011) compreendem o controle de fatores bióticos, como pastoreio e plantas invasoras, e abióticos de degradação, como fogo e processos erosivos.

O isolamento da área e a retirada dos fatores de degradação é uma medida essencial para o bom desenvolvimento do projeto, permitindo o restabelecimento da estrutura natural do ecossistema e o desenvolvimento do processo de sucessão. É um indicador qualitativo de simples avaliação visual em campo.

Dentre os parâmetros estruturais, a cobertura de copa merece destaque, pois atua no controle da luminosidade, determinando a umidade e temperatura do ar e condições de umidade do solo, influenciando fortemente o micro-habitat interno da floresta. Como efeito, age sobre o desenvolvimento de plântulas e determina a composição florística da comunidade. Exerce papel importante na recuperação da biomassa e restauração de serviços ecossistêmicos, como microclima e regulação de recursos hídricos, além de auxiliar no controle de processos erosivos, ao reduzir o impacto das chuvas direto sobre o solo (JENNINGS; BROWN; SHEIL, 1999; MELO; MIRANDA; DURIGAN, 2007; SUGANUMA; DURIGAN, 2015).

O rápido aumento da cobertura de copa, ao limitar a incidência de luz sobre o solo, age diretamente na restauração pois auxilia no controle da matocompetição (GUILHERME, 2000). De acordo com Suganuma e Durigan (2015), por apresentar mudanças evidentes com a idade, é um indicador adequado para os primeiros 10 anos do processo de restauração.

Em dezembro de 2010, o Projeto de Recuperação de Matas Ciliares promoveu um workshop que resultou em uma matriz de indicadores universais para o monitoramento de áreas em recuperação. Quanto ao indicador cobertura do solo, mensurada pela cobertura de copa, o valor considerado adequado para o período de 5 e de 10 anos é acima de 80% da área coberta (UEHARA; GANDARA, 2011), corroborando com o estabelecido na Resolução SMA n° 32/2014. Bellotto et al. (2009) sugerem como aceitável uma cobertura de 100% da área após três anos. Valores inferiores são considerados preocupantes, sendo que abaixo de 70% seriam necessárias ações corretivas imediatas.

A cobertura de copa pode ser mensurada sob diferentes métodos, como fotos hemisféricas, densitômetros e interceptação de linha, os quais apresentam resultados distintos. Deve-se padronizar o método para fins de comparação e acompanhamento do projeto de restauração (SUGANUMA; DURIGAN, 2015).

Considerando que o processo de sucessão florestal se inicia pelo recobrimento do solo por espécies herbáceas, sugere-se neste trabalho que seja avaliado o indicador cobertura do solo incluindo também os indivíduos herbáceos nativos, além dos arbustivos e arbóreos, utilizando-se para mensuração o método de interceptação em linha, semelhante ao estabelecido pelas normativas dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, por se tratar de um método de simples aplicação, para o qual não são necessários instrumentos tecnológicos específicos, além de permitir a padronização, possibilitando futura comparação de resultados entre projetos dentro das formações florestais.

A avaliação do indicador cobertura do solo pelo analista do órgão ambiental em campo pode ser feita rapidamente por uma estimativa visual, observando-se a existência de pontos de erosão e de solo descoberto. Os dados quantitativos levantados pelo responsável técnico serão avaliados comparativamente ao longo do monitoramento, permitindo uma visão temporal do processo de sucessão e o estabelecimento de uma trajetória de desenvolvimento da restauração.

Outro indicador de estrutura, a cobertura de gramíneas exóticas invasoras interfere negativamente não só no desenvolvimento das mudas plantadas, como também no estabelecimento dos indivíduos regenerantes, indicando a necessidade de intervenções na fase de implantação do projeto de restauração (BELLOTTO et al., 2009).

Segundo Motta (2016) a ausência de vegetação nativa apresenta relação direta com a presença de espécies exóticas, cujo desenvolvimento é favorecido pela ausência de sombreamento inicial na área em restauração. Muitas das áreas em processo de restauração florestal sofreram processos erosivos que retiraram as camadas de nutrientes e o banco de sementes de espécies nativas do solo, estando suscetíveis ao estabelecimento de espécies exóticas, principalmente gramíneas invasoras, as quais limitam a cobertura do solo, a diversidade e a densidade de espécies regenerantes nativas.

O indicador cobertura de gramíneas exóticas apresenta relação inversa à cobertura do solo por nativas, retratando a competição com as mudas plantadas e com a regeneração natural, o que dificulta o processo de sucessão natural. Permite ainda a proposição de ações corretivas

no sentido de aumentar o sombreamento com nativas e controlar o desenvolvimento de espécies exóticas invasoras. A coleta de dados pode ser realizada pelo mesmo método da cobertura do solo, inclusive por meio de uma avaliação concomitante, reduzindo custos e tempo necessário ao monitoramento. A avaliação pelo órgão ambiental em campo pode facilmente ser realizada por estimativa visual, a fim de confirmar os dados apresentados e levantar a necessidade de ações corretivas.

O segundo atributo a ser considerado é a biodiversidade, que pode ser representada por aspectos de composição e de riqueza de espécies (SER, 2004). Geralmente, a recuperação da diversidade é medida pela riqueza de espécies vegetais, mas podem ser avaliados outros grupos, como a fauna por exemplo. A maioria dos estudos, entretanto, avalia somente um grupo de organismos, podendo ou não classificar as espécies em grupos funcionais (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Suganuma e Durigan (2015) sugerem como bons indicadores da recuperação da biodiversidade as variáveis baseadas na riqueza de espécies vegetais, cuja medição pode ser realizada por morfoespécies, não exigindo identificação botânica.

A diversidade de espécies dentro dos diferentes grupos funcionais representa uma medida indireta da resiliência do ecossistema, já que múltiplas espécies atuando de forma semelhante proporcionam ao ecossistema maior capacidade de manutenção em resposta a mudanças ambientais, ou seja, a sustentabilidade do ecossistema depende da recuperação da composição de espécies de todos os grupos funcionais (PETERSON; ALLEN; HOLLING, 1998; SER, 2004).

Um dos indicadores de diversidade nos grupos funcionais é a classificação das espécies de acordo com os grupos sucessionais em pioneiras, secundárias iniciais e tardias e climáticas, demonstrando o processo de sucessão na área em restauração. Visualmente, a avaliação em campo pelo órgão ambiental pode ser realizada mediante observação da estratificação e da presença de diferentes formas de vida, que surgem conforme o desenvolvimento do ecossistema florestal.

A presença de estratos na área restaurada indica elevada diversidade vegetal, não devendo se restringir somente ao estrato arbustivo-arbóreo, visto que os componentes florestais são interdependentes, e é imprescindível a presença de outras formas de vida vegetal, como lianas, epífitas e herbáceas, para o restabelecimento da estrutura e dinâmica florestal natural de florestas tropicais (BELLOTTO et al., 2009; SOUZA; BATISTA, 2004). Segundo Bellotto et al. (2009), as formas de vida vegetal não arbórea compõem até mais de 50% da riqueza de espécies vegetais das florestas tropicais.

A presença de diferentes formas de vida não inseridas em projetos de restauração indica a resiliência e o potencial de regeneração da área. É um indicador de fácil aplicação, porém de desenvolvimento tardio, por volta de 10 anos após a implantação do projeto, e pode ser substituído pelo indicador fitofisionomia, que não depende de identificação botânica e retrata indiretamente a diversidade florística da vegetação na área em processo de restauração (DURIGAN, 2011).

Como terceiro atributo a se destacar, os processos ecológicos expressam dados de resiliência do ecossistema restaurado, porém dificilmente são avaliados pois apresentam resposta mais lenta se comparados aos atributos de diversidade ou estrutura da vegetação, o que exige avaliações periódicas, geralmente mais onerosas e demoradas. Os indicadores de processos ecológicos mais utilizados são as interações biológicas, como a presença de micorrizas, herbivoria, dispersão, seguidos pela reserva de nutrientes e pela matéria orgânica do solo, com indicadores como chuva de sementes, banco de sementes no solo e acúmulo de serapilheira (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). A serapilheira, como indicador de acúmulo de matéria orgânica, pode representar também alta mortalidade de indivíduos vegetais, além disso é influenciada por fatores ambientais diversos, não sendo considerada um bom indicador (DURIGAN, 2011).

Além da diversidade vegetal, o restabelecimento da fauna nativa é importante nos processos de polinização e dispersão de espécies vegetais, auxiliando na reconstrução da dinâmica ecológica. Essa análise, entretanto, apresenta resultado a longo prazo e de forma mais onerosa em relação a outros indicadores (BELLOTTO et al., 2009).

A oferta de recursos para a fauna, como néctar, pólen e frutos, propicia sua interação com a vegetação, atuando no sucesso da restauração. Como indicadores podem ser utilizados os dados de fenologia, como floração e frutificação das espécies, que indicam ciclos anuais de reprodução das plantas, obtidos por dados secundários ou caracterização em campo após dois a três anos de restauração (BELLOTTO et al., 2009).

A presença de espécies do entorno na regeneração natural e a caracterização das síndromes de dispersão refletem o resgate da biodiversidade vegetal, essencial para a sustentabilidade de áreas restauradas, indicando a ocorrência de processos ecológicos pela atuação da fauna de dispersores, e a importância das áreas restauradas na formação de corredores ecológicos na matriz da paisagem (SILVA, 2003 apud BELLOTTO et al., 2009).

Diante da importância da interação da fauna com a vegetação na área de restauração, propõe-se como indicador a zoocoria, representando a atuação da fauna, que pode ser determinada na etapa de monitoramento pela classificação da síndrome de dispersão das espécies regenerantes. A análise expedita pelo órgão ambiental em campo pode se deter na observação de atrativos de fauna, como a disponibilidade de flores e frutos, e na própria presença de animais e seus vestígios, sinalizando seu retorno à área.

Por último, a regeneração natural é um dos indicadores mais eficientes na avaliação do sucesso da restauração, sendo determinante no processo de sucessão florestal, pois representa o estoque de diversidade da vegetação que irá formar a composição florística da área em recuperação, refletindo processos complexos da dinâmica florestal, como floração e frutificação, dispersão de sementes, germinação do banco de sementes do solo, recrutamento de espécies regenerantes e do entorno, permitindo avaliar o desenvolvimento das comunidades em restauração (BARBOSA; PIZO, 2006; BELLOTTO et al., 2009; SOUZA, 2014).

A regeneração natural representa a autossustentabilidade do ecossistema, ao ponto que indica que os indivíduos ultrapassaram barreiras de reprodução, dispersão e desenvolvimento para se estabelecerem (SUGANUMA; DURIGAN, 2015).

A análise qualitativa e quantitativa da regeneração natural fornece dados do estoque e distribuição da regeneração na comunidade vegetal, antecipando o desenvolvimento do ecossistema, e auxiliando, assim, na escolha das ações de manejo em direção à sustentabilidade da área (BELLOTTO et al., 2009; SILVA, 2017).

Segundo Suganuma e Durigan (2015), dentre os indicadores de regeneração natural, o melhor indicador de resiliência do ecossistema é a densidade dos indivíduos arbóreos regenerantes. Já para avaliar a recuperação da diversidade e manutenção das espécies, destaca-se, por sua previsibilidade e significado ecológico, a riqueza de espécies arbóreas regenerantes.

A densidade e a diversidade de regenerantes nativos são indicadores de estrutura e composição da vegetação, respectivamente, e retratam processos de sucessão florestal. Como método de coleta dos dados no monitoramento pode-se realizar a contagem dos indivíduos e espécies no espaço amostral. Paralelamente, a avaliação em campo pelo órgão ambiental pode ser realizada de maneira simplificada mediante verificação da necessidade de replantio ou adensamento, para o indicador de densidade, e pela riqueza aparente pela contagem de morfoespécies, para a diversidade de regenerantes.

Ruiz-Jaen e Aide (2005) sugerem que pelo menos dois indicadores em cada um desses atributos de funcionamento do ecossistema – estrutura, diversidade e processos ecológicos –



devem ser incorporados na avaliação do sucesso da restauração, sendo os indicadores variáveis de acordo com o ecossistema e os objetivos do projeto.

Considerando os indicadores mais utilizados apontados pela literatura e pertinentes no diagnóstico do sucesso da recuperação, e aqueles exigidos pelas normativas dos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, a tabela 6 apresenta uma proposta de indicadores selecionados para uma análise prática e objetiva da recuperação. Os indicadores foram classificados de acordo com o atributo por eles avaliado e foram sugeridos métodos de coleta de dados pelo responsável técnico e forma diferenciada de avaliação pelo órgão ambiental.

Essa diferenciação entre os métodos se faz necessária pois compete ao órgão ambiental realizar a análise dos resultados do monitoramento para atestar a recuperação, enquanto a coleta de dados é atribuição do profissional responsável pela execução do projeto. A principal diferença entre as metodologias está na forma de medir ou obter o dado no campo. A coleta de dados é realizada através da mensuração dos indivíduos dentro da parcela, já na avaliação pelo órgão ambiental a obtenção dos dados ocorre no ponto de observação.

Ambas metodologias, porém, têm como objetivo sistematizar a análise dos projetos de restauração florestal, diminuindo a subjetividade na avaliação e disponibilizando ferramentas de apoio à tomada de decisão pelos Técnicos e Analistas Ambientais envolvidos no acompanhamento de projetos vinculados aos processos administrativos do órgão ambiental.

Difícilmente serão definidos indicadores de uso universal, portanto, deve-se estabelecer indicadores adequados a cada situação e ambiente a ser recuperado, considerando ainda a dimensão temporal (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005).

A escolha predominante de indicadores quantitativos de vegetação deve-se à obtenção de dados precisos e à análise dos resultados de forma mais objetiva.

Tabela 6 – Proposta de indicadores para monitoramento da recuperação no estado de Santa Catarina.

<b>Indicador</b>	<b>Atributo avaliado</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Método de coleta de dados pelo responsável técnico</b>	<b>Avaliação em campo pelo órgão ambiental</b>
Fatores de degradação	Estrutura	Presença de aspectos danosos: erosão, pastoreio, fogo, espécies invasoras	Presença/ Ausência	Verificação visual	Verificação visual
Cobertura do solo	Estrutura	Cobertura do solo por espécies nativas arbóreas, arbustivas e herbáceas	%	Projeção das espécies nativas sobre linha	Estimativa visual
Cobertura de gramíneas invasoras	Estrutura	Cobertura de gramíneas exóticas invasoras, caracteriza competição com as mudas	%	Cobertura de gramíneas exóticas invasoras na linha central da parcela	Estimativa visual da matocompetição
Densidade de Regenerantes	Estrutura e Processos ecológicos	Número de indivíduos regenerantes nativos de espécies arbustivas ou arbóreas por hectare	ind./ha	Contagem do número de indivíduos nativos regenerantes na parcela	Estimativa visual da necessidade de replantio
Diversidade de Regenerantes	Composição e Processos ecológicos	Número de espécies arbustivas e arbóreas de regenerantes nativos nas parcelas	-	Contagem das espécies	Riqueza aparente (contagem das morfoespécies)
Zoocoria	Composição e processos ecológicos	Determinação da síndrome de dispersão (zoocoria, anemocoria, hidrocoria, barocoria)	%	Identificação botânica dos indivíduos regenerantes e classificação da síndrome de dispersão	Atrativos de fauna (disponibilidade de flores e frutos)
Grupos sucessionais	Composição	Determinação dos grupos sucessionais (pioneiras, secundárias iniciais e tardias, climácicas)	%	Classificação dos indivíduos regenerantes nos grupos sucessionais	Estratificação e presença de outras formas de vida

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 10.4.3 Itens mínimos para o monitoramento de projetos de restauração florestal

Diante dessa proposta de indicadores, sugere-se que alguns itens específicos para a etapa de monitoramento sejam incorporados à Instrução Normativa nº 16 do IMA, referente à recuperação de áreas degradadas, de modo a tornar a análise dos resultados da recuperação mais objetiva, de fácil comparação e acompanhamento.

Inicialmente, o relatório de monitoramento deverá apresentar as informações gerais de identificação do requerente e do responsável técnico, além de informações sobre o imóvel em análise.

Especificamente sobre a realização do monitoramento, propõe-se os seguintes itens mínimos:

1. O acompanhamento e manutenção do projeto devem ser contínuos, a fim de identificar a necessidade de intervenções e executar ações corretivas.
  - A avaliação contínua do processo de restauração permite que sejam tomadas decisões imediatas para o adequado desenvolvimento do projeto, reduzindo custos com replantio, entre outras ações.
2. O monitoramento deve ser realizado anualmente, com apresentação de relatórios contemplando o desenvolvimento do projeto neste período e atendendo aos itens a seguir.
  - Apesar do acompanhamento contínuo do projeto, sugere-se uma coleta anual de dados para monitoramento. Períodos menores podem não apresentar evolução nos resultados e, além disso, oneram tanto o executor do projeto quanto a equipe de análise do órgão ambiental com alta demanda de processos.
3. Descrição visual da vegetação preexistente na área, estratificação, serapilheira, formas de vida, presença de espécies ameaçadas de extinção e endêmicas, estabilidade do solo, atrativos de fauna, presença de fauna, entre outros.
  - Possibilita uma avaliação geral da área no aspecto de paisagem e o acompanhamento do restabelecimento dos processos ecológicos no decorrer da restauração.

4. Selecionar ecossistema de referência preservado, se possível próximo à área do projeto, a ser utilizado como modelo de trajetória a ser seguida.
  - Apesar de dificilmente a área atingir um ponto final idêntico ao ecossistema de referência, alguns aspectos seguirão trajetória semelhante e poderão indicar o desenvolvimento satisfatório da recuperação ou a necessidade de ações para adequação do projeto.
5. Estabelecer para o ecossistema de referência os índices dos indicadores elencados no item 6. Deverá ser realizado no início do projeto para definir o objetivo a ser alcançado.
  - Seguindo o mesmo entendimento do item anterior, ao se definir os índices a serem alcançados é possível avaliar o atendimento ao objetivo inicialmente estabelecido para a restauração.
6. Avaliação da área do projeto por meio dos indicadores:
  - a. Fatores de degradação: presença de plantas invasoras, erosão, pastoreio, fogo.
  - b. Cobertura do solo (%): cobertura do solo por espécies nativas arbóreas, arbustivas e herbáceas.
  - c. Cobertura de gramíneas exóticas invasoras (%): estimativa da cobertura de gramíneas exóticas invasoras.
  - d. Densidade de regenerantes nativos (ind./ha): número de indivíduos nativos regenerantes de espécies lenhosas (arbustivas ou arbóreas) por hectare.
  - e. Diversidade de regenerantes nativos: número de espécies lenhosas de regenerantes nativos.
  - f. Zoocoria (%): identificação da síndrome de dispersão dos indivíduos regenerantes.
  - g. Grupos sucessionais: classificação dos grupos sucessionais dos indivíduos regenerantes.
  - Busca-se, por meio de indicadores quantitativos e qualitativos, uma avaliação mais objetiva e impessoal do sucesso da restauração. Sugere-se a aplicação dos indicadores discutidos neste trabalho no tópico 10.4.2 e elencados acima.
7. Os indicadores são propostos para avaliação de formação florestal, podendo ser adaptados para as demais tipologias de vegetação.

- Os indicadores foram selecionados com base em trabalhos de restauração florestal, sendo que para outras tipologias vegetais, como restinga, mangue, campos, será necessária uma adaptação, avaliando a aplicabilidade e metodologia a ser utilizada para sua mensuração.
8. Comprovação de suficiência amostral.
    - Deverá comprovar suficiência amostral para os indicadores solicitados no item 6 para que eles possam representar a área em restauração como um todo.
  9. Sugere-se que o monitoramento seja realizado em parcelas permanentes, devendo ser justificado caso o técnico responsável entenda que não é viável.
    - A aplicação de parcelas permanentes permite avaliar o progresso da sucessão ao longo do período de monitoramento, solicitado no item a seguir.
  10. Avaliar o desenvolvimento da recuperação em relação aos monitoramentos anteriores, discorrendo sobre as alterações positivas e negativas observadas.
    - Avaliação crítica do processo de recuperação da área, a fim de identificar a variação ao longo do tempo.
  11. Indicar fatores críticos que podem comprometer a restauração.
    - A fim de eliminar esses fatores, mitigá-los ou propor adequações.
  12. Apresentar discussão se as medidas adotadas para a recuperação estão sendo efetivas, e caso estas não tenham atingido as expectativas deverá propor ações corretivas.
    - Avaliação técnica dos resultados da restauração perante a metodologia aplicada.
  13. Indicar as ações previstas para garantir o sucesso da restauração.
    - Para continuidade do processo de restauração de maneira adequada.
  14. Incluir mapa georreferenciado do projeto em formato shapefile, plotando a área em recuperação e os pontos de monitoramento.
    - Necessário à correta delimitação do projeto e seu acompanhamento.
  15. Relatório fotográfico.

- Para avaliação do desenvolvimento da vegetação ao longo do tempo. A utilização de fotografias dos mesmos pontos e ângulos permite uma melhor comparação entre os diferentes momentos do monitoramento.
16. Cronograma de ações necessárias à continuidade do projeto.
- Estabelece prazos para a execução e obtenção de resultados de medidas de adequação e corretivas.
17. O período de monitoramento será definido conforme o desenvolvimento da recuperação da área por intermédio dos indicadores, até que se alcance os objetivos propostos, sendo de, no mínimo, 3 anos.
- A restauração não é um processo estático e definido, assim como o período necessário ao alcance de resultados satisfatórios. O mínimo de 3 anos acompanha o prazo determinado na Instrução Normativa, além de corresponder à fase anterior à de vegetação formada.
18. A comprovação da efetiva recuperação da área somente será considerada quando a vegetação apresentar capacidade de sobrevivência contra a matocompetição, e atingir características próximas do ecossistema de referência.
- Esse aspecto refere-se à autossustentabilidade e resiliência do ecossistema em manter seu desenvolvimento na trajetória da restauração.

Trata-se de uma minuta de itens mínimos a serem incorporados na Instrução normativa com fins de monitoramento. Assim, devem ser discutidos pelo setor competente para possível implantação e exigência junto aos projetos de restauração avaliados pelo órgão estadual do meio ambiente de Santa Catarina.

O estado de Santa Catarina carece também de valores de referência a serem atingidos pelos indicadores nas áreas em recuperação ao longo da etapa de monitoramento. A formação de um banco de dados dos monitoramentos realizados junto aos processos de recuperação pode ser uma ferramenta nessa direção.

## 11 CONSIDERACOES FINAIS

O estado de Santa Catarina não possui legislação ambiental que estabeleça diretrizes de avaliação e monitoramento da recuperação de áreas degradadas. Os indicadores propostos pela Resolução SMA n° 32/2014, do estado de São Paulo, mostraram-se aplicáveis para o monitoramento e avaliação do processo de restauração, visto que compreendem atributos essenciais de estrutura, composição e processos ecológicos, que expressam a resiliência e sustentabilidade do ecossistema, podendo ser aplicados em Santa Catarina. No entanto, valores de referência específicos para o estado devem ser estabelecidos, a fim de retratar de maneira mais fidedigna a realidade das formações florestais locais.

A análise dos dados de campo evidenciou que áreas de restauração o mais homogêneas possível devem ser tratadas dentro de um mesmo projeto, diferentemente do proposto pela Resolução SMA n° 32/2014, em que mesmo áreas descontínuas seriam avaliadas conjuntamente se tivessem a mesma formação vegetal, sem considerar outros aspectos como idade, metodologia de restauração, distância de remanescentes florestais, características abióticas do solo e existência de fluxos bióticos entre as áreas.

Avaliar áreas divergentes em uma mesma amostragem pode mascarar áreas pouco recuperadas, pois os resultados dos índices calculados referem-se a valores médios. Tal fato foi constatado mediante as análises das parcelas de campo como um projeto único e, adicionalmente, de forma isolada, em que muitas parcelas apresentavam índices não satisfatórios, apesar do resultado médio indicar uma recuperação adequada.

Normatização específica para monitoramento da recuperação de áreas degradadas foi identificada para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, para os quais as Resoluções SMA n° 32/2014 e INEA n° 143/2017, respectivamente, preveem indicadores e valores de referência a serem aplicados conforme a formação florestal da área. Ambas normativas elencaram essencialmente indicadores dos atributos estrutura e composição, alguns dos quais também são enquadrados em processos ecológicos. O estado da Bahia possui um Guia Técnico para Recuperação de Vegetação em Imóveis Rurais, porém tal documento não tem força de legislação, devendo ser usado como ponto inicial para discussão do monitoramento.

A intensidade amostral é outro aspecto a ser considerado na avaliação das áreas em recuperação. Diferentemente do estabelecido nessas resoluções, sugere-se que a amostragem seja realizada em um percentual da área, não sendo limitado a um número fixo de parcelas.

Considerando os indicadores propostos na literatura científica e aqueles previstos nas resoluções, foram selecionados como indicadores adequados para avaliação da restauração florestal: a cobertura de solo, a cobertura de gramíneas invasoras, densidade e diversidade de regenerantes nativos (indicando a regeneração natural), zoocoria, classificação em grupos sucessionais e existência de fatores de degradação. A escolha incluiu os três atributos considerados essenciais, estrutura, composição e processos ecológicos, e baseou-se na facilidade de obtenção dos dados e representatividade na automanutenção do ecossistema. Tais indicadores retratam, ainda, a maioria dos atributos-chave definidos pela Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica para o sucesso da restauração.

A proposta de indicadores de monitoramento para recuperação de áreas degradadas permite uma padronização das análises pelos técnicos analistas do órgão ambiental, reduzindo a subjetividade inerente às experiências individuais. A seleção de indicadores quantitativos auxilia nessa questão pois agrega objetividade à coleta e análise dos resultados. A proposta pretende, assim, fornecer subsídios mínimos para a análise de uma área em restauração baseada nas condições encontradas em campo.

Os indicadores propostos são aplicáveis a formações florestais, podendo, entretanto, ser adaptados para outras tipologias de vegetação (restinga, manguezal, campos).

A etapa de monitoramento é essencial para a avaliação do processo de restauração. Assim, sugere-se a inclusão de itens mínimos específicos sobre o monitoramento na Instrução Normativa nº 16 do IMA, referente à recuperação de áreas degradadas. Os itens e indicadores propostos neste trabalho, dispostos resumidamente no apêndice C em forma de anexo à normativa, deverão ser encaminhados para discussão ao setor responsável no órgão, a fim de viabilizar sua aplicação nos projetos de recuperação implantados no estado.

A definição de valores de referência do sucesso da restauração para o estado de Santa Catarina pode ser viabilizada mediante levantamento e análise dos dados de campo dos projetos executados no estado. Para isso, sugere-se a implantação de um sistema informatizado que permita o registro do monitoramento e o acompanhamento das iniciativas e projetos de restauração ecológica, contribuindo no trabalho dos técnicos analistas do órgão ambiental.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Danilo Sette de. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 2. ed. Ilhéus: Editus, 2006.
- ALMEIDA, Danilo Sette de. Legislação básica aplicada à recuperação ambiental. In: \_\_\_\_\_. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3. ed. rev. amp. Ilhéus, BA: Editus, 2016, p. 32-39.
- ALMEIDA, Raquel Olímpia Peláez Ocampo; SÁNCHEZ, Luis Enrique. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p.47-54, 2005.
- ANDRADE, Gilberto Fugimoto de. **Proposta metodológica de indicadores para recuperação de áreas degradadas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1303.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- ANDREASEN, James K. et al. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.21-35, 2001.
- BARBOSA, Rildo Pereira. **Avaliação de risco e impacto ambiental**. São Paulo: Erica, 2014.
- BARBOSA, Karina C.; PIZO, Marco A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restoration Ecology**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.504-515, 2006.
- BELLOTTO, Andrezza et al. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; BRANCALION, Pedro Henrique Santin; ISERNHAGEN, Ingo. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**. São Paulo: Lerf/esalq: Instituto Bioatlântica, p. 128-146, 2009.
- BRANCALION, Pedro Henrique Santin et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, Sebastião Venâncio (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012.
- BRANCALION, Pedro Henrique Santin; GANDOLFI, Sergius; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 nov. 2008. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.651, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. Medida Provisória nº 2166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei n. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural – ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 ago. 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/MPV/2166-67.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm)>. Acesso em: 24 fev. 2018.

CHAVES, Rafael B. et al. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). **Restoration Ecology**, [s.l.], v. 23, n. 6, p. 754–759, 2015.

CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (Estado). Instrução normativa CPRH nº 004, de 04 de setembro de 2017. Dispõe sobre as definições atribuídas à CPRH no Programa de Regularização Ambiental do Estado de Pernambuco – PRA/PE, vinculado ao Cadastro Ambiental Rural – CAR, e dá outras providências. Recife, Pernambuco: **Diário Oficial do Estado**, 07 set. 2017. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/Instrucao%20Normativa%20CPRH%2004\\_2017%20PORTAL.pdf;140609;20170915.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Instrucao%20Normativa%20CPRH%2004_2017%20PORTAL.pdf;140609;20170915.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

DALE, Virginia H.; BEYELER, Suzanne C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.3-10, 2001.

DARONCO, Camila; MELO, Antônio Carlos Galvão de; DURIGAN, Giselda. Ecosistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n.3, p.485-498, 2013.

DELLASALA, Dominick. et al. A citizen's call for ecological forest restoration: forest restoration principles and criteria. **Ecological Restoration**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 14-23, 2003.

DUDLEY, Nigel. Impact of forest loss and degradation on biodiversity. In: MANSOURIAN, Stephanie; VALLAURI, Daniel; DUDLEY Nigel (Eds.). **Forest restoration in landscapes: beyond planting trees**. New York: Springer, p. 17-21, 2005a.

DUDLEY, Nigel. Identifying and using reference landscapes for restoration. In: MANSOURIAN, Stephanie; VALLAURI, Daniel; DUDLEY Nigel (Eds.). **Forest restoration in landscapes: beyond planting trees**. New York: Springer, p. 109-114, 2005b.

DURIGAN, Giselda. O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. In: UEHARA, Thiago Hector Kanashiro; GANDARA, Flávio Bertin (Orgs.). **Cadernos da Mata Ciliar: Monitoramento de áreas em recuperação**. São Paulo: SMA, n. 4, p. 11-29, 2011.

EHRENFELD, Joan G. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. **Restoration Ecology**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 2-9, mar. 2000.

FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S.A. **A usina Foz do Chapecó**. [201-?]. Disponível em: <<http://www.fozdochapeco.com.br/usina/>>. Acesso em 17 dez. 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório anual de atividades 2017**. São Paulo: Fundação SOS, [2018]. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/10/AF\\_RA\\_SOSMA\\_2017\\_web.pdf](https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/10/AF_RA_SOSMA_2017_web.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **SOS Mata Atlântica lança estudo detalhado sobre o bioma em Santa Catarina**. 2018. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/106944/fundacao-sos-mata-atlantica-lanca-estudo-detalhado-sobre-situacao-bioma-em-santa-catarina>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: relatório técnico período 2017-2018**. São Paulo: Fundação SOS, 2019.

GUILHERME, Frederico Augusto Guimarães. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília, DF. **Cerne**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 60-66, 2000.

HIGGS, Eric S. What is good ecological restoration?. **Conservation biology**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 338-348, 1997.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação**. [s.l.]: IBGE, 2004. 1 mapa. Escala 1:5.000.000.

Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/mapa\\_de\\_aplicao\\_da\\_lei\\_11428\\_mata\\_atlantica.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/mapa_de_aplicao_da_lei_11428_mata_atlantica.pdf)>. Acesso em: 09 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Mapa da Área de Aplicação da Lei Federal nº 11.428/2006**. [s.l.]: IBGE, 2012. 1 mapa. Escala 1:5.000.000. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/mapa\\_de\\_aplicao\\_da\\_lei\\_11428\\_mata\\_atlantica.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/mapa_de_aplicao_da_lei_11428_mata_atlantica.pdf)>. Acesso em: 09 mar. 2018.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução normativa nº. 4, 13 de abril de 2011. Brasília, DF:

**Diário Oficial da União**, 14 abr. 2011. Disponível em:

<<https://futurelegis.com.br/legislacao/65081/Instru%C3%A7ao-Normativa-Ibama-N%C2%BA-04-de-13-04-2011>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

IEMA – INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

(Estado). Instrução Normativa IEMA nº 17, 06 de dezembro de 2006. Institui Termo de Referência com o objetivo de estabelecer critérios técnicos básicos e oferecer orientação para elaboração de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRADs, visando a restauração de ecossistemas. [s.l.; s.n.]. Disponível em:

<<https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/GRN/Core/IN%20n%2017-2006.pdf>>.

Acesso em: 28 ago. 2018.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (Estado). Resolução INEA nº 143, de 14 de junho de 2017. Institui o sistema estadual de monitoramento e avaliação da restauração florestal (SEMAR) e estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre elaboração, execução e monitoramento de projetos de restauração florestal no estado do rio de janeiro. Rio de Janeiro, RJ: **Diário Oficial do Estado**, 12 jul. 2017, n. 127, p. 17-23. Disponível em: <[https://docs.wixstatic.com/ugd/3c5cc7\\_8826e403a15641c4b843acd703d846ad.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/3c5cc7_8826e403a15641c4b843acd703d846ad.pdf)> Acesso em: 28 ago. 2018.

ISERNHAGEN, Ingo et al. Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; BRANCALION, Pedro Henrique Santin; ISERNHAGEN, Ingo. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Lerf/esalq: Instituto Bioatlântica, p. 87-127, 2009.

JENNINGS, Stephen B.; BROWN, N.D.; SHEIL, Douglas. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, v.72, n.1, p.59-73, 1999.

KEENLEYSIDE, Karen et al (Eds.). **Ecological restoration for protected areas: principles, guidelines and best practices**. Gland, Switzerland: IUCN, 2012.

KENTULA, Mary E. Perspectives on setting success criteria for wetland restoration. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 15, n. 3-4, p.199-209, 2000.

LEWIS, Roy. R. Wetlands restoration/creation/enhancement terminology: suggestions for standardization. In: KUSLER, John A.; KENTULA, Mary E. (Eds.). **Wetland creation and restoration: the status of the science**. [s.l.]: EPA, v. 2, p. 1-3, 1989.

MCDONALD, Tein et al. **Padrões internacionais para a prática da restauração ecológica – incluindo princípios e conceitos chaves**. 1. ed. Washington, DC: Society for Ecological Restoration, 2016.

MELO, Antônio Carlos Galvão de; DURIGAN, Giselda. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, [s.l.], n. 71, p. 149-154, 2006.

MELO, Antônio Carlos Galvão de; MIRANDA, Dirceu Lúcio Carneiro de; DURIGAN, Giselda. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 321-328, 2007.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**. 10. ed. rev. atual. amp. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <<http://www.more.ufsc.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

MOTTA, Max Lima e. **Critérios para avaliação da restauração da vegetação ciliar em laudos periciais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Perícias Criminais Ambientais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/176639/345694.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

MOURA, Ciro José Ribeiro de et al. **Manual de procedimentos para o monitoramento e avaliação de áreas em Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro**: versão 1.1. Rio de Janeiro: INEA, 2017.

O'CONNOR, Sheila; SALAFSKY, Nick; SALZER, Dan. Monitoring Forest Restoration Projects in the Context of an Adaptive Management Cycle. In: MANSOURIAN, Stephanie; VALLAURI, Daniel; DUDLEY Nigel (Eds.). **Forest restoration in landscapes: beyond planting trees**. New York: Springer, p. 145-149, 2005.

OLIVEIRA, Renata Evangelista de; ENGEL, Vera Lex. Indicadores de monitoramento da restauração na Floresta Atlântica e atributos para ecossistemas restaurados. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 13, n. 12, p.1-13, 2018.

PETERSON, Garry; ALLEN, Craig R.; HOLLING, C. S. Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. **Ecosystems**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.6-18, 1998.

RESTAURAÇÃO FLORESTAL FLUMINENSE. **Inea institui o sistema estadual de monitoramento e avaliação da restauração florestal**. 2017. Disponível em: <<https://www.restauracaoflorestalrj.org/post/2017/07/14/inea-institui-o-sistema-estadual-de-monitoramento-e-avalia%C3%A7%C3%A3o-da-restaura%C3%A7%C3%A3o-florestal>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro, GANDOLFI, Sergius. Restoration actions. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; MARTINS, Sebastião Venâncio; GANDOLFI, Sergius (Eds.). **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2007. p. 77-101.

RODRIGUES, Ricardo R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 142, n. 6, p.1242-1251, 2009.

RUIZ-JAEN, Maria C.; AIDE, T. Mitchell. Restoration Success: How Is It Being Measured?. **Restoration Ecology**, [s.l.], v. 13, n. 3, p.569-577, 2005.

SILVA, Marília Isabelle Oliveira. **Avaliação ecológica de áreas ciliares em processo de restauração florestal na Zona da Mata Norte, Pernambuco**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/7403/2/Marilia%20Isabelle%20Oliveira%20da%20Silva.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

SCHORN, Lauri Amândio et al. Síntese da estrutura dos remanescentes florestais em Santa Catarina. In: VIBRANS, et al. (Eds.). **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: diversidade e conservação dos remanescentes florestais**. Blumenau: Edifurb, v. 1, 2012. p. 125-140.

SER – SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SEMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA BAHIA; INEMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS; TNC BRASIL – THE NATURE CONSERVANCY. **Guia técnico para a recuperação de vegetação de imóveis rurais no estado da Bahia**. Salvador: SEMA, 2017.

SMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (Estado). Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. São Paulo, SP: **Diário Oficial do Estado**, 05 abr. 2014. Seção 1, p. 36-37. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2019/05/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-n%C2%BA-32-2014.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

SMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (Estado). Portaria CBRN 01/2015. Estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. São Paulo, SP: **Diário Oficial do Estado**, 17 jan. 2015. Seção 1, p. 45-46. Disponível em <[http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/2015\\_1\\_15\\_Procotolo\\_monitoramento\\_restauracao\\_vfinal.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/2015_1_15_Procotolo_monitoramento_restauracao_vfinal.pdf)> Acesso em: 28 ago. 2018.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira. **Impacto da revisão do Código Florestal: como viabilizar o grande desafio adiante**. Brasília: Secretaria de Assuntos Estratégicos, 2013.

SOARES-FILHO, Britaldo et al. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

SOUZA, Luciana Maria de. **A regeneração natural como indicador de sustentabilidade em áreas em processo de restauração**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4797/1/TESE%20Regenera%C3%A7%C3%A3o%20natural%20como%20indicador%20de%20sustentabilidade%20em%20%C3%A1reas%20em%20processo%20de%20restaura%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SOUZA, Flaviana Maluf de; BATISTA, João Luís Ferreira. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology And Management**, [s.l.], v. 191, n. 1-3, p.185-200, 2004.

STANTURF, John A. What is forest restoration. In: \_\_\_\_\_. **Restoration of boreal and temperate forests**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, p. 3-11, 2005.

STANTURF, John A.; PALIK, Brian J.; DUMROESE, R. Kasten. Contemporary forest restoration: a review emphasizing function. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 331, p.292-323, 2014.

SUGANUMA, Marcio S.; DURIGAN, Giselda. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration Ecology**, [s.l.], v. 23, n. 3, p.238-251, 2015.

UEHARA, Thiago Hector Kanashiro; GANDARA, Flávio Bertin (Orgs.). **Cadernos da Mata Ciliar: Monitoramento de áreas em recuperação**. São Paulo: SMA, n. 4, 2011.

URBANSKA, Krystyna M.; WEBB, Nigel R.; EDWARDS, Peter J (Eds.). Why restoration. In : \_\_\_\_\_. **Restoration ecology and sustainable development**, Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, p. 3-7, 1997.

VALLAURI, Daniel et al. Monitoring and Evaluating Forest Restoration Success. In: MANSOURIAN, Stephanie; VALLAURI, Daniel; DUDLEY Nigel (Eds.). **Forest restoration in landscapes: beyond planting trees**. New York: Springer, p. 150-156, 2005.

YOUNG, Truman P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 92, p. 73–83, 2000.

ZEDLER, Joy B. Success: An Unclear, Subjective Descriptor of Restoration Outcomes. **Ecological Restoration**, [s.l.], v. 25, n. 3, p.162-168, 2007.



**APÊNDICE A – Dados obtidos em campo para o convênio com a Prefeitura de Chapecó**

Tabela 7 – Valores obtidos em campo – CHAPECÓ

(continua)

<b>Parcela</b>	<b>Cobertura do solo (%)</b>	<b>Diversidade (nº espécies)</b>	<b>Densidade (indivíduos/ha)</b>
1	56	16	9700
2	100	16	6400
3	20	8	2000
4	30	7	2600
5	100	22	10600
6	100	12	12900
7	80	27	13900
8	80	8	4200
9	100	23	6300
10	100	18	6600
11	100	21	5200
12	8	3	300
13	8	3	4600
14	88	7	2900
15	92	7	8800
16	92	5	1100
17	92	18	6300
18	72	2	6400
19	92	5	1300
20	28	11	5500
21	100	28	7700
22	100	2	4700
23	100	13	4800
24	38	3	2700
25	100	3	4500
26	92	15	4300
27	100	5	3100
28	66	9	1600
29	76	8	6800
30	92	6	2300
31	88	7	4400
32	80	9	1700
33	100	17	4900
34	52	7	900
35	46	5	3500
36	64	11	4200
37	52	9	1300
38	64	2	1300
39	88	11	4200
40	88	12	3700

(conclusão)

<b>Parcela</b>	<b>Cobertura do solo (%)</b>	<b>Diversidade (n° espécies)</b>	<b>Densidade (indivíduos/ha)</b>
41	36	2	2700
42	88	9	2200
43	24	5	2900
44	100	6	2900
45	50	9	1900
46	80	9	2200
47	20	4	1300
48	100	23	8400
49	52	13	3200
50	68	4	4400
51	12	2	2800
52	100	8	5100
53	84	9	1600
54	20	7	1400
55	28	5	1600
56	52	7	1700
57	80	5	7000
58	28	3	900
59	80	8	2400
60	100	7	1300
Média das parcelas	70,4	9,4	4.135,0
Acumulado	-	79	-

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

**APÊNDICE B – Dados obtidos em campo para o convênio com a EPAGRI**

Tabela 8 – Valores obtidos em campo – EPAGRI

(continua)

<b>Parcela</b>	<b>Cobertura do solo (%)</b>	<b>Diversidade (n° espécies)</b>	<b>Densidade (indivíduos/ha)</b>
GT1	52	4	1400
GT2	76	3	400
GT3	96	13	2200
GT4	76	10	2800
GT5	52	8	2000
GT6	16	8	1300
GT7	100	7	2000
GT8	46	8	3900
GT9	100	6	2600
GT10	64	9	2300
CX1	88	14	4200
CX2	80	5	1600
CX3	24	5	600
CX4	48	6	700
CX5	32	4	500
CX6	68	3	1300
CX7	56	5	1100
CX8	100	10	3000
CX9	32	11	2400
CX10	80	8	2500
PA1	100	6	9000
PA2	74	11	4100
PA3	100	8	3100
PA4	100	16	5100
PA5	40	7	1100
PA6	54	6	3100
PA7	100	15	3500
PA8	100	8	3800
PA9	68	8	2200
PA10	100	13	9500
AC1	72	6	600
AC2	88	20	5100
AC3	80	8	3100
AC4	44	11	1300
AC5	100	9	2200
AC6	60	1	500
AC7	92	11	2600
AC8	100	21	7200
AC9	72	14	5700
AC10	24	2	300

(conclusão)

<b>Parcela</b>	<b>Cobertura do solo (%)</b>	<b>Diversidade (n° espécies)</b>	<b>Densidade (indivíduos/ha)</b>
CH1	80	8	1200
CH2	34	9	3300
CH3	60	2	1000
CH4	28	4	600
CH5	100	12	2900
CH6	78	6	2100
CH7	88	10	3400
CH8	80	11	4300
CH9	32	11	3900
CH10	100	20	5300
SC1	100	4	2200
SC2	100	11	3200
SC3	100	20	9400
SC4	100	15	4000
SC5	100	27	6100
SC6	80	20	7100
SC7	100	12	3800
SC8	20	9	2700
SC9	100	18	5000
SC10	100	13	2400
Média das parcelas	73,9	9,8	3096,7
Acumulado	-	86	-

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

**APÊNDICE C – Minuta de Anexo à Instrução Normativa nº 16 – Recuperação de áreas degradadas, sugerindo itens mínimos para monitoramento de área em restauração.**

**INFORMAÇÕES GERAIS:**

- a) Identificação do requerente (proprietário, empreendedor): Nome/Razão social, RG, CPF/CNPJ, Cadastro Ambiental Legal (Cadastro Técnico Federal – IBAMA/CTF/APP), endereço para correspondência, telefones e e-mail para contato.
- b) Identificação do Responsável Técnico: Número da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do(s) profissional(ais) habilitado(s) para a execução do PRAD, Cadastro Ambiental Legal (Cadastro Técnico Federal – IBAMA/CTF/AIDA), endereço para correspondência, telefones e e-mail para contato.
- c) Informações sobre o imóvel: Denominação do imóvel, descrição do documento de titularidade ou posse, área total do imóvel (ha), área total do projeto (ha), área total implantada (ha), descrição da vegetação existente no imóvel e uso atual do solo.

**MONITORAMENTO:**

1. O acompanhamento e manutenção do projeto devem ser contínuos, a fim de identificar a necessidade de intervenções e executar ações corretivas.
2. O monitoramento deve ser realizado anualmente, com apresentação de relatórios contemplando o desenvolvimento do projeto neste período e atendendo aos itens a seguir.
3. Descrição visual da vegetação preexistente na área, estratificação, serapilheira, formas de vida, presença de espécies ameaçadas de extinção e endêmicas, estabilidade do solo, atrativos de fauna, presença de fauna, entre outros.
4. Selecionar ecossistema de referência preservado, se possível próximo à área do projeto, a ser utilizado como modelo de trajetória a ser seguida.
5. Estabelecer para o ecossistema de referência os índices dos indicadores elencados no item 6. Deverá ser realizado no início do projeto para definir o objetivo a ser alcançado.
6. Avaliação da área do projeto por meio dos indicadores:
  - a. Cobertura do solo (%): cobertura do solo por espécies nativas arbóreas, arbustivas e herbáceas.

- b. Cobertura de gramíneas exóticas invasoras (%): estimativa da cobertura de gramíneas exóticas invasoras.
  - c. Densidade de regenerantes nativos (ind./ha): número de indivíduos nativos regenerantes de espécies lenhosas (arbustivas ou arbóreas) por hectare.
  - d. Diversidade de regenerantes nativos: número de espécies de regenerantes nativos.
  - e. Zoocoria (%): identificação da síndrome de dispersão dos indivíduos regenerantes.
  - f. Grupos sucessionais: classificação dos grupos sucessionais dos indivíduos regenerantes.
  - g. Fatores de degradação: presença de plantas invasoras, erosão, pastoreio, fogo.
7. Os indicadores são propostos para avaliação de formação florestal, podendo ser adaptados para as demais tipologias de vegetação.
  8. Comprovação de suficiência amostral.
  9. Sugere-se que o monitoramento seja realizado em parcelas permanentes, devendo ser justificado caso o técnico responsável entenda que não é viável.
  10. Avaliar o desenvolvimento da recuperação em relação aos monitoramentos anteriores, discorrendo sobre as alterações positivas e negativas observadas.
  11. Indicar fatores críticos que podem comprometer a restauração.
  12. Apresentar discussão se as medidas adotadas para a recuperação estão sendo efetivas, e caso estas não tenham atingido as expectativas deverá propor ações corretivas.
  13. Indicar as ações previstas para garantir o sucesso da restauração.
  14. Incluir mapa georreferenciado do projeto em formato shapefile, plotando a área em recuperação e os pontos de monitoramento.
  15. Relatório fotográfico.
  16. Cronograma de ações necessárias à continuidade do projeto.
  17. O período de monitoramento será definido conforme o desenvolvimento da recuperação da área por intermédio dos indicadores, até que se alcance os objetivos propostos, sendo de no mínimo 3 anos.
  18. A comprovação da efetiva recuperação da área somente será considerada quando a vegetação apresentar capacidade de sobrevivência contra a matocompetição, e atingir características próximas do ecossistema de referência.