



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

ROLF BATEMAN HIPPERTT HATJE

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E A DITADURA DA FLORESTA

CAMPINAS
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E A DITADURA DA FLORESTA

Tese apresentada ao Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Ambiente e Sociedade, na área Aspectos Sociais de Sustentabilidade e Conservação.

Orientador: THOMAS MICHAEL LEWINSOHN

Coorientador: ROBERTO LUIZ DO CARMO

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA
PELO ALUNO ROLF BATEMAN HIPPERTT
HATJE E ORIENTADA PELO PROF. DR.
THOMAS MICHAEL LEWINSOHN.



CAMPINAS

2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
Cecília Maria Jorge Nicolau - CRB 8/3387

B317r Bateman, Rolf, 1981-
A restauração ecológica e a ditadura da floresta / Rolf Bateman Hippertt Hatje. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Thomas Michael Lewinsohn.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

1. Restauração ecológica. 2. Mata Atlântica - Aspectos ambientais. 3. Cerrados - Brasil. 4. Biodiversidade - Brasil, Sul. I. Lewinsohn, Thomas Michael, 1952-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Ecological restoration and the dictatorship of the forest

Palavras-chave em inglês:

Ecological restoration

Atlantic Forest - Environmental aspects

Cerrados - Brazil

Biodiversity - Brazil, South

Área de concentração: Aspectos Sociais de Sustentabilidade e Conservação

Titulação: Doutor em Ambiente e Sociedade

Banca examinadora:

Thomas Michael Lewinsohn [Orientador]

Adriana Maria Zanforlin Martini

Carolina Bernucci Virillo

Giselda Durigan

Pedro Henrique Santin Brancalion

Data de defesa: 29-03-2016

Programa de Pós-Graduação: Ambiente e Sociedade



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado composta pelos Professores Doutores a seguir descritos, em sessão pública realizada em 29 de março de 2016, considerou o candidato Rolf Bateman Hippertt Hatje aprovado.

Profa. Dra. Adriana Maria Zanforlin Martini

Dra. Carolina Bernucci Virillo

Dra. Giselda Durigan

Prof. Dr. Pedro Henrique Santin Brancalion

Prof. Dr. Thomas Michael Lewinsohn (orientador)

A Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

AGRADECIMENTOS

- Joyce Bateman Hippertt, minha mãe e melhor amiga, pelo carinho, companhia, incentivo e por chamar minha atenção sempre para o que realmente importa.
- Fraya Bateman, minha irmã, por me dar a certeza de que jamais estarei sozinho. E minha sobrinha Chiara Bateman, por ter trazido muitos sorrisos pras nossas vidas.
- Octavio Bateman, meu irmão, por me fazer enxergar que nunca ultrapassamos quem está sempre ao nosso lado.
- Meus grandes Jorge Calvimontes, Larissa Juk, Julia Castro, Flavia Andrea, Thiago Augusto, Miguel Carvalho, Patricia Barros, Flávio Grassi e Renata Mazzini, pelo incomparável suporte que se chama amizade.
- Leonardo Ré Jorge, Ramon Bicudo, Gabi Rancan, Nayara Hachich, Thiago Gonçalves, Camila Leal e Amanda Silvino pelo companheirismo e apoio.
- Thomas Michael Lewinsohn, meu orientador, conterrâneo e veterano, por topar orientar esta tese, pelos longos papos sobre o Rio, a música e o futebol, e pela grande honra de me permitir aprender com as suas palavras.
- Aos membros das bancas de defesa e qualificação, professores Pedro Brancalion, Giselda Durigan, Adriana Martini, Carolina Virillo e Carlos Joly, pelos comentários, críticas e sugestões.
- Aos professores, discentes e funcionários do NEPAM, em especial à minha fantástica turma: Kika Braga, Gustavo Mozzer, Michelle Renk, Marjorie Rodrigues, Dani Lins, Tiago Duque Estrada e Patricia Mariuzzo.
- Funcionários da SMA-SP de Campinas, SEMA Porto Alegre e Bagé, INEA – RJ, pelo suporte na organização das viagens de campo.
- Ao povo brasileiro, que, através da CAPES, CNPq e FAEPEX – Unicamp, financiou a vaga que ocupei na universidade pública, minha bolsa de estudos e as viagens de campo do meu doutorado. Ao DAAD, que financiou minha ida ao workshop em Freising – Alemanha, em 2014. À FAPESP, pela minha participação no workshop TUMBRA em 2012.
- Ao Offspring, por ter feito as músicas que mais me fazem produzir na árdua missão, para um biólogo, que é ficar na frente do computador.
- A quem desistiu. Para que eu enxergasse, em contraste, que não desisto nunca.

RESUMO

Embora o conhecimento para a restauração ecológica tenha se ampliado consideravelmente nos últimos 30 anos, a ciência e as práticas relacionadas ainda são bastante incipientes. No Brasil a restauração se iniciou em ecossistemas florestais na Mata Atlântica, há cerca de 150 anos. A atividade se estendeu a outros biomas conforme cresceram o interesse social, as exigências legais e os estudos científicos relacionados. A fim de identificar diferenças entre projetos de restauração de ecossistemas florestais e não-florestais desenvolvidos na atualidade, examinamos 75 projetos de restauração ecológica. Métodos aplicados por diferentes instituições (empresas, ONGs, entidades governamentais e proprietários de terra) e com diferentes motivações (pesquisa, exigências legais e voluntariado) foram examinados nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Campos Sulinos através de entrevistas, atividades de campo e análise documental. De forma geral, os métodos usados por restauradores de ecossistemas nos três biomas são semelhantes, apesar das diferentes características ecológicas entre seus ambientes. Diferentes motivações também não determinaram a aplicação de métodos de restauração distintos. Quanto às instituições, no entanto, a diversidade e inovação das técnicas aplicadas são maiores quando universidades e centros de pesquisa estão envolvidos. O plantio de mudas arbóreas, embora mais oneroso do que outras técnicas aplicáveis e nem sempre o mais adequado, é o método mais utilizado e recomendado. A preferência pelas árvores em detrimento a outros organismos impõe o estabelecimento das florestas mesmo nos biomas onde os ecossistemas de vegetação aberta prevalecem. Sugerimos que a repetição de procedimentos em circunstâncias distintas é fruto de problemas no fluxo de informações entre instituições, da força das tradições e tem origens históricas e econômicas.

Palavras-chave: Restauração ecológica, Mata Atlântica, Pampa, Cerrado.

ABSTRACT

Over the last 30 years, knowledge on ecological restoration has developed considerably. Nevertheless, the underlying science and practice are still fairly incipient. The first restoration initiative in Brazil took place in forest ecosystems, in the Atlantic Rain Forest, about 150 years ago. Since then, restoration has extended to other biomes as social concerns, legal requirements and relevant scientific studies increased. We examined 75 ecological restoration projects in order to identify possible differences between restoration projects in forest and non-forest ecosystems. Methods applied by different agents (enterprises, NGOs, government agencies and landowners) and with different motivations (scientific research, legal requirements and spontaneous initiatives) were examined through interviews, field research and document analysis in Atlantic Rain Forest, and compared to the Cerrado and Southern Grassland biomes. In general, methods used by restoration practitioners in the three biomes are quite similar, despite the different ecological characteristics among them. Different motivations also do not determine distinct applied restoration methods. Regarding executing institutions, methodological diversity and innovation increased when universities and research centers were involved. The extensive planting of tree seedlings is the most widely employed and recommended method, although more expensive than other techniques and not always suitable. Therefore, the preference for trees over other organisms imposes the establishment of forests, even in biomes where open vegetation ecosystems prevail. We suggest that the repetition of a procedure in different circumstances is a result of problems in information flow among institutions, of the force of traditions and has economic and historical origins.

Key words: Ecological restoration, Atlantic Rain Forest, Southern Grasslands, Cerrado.

ÍNDICE

Introdução à tese.....	11
-------------------------------	-----------

Capítulo 1 – Introdução à restauração ecológica e bases teóricas associadas

1.1. Introdução.....	13
1.2. Bases teóricas para a restauração ecológica.....	15
1.2.1. Teoria de Sucessão.....	16
1.2.2. Biologia de Populações.....	17
1.2.3. Regras de Montagem.....	18
1.2.4. Campo dos Sonhos.....	19
1.2.5. Restauração para o Futuro.....	20
1.2.6. Modelos de Limiar, Estados Estáveis Múltiplos e Manejo Adaptativo.....	21
1.3. Aspectos socioeconômicos da restauração ecológica.....	23
1.4. A questão da Restauração “Florestal” no Brasil – A Ditadura da Floresta.....	23
1.5. Biomas compreendidos neste estudo.....	26
1.5.1. O bioma Mata Atlântica.....	26
1.5.2. O bioma Cerrado.....	28
1.5.3. O bioma Pampa ou Campos Sulinos.....	31
Figuras.....	35
Referências.....	39

Capítulo 2. O conceito de restauração e termos afins nos instrumentos legais do Brasil – ambiguidades e omissões.

2.1. Introdução.....	46
2.2. Métodos.....	47
2.3. Resultados e Discussão.....	48
Tabelas.....	55
Referências.....	61

Capítulo 3 - Práticas atuais de restauração em biomas florestais e não-florestais no Brasil

3.1. Introdução.....	64
3.2. Objetivos.....	65
3.3. Métodos.....	66
3.4. Resultados.....	68
3.4.1. Procedimentos utilizados nos projetos examinados.....	68

3.4.1.1. Plantio total.....	68
3.4.1.2. Nucleação.....	72
3.4.1.3. Restauração passiva e regeneração natural.....	74
3.4.1.4. Aspectos comuns aos métodos.....	74
3.4.2. Projetos de restauração no bioma Mata Atlântica.....	76
3.4.2.1. Novas abordagens.....	77
3.4.2.2. Outras influências institucionais.....	77
3.4.3. Projetos de restauração no bioma Cerrado.....	78
3.4.3.1. Novas abordagens.....	79
3.4.4. Projetos de restauração nos Campos Sulinos.....	80
3.4.4.1. Outras influências institucionais.....	82
3.4.5. Síntese dos projetos avaliados nos três biomas.....	83
3.4.5.1. Monitoramento.....	83
3.4.5.2. Viveiros.....	85
3.4.5.3. Comparação entre os biomas.....	86
3.5. Discussão.....	88
3.5.1. Estratégias de restauração.....	88
3.5.1.1. O plantio total e o dendrocentrismo: discussão técnica em face das bases teóricas.....	88
3.5.1.2. Técnicas nucleadoras.....	94
3.5.1.3. Regeneração Natural.....	95
3.5.1.4. Espécies arbóreas exóticas.....	96
3.5.2. Problemas e soluções.....	97
3.5.2.1. Pastejo – prós e contras.....	97
3.5.2.2. Herbicidas.....	99
3.5.2.3. Fogo.....	100
3.5.2.4. Viveiros.....	101
3.5.2.5. Tratamento dos solos.....	102
3.5.3. Monitoramento.....	103
3.5.3.1. Monitoramento antes – medidas de resiliência.....	103
3.5.3.2. Monitoramento durante.....	104
3.5.3.3. Monitoramento depois.....	105
3.5.4. Há diferença entre projetos desenvolvidos nos biomas florestais e não florestais?.....	106
3.5.5. Porque plantamos árvores?.....	107
3.5.5.1. A economia.....	107
3.5.5.2. O tempo.....	108

3.5.5.3. A informação.....	108
3.5.5.3. A cultura.....	109
Figuras e Tabelas.....	110
Referências.....	143
Anexos.....	152

Capítulo 4. História da restauração ecológica, seus métodos e heranças

4.1. Introdução.....	160
4.2. Objetivos.....	162
4.3. Exemplos históricos de outros países.....	162
4.3.1. Hong Kong.....	162
4.3.2. Espanha.....	166
4.3.3. Portugal e a influência alemã.....	167
4.3.4. Brasil.....	169
4.3.4.1. Os personagens.....	170
4.3.4.2. O cenário.....	172
4.3.4.3. Motivações.....	176
4.3.4.4. O método.....	177
4.3.4.5. As espécies.....	179
4.3.4.6. As influências.....	182
4.4. Conclusões.....	183
Figuras.....	184
Referências.....	186

Considerações Finais da Tese.....	191
--	------------

Introdução à tese

Quando tive a ideia para desenvolver o projeto que apresento nesta tese, e, principalmente, quando lhe criei o título, tive a intenção de despertar a curiosidade de quem o lê para um problema que, de fato, é a principal questão abordada nestas páginas: A Ditadura da Floresta. Este trabalho foi elaborado em uma época em que as discussões ambientais mundiais, mesmo indiretamente, frequentemente mencionavam a restauração ecológica como uma das principais soluções para problemas globais como clima. O aumento da temperatura do planeta pressionava os governantes para investimentos urgentes em projetos que objetivassem o sequestro de carbono atmosférico. A convenção da biodiversidade determinou metas audazes a serem atingidas para a conservação dos biomas em todos os países signatários. O Brasil assumiu a responsabilidade alcançar o patamar de 12 milhões de hectares restaurados até o ano de 2020. Atividades industriais e acidentes ambientais (como o do rompimento da barragem da mineradora Samarco/Vale, na cidade de Mariana – MG, em 2015) se pautavam na premissa legal de se restaurar ecossistemas como formas de mitigar o impacto que causam. A comunidade científica internacional voltou seus olhares para a ecologia da restauração, como forma a subsidiar políticas públicas e tomadas de decisão. A discussão sobre os métodos mais adequados para se restaurar cada um dos biomas brasileiros tomou corpo e ainda está distante do fim.

A hipótese que criamos seria um resultado esperado e bastante comum em uma cultura que tenta responder rapidamente a problemas complexos como estes. Segundo esta hipótese, estaríamos, no afã de resolver problemas ambientais de escala global, plantando árvores para restaurar ecossistemas campestres e savânicos brasileiros, e consequentemente, permitindo o avanço das florestas sobre eles. Esta face da Ditadura da Floresta, manifesta nos projetos de restauração ecológica, pode gerar consequências negativas para os ciclos hídricos e sobre a biodiversidade destes ecossistemas, contribuindo para tornar a pergunta “como fazer restauração ecológica?” totalmente atual e imprescindível.

No capítulo 1 apresentamos o que entendemos como Ditadura da Floresta, detalhando alguns indícios da sua existência. Também revisamos algumas bases teóricas para a restauração ecológica, e descrevemos brevemente os três biomas compreendidos neste estudo: a Mata Atlântica, o Pampa e o Cerrado.

No capítulo 2, tratamos da diversidade de termos utilizados para desígnio de atividades de restauração ecológica, e como a falta de uma base conceitual sólida e de um padrão

terminológico, tanto na literatura científica como na legislação brasileira, contribuem para dificultar as ações restauradoras.

No capítulo 3 apresentamos os resultados das análises feitas por meio dos dados obtidos em atividades de campo nos três biomas anteriormente citados. Descrevemos os métodos de restauração ecológica em aplicação nos projetos selecionados para análise e discutimos as razões socioeconômicas das escolhas majoritárias dos restauradores. Além disso, também confrontamos os métodos encontrados com as bases teóricas apresentadas no capítulo 1, a fim de estabelecer a ligação dos projetos analisados com a ciência.

No capítulo 4, buscamos recontar a história mais antiga da restauração ecológica em alguns países do mundo, e em especial o Brasil, focando nos métodos utilizados, a fim de estabelecer relações de origem e perpetuação destes conhecimentos técnicos nos dias de hoje.

Capítulo 1 – Introdução à restauração ecológica e bases teóricas associadas

1.1. Introdução

A Ecologia da Restauração é uma ciência em construção. Suas bases conceituais e fundamentação teórica passaram a ser investigadas de forma mais profunda apenas a partir da década de 1970, quando toda a questão ambiental despontava como uma grande preocupação mundial. Entretanto, outros setores da sociedade brasileira já haviam iniciado práticas a ela associadas dezenas de anos antes, a partir de tentativas e observações dos próprios executores. A este conjunto de práticas correlacionadas à disciplina da Ecologia da Restauração, damos atualmente o nome de Restauração Ecológica (Young *et al.*, 2005). Embora muitas definições constem na literatura, utilizaremos a definição da Sociedade para a Restauração Ecológica (SER): “processo de reparo de danos causados por atividades humanas à diversidade e dinâmica de ecossistemas” (SER, 2004).

As ameaças aos ecossistemas brasileiros se intensificaram e a necessidade de amplos programas de restauração é, hoje, inquestionável, pela atual crise no fornecimento de água às populações humanas, e também pela extinção de organismos, perda da qualidade do solo, aumento dos níveis de erosão e da temperatura do planeta, e tantos outros serviços que nos prestam os ecossistemas bem conservados.

Por conta de todas estas ameaças, a discussão entre entes da sociedade cresceu e a federação, estados e municípios já contam com ampla legislação relacionada. Empresas e proprietários de terra encontram exigências legais não só para manter, mas também para restaurar ecossistemas, de forma a compensar suas atividades poluidoras, mitigar danos ou assegurar reservas. Organizações não-governamentais também atuam na área e instituições de pesquisa de todo o país investem na geração do conhecimento para aprimorar técnicas.

Práticas e conceitos, no entanto, não são sólidos. Definições e termos são consideravelmente diversos, a ponto de tornar a aplicação das leis e o acompanhamento dos projetos uma tarefa complexa. Não há consenso entre os atores institucionais sobre como se deve realizar e o que se deve esperar da restauração ecológica em áreas a serem restauradas.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo responder às seguintes questões:

- (1) o que é a restauração ecológica que restauradores e cientistas estão aplicando em campo atualmente;
- (2) quais técnicas estão sendo utilizadas em diferentes ecossistemas, e em que bases elas estão fundamentadas;

(3) A prática da restauração ecológica brasileira é fruto da repetição de procedimentos estabelecidos por tradição, por tentativa e erro, ou fundamentada em pesquisas e experimentação científica? Ou, ainda, é realizada por força de requisitos formais sem qualquer embasamento definido?

(4) Em suma, como está hoje estruturada a prática da restauração ecológica, e qual a sua ligação com a ciência no Brasil?

1.2. Bases teóricas para a restauração ecológica

A prática da restauração de ecossistemas possui muitas nuances e peculiaridades, que variam de acordo com o entendimento de seus idealizadores e executores. Estas formas de promover a restauração estão frequentemente associadas à maneira como os restauradores entendem, ou idealizam, a natureza e os elementos do ecossistema e isso se reflete para além do campo teórico. O conhecimento pragmático que um restaurador procura para possibilitar suas ações na prática, refere-se a um conhecimento anterior, concebido em algum momento da história e mantido na atualidade. Ou seja, muitos destes conhecimentos se tornaram parte de uma cultura, e isto permeia a definição de um projeto. Por exemplo, reconhece-se amplamente que, para se restaurar um ecossistema, a ação de plantar árvores é benéfica, mas manter o solo exposto às intempéries do tempo, não. Opções técnicas mais específicas, como o consórcio de determinadas espécies com outras em detrimento de terceiras, no entanto, se relaciona com a teoria de forma mais complexa.

Para que possamos compreender o conjunto de práticas para a restauração ecológica é preciso reconhecer as bases teóricas que se aplicam a esse campo. De uma forma geral, o campo teórico para a restauração pode ser dividido em duas vertentes: desfazer um estado de degradação ou reconstruir um processo natural. Uma questão principal permeia as duas vertentes: Qual o ecossistema se quer alcançar ou produzir após os processos de restauração? O que é, afinal, o sucesso da restauração? Uma breve busca na literatura científica revela as mais variadas concepções em um debate amplo e longe de ser finalizado. E talvez nem deva. Em uma seção especial da revista *Science* dedicada à ecologia da restauração em 2009, Roberts *et al.* (2009) introduzem o tema do que seja ou não possível almejar com a prática da restauração ecológica. Palmer & Filoso (2009) apontam a improbabilidade de se recompor completamente a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos de um sistema degradado. Benayas *et al.* (2009) e Maron *et al.* (2012) confirmam este ponto de vista, mas o qualificam: uma restauração bem realizada está fortemente correlacionada com o aumento de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Para Norton (2009), os limiares da restauração são impostos pelas invasões biológicas, que limitam o sucesso dos processos restauradores. Mas Worm *et al.* (2009), revendo os atuais esforços para se restaurar ecossistemas marinhos, concluem que refazer sistemas pesqueiros sustentáveis é um objetivo viável. Jordan & Lubick (2001) ilustram suas ideias com o exemplo das minhocas nos Estados Unidos: “Ecólogos descobriram que as minhocas foram extintas de grandes áreas no Meio Oeste durante a glaciação mais recente e que todas as espécies encontradas nestas áreas hoje em dia são exóticas, introduzidas pelo descarte de iscas por

pescadores. Mesmo que estas espécies recém-chegadas afetem a composição e o funcionamento dos ecossistemas que agora habitam, ninguém imagina erradicá-las do Meio Oeste, ou mesmo de reservas. Ainda pode ser de grande valor criar um acre livre de minhocas em algum lugar do estado — interessante para os ecólogos, certamente, mas também suscitando a reflexão sobre as mudanças ecológicas, suas consequências e nosso papel na sua realização.”

Neste capítulo, expomos sete teorias pertinentes para eventuais proposições de protocolos ou ações de restauração. Elas serão o ponto de partida para uma reflexão crítica e para a confrontação de práticas reconhecidas nos projetos investigados neste trabalho. Este esboço tem por base um levantamento preliminar de publicações notórias no âmbito científico da restauração ecológica.

1.2.1. Teoria de Sucessão

A sucessão ecológica é frequentemente vista como um processo determinístico, no qual o sistema se encaminha para um estágio de clímax, o que não é universalmente aplicável, pois eventos estocásticos e perturbações tornam a sucessão imprevisível (Palmer *et al.*, 1997). Se o desenvolvimento da comunidade for altamente previsível, é factível manipular os processos de regeneração natural para acelerar a restauração (Palmer *et al.*, 1997). Essencialmente, restauração ecológica no contexto da Teoria de Sucessão define ações voltadas para este estágio de clímax previsível (Young, 2001), baseadas em estudos do estado do ecossistema em algum momento anterior à sua degradação.

Algumas questões são importantes na aplicação desta teoria, como o papel desempenhado por determinadas espécies no processamento de materiais, ou se estas são fortes interagentes. Uma vez que estas interações existem em populações de espécies coocorrentes, eles precisam ser entendidos não apenas em termos de espécies, mas também em termos de processos populacionais, dinâmicas de recursos, habitats e perturbações (Palmer *et al.*, 1997) (Figura 1).

Uma série de questões temáticas são consideradas relevantes para a teoria e prática da restauração por Palmer *et al.* (1997), incluindo:

a) Escolha de objetivos apropriados, inclusive levando em consideração a inconstância de ecossistemas naturais. As perturbações fazem parte do sistema. Há limitações para esta tarefa, pois raramente há informações e referências pré-impacto. Além disso, como planejar intervenções de forma a permitir ao sistema ser dinâmico?

b) Manutenção da biodiversidade, sendo importante determinar o número mínimo de espécies para o adequado funcionamento da comunidade. Maior diversidade pode fazer com

que espécies sejam mais vulneráveis à extinção individualmente, mas a comunidade ou as propriedades do ecossistema podem ser estabilizadas caso haja redundância funcional com outras espécies. O manejo dependerá do estabelecimento de determinados objetivos em detrimento de outros, como restaurar a comunidade a um estado funcional desejado, sem o foco em populações de determinadas espécies, estejam ou não ameaçadas de extinção. Na restauração das funções, é importante elucidar questões como a influência das espécies neste aspecto. O papel de espécies exóticas também precisa ser elucidado, visto que sua introdução pode prejudicar ou contribuir para a permanência ou a entrada de outras espécies.

c) Restauração do habitat: ver abaixo, Campo dos Sonhos.

d) Regimes naturais de perturbação, como queimadas provocadas por raios, ou a abertura de clareiras pela queda de árvores, podem contribuir para o aumento da biodiversidade e devem ser consideradas na restauração. Este pode ser um dos maiores desafios para a restauração, uma vez que a natureza e o papel das perturbações nem sempre são óbvios, e reproduzir suas dimensões essenciais (como tamanho, intensidade, duração, sazonalidade) é uma tarefa complexa porque são necessários estudos de longo prazo para parametrizar estes fatores e normalmente as áreas de referência são escassas.

A aplicação da Teoria da Sucessão parte de questões como a eficiência da restauração de habitats para espécies e funções de ecossistemas. Técnicas que priorizam a sucessão ecológica podem incluir outros processos ecológicos como a facilitação e a nucleação, que são propostas como base para a restauração de ecossistemas tropicais, por exemplo, por Reis *et al.* (2010).

1.2.2. Biologia de Populações

O quadro conceitual da Biologia de Populações se origina na Teoria da Evolução Orgânica. Segundo este quadro, em última análise, a restauração é bem-sucedida quando populações estão restauradas a ponto de persistir, a longo prazo, na paisagem em transformação (Montalvo *et al.*, 1997). Populações restauradas precisam possuir atributos necessários à reprodução, crescimento, migração e adaptação evolutiva.

A biologia de populações é considerada o casamento entre a ecologia e a genética de populações. A primeira investiga taxas de natalidade, crescimento, reprodução e mortalidade nas populações e busca identificar fatores que as influenciam. A segunda visa compreender como a composição genética das populações muda ao longo do tempo, quais fatores influenciam este processo e como esta composição afeta e é afetada pela demografia.

Montalvo *et al.* (1997) propõem cinco áreas de pesquisa de populações relevantes para restauração:

- a) A influência do número de indivíduos e da variabilidade genética da população inicial na colonização, estabelecimento, crescimento e potencial evolutivo;
- b) O papel da adaptação local e tipo de ciclo de vida no sucesso de populações restauradas;
- c) A influência do arranjo espacial de elementos da paisagem na dinâmica e processos das metapopulações, como a migração;
- d) Os efeitos da deriva gênica, do fluxo gênico e seleção na persistência da população;
- e) A influência de interações interespecíficas na dinâmica das populações e no desenvolvimento da comunidade.

Vale ressaltar que o ciclo de vida das populações pode ser usado para projetar ecossistemas no futuro. No entanto, há limitações, principalmente quando os sistemas alvo da restauração são possuidores de alta riqueza de espécies, como acontece na maior parte dos ecossistemas tropicais, exigindo um nível de conhecimento inexistente.

1.2.3. Regras de Montagem

Regras de montagem (“assembly rules”) são fundamentadas no pressuposto que a sequência de ingresso, introdução ou exclusão de espécies modificam sua estrutura final. Seus objetivos são “prever qual subconjunto de espécies, em uma dada região, irá ocorrer num habitat específico” e, em seguida, “prever a abundância assim como a presença” destas espécies (Keddy, 1992). Segundo Keddy (1992), o processo de construir comunidades através de *pools* de espécies pode ser comparado ao processo da evolução através da seleção natural. “Habitats servem como filtros genotípicos, com os genótipos menos adaptados sendo excluídos e os mais adaptados sobrevivendo para reproduzirem. No caso das regras de montagem, habitats continuam servindo como filtros. Mas neste caso, os filtros operam eliminando as características indesejadas para aquele ambiente” (Keddy, 1992).

A teoria de sucessão e a teoria de regras de montagem têm muito em comum. Ambas propõem explicações para a composição das comunidades, sugerem que fatores históricos são parte destas explicações, reconhecem que comunidades se desenvolvem através do tempo rumo a estados relativamente estáveis, e pressupõem a importância das interações ecológicas, principalmente a competição (Young, 2001).

Dado que a restauração ecológica para a SER (Society for Ecological Restoration International – que editou o livro “Assembly Rules and Restoration Ecology”, é “uma atividade

intencional que inicia ou acelera a recomposição de um ecossistema”, os autores apontam ser imprescindível considerar possíveis regras ou princípios para guiarem como em em que sequência determinados componentes devam ser introduzidos em um ecossistema (Temperton *et al.*, 2004).

“Regras de montagem”, remetendo ao próprio termo, estão associadas com as peças da engrenagem e as interações entre elas, ou seja, organismos dentro de uma comunidade e os processos que ocorrem nesta comunidade a partir destas interações. A teoria, portanto, se foca, sim, nos organismos, mas principalmente em como eles se influenciam entre si e quais os resultados destas interações para a comunidade. Ecólogos buscam mecanismos por trás disto, em diferentes situações (Temperton *et al.*, 2004).

Muitos aspectos podem ser influenciados pelas interações entre espécies. Por exemplo, se o estabelecimento de novas espécies no sistema depende de interações com espécies anteriormente presentes ou introduzidas, tais interações constituem filtros ambientais, sendo importantes para determinar a composição futura da comunidade. Compreender estes determinantes é fundamental para se estabelecer a ordem, e o tempo, da inserção de cada uma das espécies.

O conceito de perturbação também influencia as regras de montagem. Perturbações produzem mudanças no ecossistema, como alterações na disponibilidade de recursos, e geram oportunidades de estabelecimento para outras espécies. De acordo com a intensidade ou a frequência com que acontecem, as perturbações podem alterar a montagem de comunidades.

1.2.4. Campo dos Sonhos – “If you build it, they will come” – “Construa e eles virão”.

Algumas generalizações são amplamente aceitas por ecólogos de restauração. O Campo dos Sonhos (“Field of Dreams”) é uma delas. A expectativa é que a manipulação e a intervenção no meio físico, ou seja, a reconstrução de habitats, seja suficiente para o retorno espontâneo dos organismos em sucessão e a consequente reconstituição de uma comunidade biológica capaz de funcionamento autônomo (Palmer, *et al.*, 1997). É uma abordagem comum para a restauração em ambientes úmidos e rios (Hildebrand, 2005).

O Campo dos Sonhos é uma base teórica mais facilmente aplicável, pois permite aos restauradores iniciar intervenções prontamente. No entanto, dependendo do estado de degradação, organismos necessitam também ser introduzidos e manejados nas áreas, caso sejam incapazes de colonizarem-nas naturalmente, mesmo que os elementos abióticos sejam manejados.

Cabe considerar que a diversidade de habitats pode ser essencial para a persistência da comunidade a longo prazo. Para muitas espécies a capacidade de se deslocar livremente entre manchas de habitat, cujas quantidade e qualidade de recursos variam, pode ser essencial, principalmente se algumas delas servir como refúgio.

1.2.5. Restauração para o Futuro

Embora a Ecologia da Restauração tenha avançado nas últimas décadas, sua abordagem orientada pela composição e funcionamento anteriores, conhecidos ou presumidos, e a complexidade de suas teorias, têm sido criticadas pela falta de objetividade em sua aplicação para ecossistemas dinâmicos (Choi, 2007). Higgs *et al.* (2014) tratam a adoção destas teorias no campo como "restauração ecológica clássica". Os autores defendem o uso do conhecimento histórico na Restauração para o Futuro "Novel Ecosystems", como um guia e não como modelo. Desta forma, preconizam objetivos pragmáticos para o bem estar humano, definidos pela sociedade e por ela reconhecidos, em lugar de serem determinados pela natureza (Figura 2). Neste sentido, dar papel de destaque a serviços ecossistêmicos pode dar popularidade à restauração ecológica.

A restauração para o futuro pressupõe que é impossível restaurar um ecossistema ao seu estado original, e neste contexto os "novel ecosystems" (Hobbs *et al.*, 2013) podem ser objetivos válidos a serem visados. A ideia de que um estado pre-degradação do ecossistema seja tomado como alvo da restauração é substituída por um novo paradigma orientado para o futuro. Segundo esta base teórica, a restauração deve estabelecer ecossistemas com capacidade de se manter num ambiente futuro, e não passado; ter objetivos múltiplos e trajetórias para pontos imprevisíveis no futuro; focar na reabilitação das funções de ecossistemas e não na composição de espécies ou na estética da paisagem; e identificar-se como uma ciência aplicada, dotada de valores econômicos e sociais (Choi, 2007). A esta referência ao passado, que pressupõe um único ponto final e a previsibilidade da organização da comunidade, no contexto da restauração ecológica, Hildebrand *et al.* (2005) chamam de "Mito da cópia de carbono".

Quanto deveríamos retroceder na história passada para estabelecer um objetivo de restauração? Modelos ecossistêmicos baseados no passado conseguiriam manter-se, mesmo que fielmente reproduzidos, em uma época de mudanças globais constantes? Em particular, a utilidade de condições históricas serem tomadas como alvos ou referências para um ecossistema deve ser pensada com a improbabilidade, quiçá a impossibilidade, destes antigos ecossistemas serem restaurados nas condições biofísicas do futuro (Harris *et al.*, 2006).

Alguns fatores mudaram de forma irreversível de um passado não tão distante para hoje: o mundo está mais quente, e há uma maior concentração de carbono atmosférico. A este respeito, Harris *et al.* (2006) apontam que os impactos diretos do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera teriam importantes implicações para as práticas em restauração. Solo e água também são modificados, recebendo maiores deposições de nitrogênio atmosférico; espécies exóticas invadiram países distantes de sua origem, conferindo ao ecossistema condições diferentes das anteriores (Saxon *et al.*, 2005).

1.2.6. Modelos de Limiar, Estados Estáveis Múltiplos e Manejo Adaptativo

Da mesma forma que a teoria da Restauração para o Futuro, Estados Estáveis Múltiplos se apresentam como uma alternativa à restauração ecológica clássica. Eles se focam no restabelecimento de regimes de perturbação ou condições abióticas do passado e que faz dos processos sucessionais o guia para a recomposição de comunidades. Além dos argumentos já apresentados, Suding *et al.* (2004) afirmam que recentes experimentos indicam que áreas degradadas não podem ser recuperadas por restauração tradicional, por uma série de restrições advindas da degradação. Modelos de estados alternativos que incorporam limiares e feedbacks são propostos, portanto, no sentido de identificar e priorizar tais restrições.

Os modelos de estados estáveis múltiplos passam pela conceituação do termo "limiar". Trata-se do ponto onde pequenas modificações nas condições ambientais podem gerar grandes modificações nas variáveis do estado do sistema. Estados alternativos, por sua vez, são condições relativamente constantes que persistem no ecossistema numa determinada margem de extensão e de tempo. Ultrapassando um limiar, o sistema pode mudar abruptamente entre dois ou mais estados. Pontos onde o estado e as condições ambientais persistem, e para onde o sistema volta após uma perturbação, são chamados estados de equilíbrio (Figura 3).

Há sistemas degradados que podem ser restaurados por sucessão. Estes casos dão suporte às práticas de restauração ecológica clássica. Por exemplo, o manejo do fogo de acordo com padrões históricos pode promover a restauração de plantas nativas. Porém, tais intervenções baseadas em padrões históricos não garantem o retorno do ecossistema às características do passado. Uma vegetação historicamente campestre atualmente degradada, em que o gado seja reintroduzido, pode seguir uma trajetória rumo a um ecossistema fechado, pois o pastejo contribui para o controle de gramíneas exóticas, mas também pode favorecer o estabelecimento de espécies arbóreas. Em situações como esta, depender de processos sucessionais para restauração tem resultados imprevisíveis (Suding *et al.*, 2004).

O estado de degradação, em alguns casos, à luz do modelo dos Estados Estáveis Múltiplos, também pode ser estável, podendo passar para vários outros estados estáveis após intervenções. Uma vez sendo previsíveis, de acordo com as respostas dos monitoramentos, perturbações e colapsos podem ser manejáveis e o estado de equilíbrio pode ser mantido, ou o limiar pode ser transposto, de acordo com o objetivo da restauração.

Com base em pesquisas de dinâmicas ecossistêmicas e seus mecanismos, Suding & Hobbs (2009) propuseram um quadro para incorporação dos modelos de limiar nos processos de tomada de decisão e manejo em um tempo relativamente curto em sistemas impactados. Apresentam evidências que indicam que os modelos de limiar são relevantes, mas não aplicáveis em todos os sistemas.

Particularmente aplicável são modelos de limiar contínuo sem histerese, nos quais a mesma trajetória ocorre independentemente da direção da mudança das condições ambientais (Figura 4). Nesse caso, uma mudança repentina, embora descontínua, pode ser reversível e resultar na restauração na direção oposta. Já em modelos de limiar com histerese, por conta da irreversibilidade da trajetória, o caminho para a restauração pode ser totalmente diferente do que levou o sistema ao estado de degradação.

A atuação humana é incluída nesses modelos. Ela pode introduzir novos gatilhos limiares transformando perturbações eventuais em persistentes ou suprimindo-as. Por exemplo, grandes eventos de mortalidade podem ser extremamente raros em condições naturais, mas frequentes e previsíveis em sistemas superexplorados. A capacidade de resiliência ecológica de um sistema pode ser alterada, inclusive, pela alteração de sua capacidade biótica para lidar com perturbações - por exemplo, a reconstrução de corais após eventos induzidos por aquecimento da água depende da presença de peixes herbívoros, o que corresponderia a um cenário natural, ou de sua ausência, em caso de sobrepesca. A ideia da introdução ou extinção de determinados grupos funcionais atuarem na reorganização do sistema após perturbações está sendo desenvolvida e encontra sinergia na teoria de sucessão e nas regras de montagem. Estas têm grande aplicabilidade para modelos de limiar.

Em relação à aplicação, embora não seja possível testar em escala de campo muitas das suposições dos modelos de limiar, o manejo enfatiza reconhecimento de padrões e monitoramento de longo prazo. Há formas simples de se verificar se padrões de limiar estão ocorrendo, e isto é muito informativo para decisões de manejo. Em segundo lugar, havendo altas frequências de perturbação e rápidas transformações ambientais, dinâmicas transitórias e um certo nível de estocasticidade precisam ser incorporados no modelo, para serem aplicados na restauração. Em terceiro, é recomendável manter o foco nas interações que podem contribuir

para modificar o regime, aumentando a resiliência. Em quarto, é importante desenvolver testes utilizando o conceito de manejo adaptativo, baseado em experimentos e encarado como um processo de aprendizado constantemente reavaliado. Por último, os trabalhos mostram que Modelos de Limiar são altamente aplicáveis a sistemas manejados e que habitats degradados são particularmente suscetíveis a mudanças de limiar.

1.3. Aspectos socioeconômicos da restauração ecológica

Embora o objetivo aqui descrito seja o de analisar a associação dos métodos de restauração com as bases teóricas apresentadas, cabe ressaltar que há aspectos importantes a serem analisados para além da teoria. Métodos de restauração também são escolhidos nos projetos em virtude de uma série de outras razões de ordem mais pragmática do que ecológica, como, por exemplo, a legislação vigente. No estado de São Paulo, a resolução 08, que ficou em vigor entre os anos de 2008 e 2014, era focada nos plantios de mudas e na alta diversidade, exigindo a adoção de métodos que incluíssem a inserção de um mínimo de 80 espécies arbóreas (Brancalion *et al.*, 2010). Outro exemplo é a atuação dos viveiros, que são florestais, limitando tecnologicamente a restauração de cerrados e campos (Durigan, 2013). Em resumo, a ressalva torna-se importante para que a análise não pareça simplista, mas que explicita um recorte dentro das questões que podem explicar a escolha dos métodos pelos restauradores.

1.4. A questão da Restauração “Florestal” no Brasil – A Ditadura da Floresta

Embora a Convenção para Diversidade Biológica tenha estabelecido metas para todas as ecorregiões do mundo (CONABio, 2006), muitos fatores podem influenciar prioridades de políticas públicas, recursos financeiros e esforços em geral para proteger e restaurar determinados biomas. Sob a ótica inversa, a ausência destes fatores pode influenciar com que outros biomas sejam negligenciados.

Ecossistemas não-florestais, por muitos anos, não foram tratados como prioridades para ações de conservação. Em alguns casos, ainda não o são. Cavalcanti & Joly (2002) apontam que as razões para esta negligência têm raízes históricas e econômicas. Por exemplo, a ocupação humana do território que compõe a região central brasileira, que abrange todo o cerrado, se deveu à modernização e capitalização da agricultura da região, que permitiu aos fazendeiros intensificar a agricultura e pecuária. Este processo ocorreu massivamente apenas a partir dos anos 1970, e, por conta disto, a percepção das ameaças a ecossistemas não-florestais, tanto pela

população quanto pelos especialistas, era, até então, praticamente inexistente (Cavalcanti & Joly, 2002). Do mesmo modo, o baixo valor econômico atribuído ao cerrado acabou por torná-lo pouco atraente, devido à natureza arbustiva de sua vegetação, baixas densidades de criação, e uma estação seca marcada, com alta incidência de incêndios (Cavalcanti & Joly, 2002).

Assim como no cerrado, a negligência da conservação de domínios de vegetação campestre é frequentemente relatada, como no Pampa (Overbeck *et al.*, 2007; Overbeck, *et al.*, 2009). O nível de proteção dos Campos Sulinos é muito baixo, com apenas 0,33% de seu território incluído em Unidades de Conservação de proteção integral (Overbeck *et al.*, 2007) e a maior parte está em áreas privadas, sujeita à conversão para usos distintos da (ainda) prevalente pecuária (Pillar & Vélez, 2010).

Se por um lado a pesquisa visando a restauração da cobertura vegetal avançou nos ecossistemas florestais, no cerrado o esforço de pesquisa é mais restrito. A menor preocupação com ecossistemas não-florestais pode ser evidenciada de muitas formas, a começar pelas Unidades de Conservação criadas em cada bioma brasileiro. De acordo com dados do Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012), 78 Unidades de Conservação federais protegem áreas dentro da Mata Atlântica e 107 na Amazônia, totalizando 185 áreas para proteção de florestas. Em contrapartida, o total de unidades nos demais biomas em conjunto chega a apenas 76, sendo 43 no Cerrado, 24 na Caatinga, duas no Pampa e outras duas no Pantanal.

Ações para a conservação e restauração de ecossistemas da Mata Atlântica já figuram no cenário nacional como uma prioridade mais consolidada. Isto se deve, em parte, ao valor econômico imediato atribuído e explorado no bioma ainda no período colonial. Segundo Urban (1998), “(...) já nos primeiros séculos depois do descobrimento, as florestas brasileiras foram consumidas para abastecer a armada portuguesa, a reconstrução de Lisboa, as companhias pesqueiras, e o ambicioso arsenal da marinha lusitana”. As primeiras normas para conter o avanço sobre as matas datam ainda do início do século XVII, por preocupações diante do iminente desaparecimento das madeiras de lei, e evoluíram, até o final do século XVIII, para medidas mais rigorosas, com o respaldo de cartas régias (Urban, 1998).

As ações conservacionistas da época tinham motivação econômica, ora diretamente, através da comercialização de madeira e artefatos da fauna, ora indiretamente, através do uso diversificado das espécies arbóreas. Movimentos ambientalistas também foram observados, desde então até o início do século XX, liderados por personagens como José Bonifácio e André Rebouças (Urban, 1998; Pádua, 2004; Rylands & Brandon, 2005).

No século XIX legisladores e tomadores de decisão já se defrontavam com a necessidade de conservação das florestas. Outros ecossistemas sequer são mencionados nos textos sobre a ocupação europeia de terras brasileiras, e tal dominância se justifica: seja através da lógica econômica, do esgotamento dos recursos provocado pela ocupação humana vinda da costa, da superexploração (Dean, 1995) ou do avanço da cana (Urban, 1998), a Mata Atlântica cumpria todos os requisitos.

Políticas de proteção às matas não só determinaram a criação de entidades de fiscalização e proteção das florestas, como também uma cultura inteira refletida em seus nomes. A floresta estava expressa, por exemplo, no nome do Serviço Florestal, proposto em 1921, que passou a funcionar timidamente em 1926, com a missão de produzir “mudas de reflorestamento, estudos biológicos de essências e estudos da flora” (Urban, 1998). Em 1934 foi proposta a Carta Florestal e propostos e criados o Conselho Florestal Federal, o Fundo Florestal e proposta a “educação florestal”. O Código Florestal de 1934, marco para a conservação ambiental das propriedades em todos os biomas e ecossistemas do Brasil, carregou consigo a marca desta preferência. Em sua primeira revisão substancial, em 1965, o Código Florestal permaneceu com o mesmo nome. Posteriormente, o termo “restauração florestal” também passou a ser empregado, mesmo quando devesse ser realizada em ecossistemas não-florestais. Desde o início do século XX, e até hoje, a política e o discurso ambiental continuaram com esta marca.

Em 1967 a União criava o precursor do que hoje são os órgãos executores do Sistema Nacional do Meio Ambiente: O Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Florestal – IBDF, que tinha como objetivo “formular a política florestal bem como orientar, coordenar e executar ou fazer executar as medidas necessárias à utilização racional, à proteção e à conservação dos recursos naturais renováveis e ao desenvolvimento florestal do País”. Em São Paulo, as entidades criadas para gerir a proteção da biodiversidade são o Instituto Florestal e a Fundação Florestal, ambos criados em 1986.

O padrão se repete no campo científico ao redor de todo o mundo. Em levantamento realizado por Oliveira & Engel, (2011), a busca pelo termo *restoration* em 13 periódicos internacionais da área ecológica demonstrou que 26% dos artigos publicados sobre restauração entre 1980 e 2008 se destinaram às florestas. Enquanto isso, 17% do total dos artigos analisados se dedicaram ao estudo das práticas de restauração realizadas em diversos ecossistemas abertos: “Campos, pradarias e outros” (Oliveira & Engel, 2011). Busca semelhante foi realizada no *Web of Science* para artigos publicados em todo o mundo, entre 2004 e 2014, apenas para trabalhos com projetos efetivos de restauração na prática. Dados preliminares apontam a preferência pelas florestas dentre todos os ecossistemas continentais, inclusive os aquáticos. Dentre os terrestres,

as florestas correspondem a 47% dos artigos enquanto todos os outros ecossistemas terrestres secos juntos (savanas, campos, dunas, tundras, “*shrublands*”, etc.) totalizam 34,6%. Zonas úmidas e rios foram alvo de 18,4% dos estudos (Kollmann *et al.*, não publicado).

O conhecimento sobre a dinâmica e a ecologia de ecossistemas abertos avançou menos que o de florestas. Poderia isso determinar que as técnicas para restauração de ecossistemas não-florestais fossem, também, mais restritas, ou menos adequadas? Com tantos anos de atenção especial para as florestas, estaria o conhecimento consolidado sobre a restauração na Mata Atlântica ditando as regras dos projetos desenvolvidos Brasil afora? Estariam as leis restringindo a atuação de proprietários de terras inseridas em outros biomas? Restaurar ecossistemas na Mata Atlântica se dá da mesma forma, e segue a mesma burocracia das terras cobertas por campos, ou pelo cerrado?

1.5. Biomas compreendidos neste estudo

1.5.1. O bioma Mata Atlântica

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, um bioma é “um conjunto de vida animal e vegetal, constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e passíveis de serem identificados a nível regional, com condições de clima, geologia e processos históricos de formação da paisagem e tendo uma diversidade própria de fauna e de flora” (IBGE, 2013).

A Mata Atlântica é o bioma que cobre a maior parte do litoral brasileiro, estendendo-se do norte do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte (Câmara, 2003; Scarano, 2014). É composta principalmente por ecossistemas florestais, associando-se à matas de araucárias, restingas, manguezais, campos de altitude e brejos (Tabarelli, *et al.*, 2005). Por possuir características como altos níveis de endemismo, biodiversidade, fragmentação e ameaças de extinção, a Mata Atlântica é considerada uma das mais importantes regiões mundiais para conservação da biodiversidade, um *hotspot* (Myers *et al.*, 2000).

Devido ao histórico de colonização portuguesa no Brasil, os primeiros aglomerados urbanos e industriais formados no Brasil localizavam-se na Mata Atlântica. Na década de 2000 a maior parte da população do país, cerca de 70% do total, ainda residia no bioma (Campanili e Prochnow, 2006). Originalmente a Mata Atlântica avançava para o interior na região sudeste, chegando ao estado do Mato Grosso do Sul e alcançando o Paraguai e a Argentina (IBGE, 2012).

A extração de madeira, um dos principais focos de interesse dos colonizadores nas matas, é descrita no trecho: “A exploração predatória não se limitou ao pau-brasil, pois a Mata Atlântica possuía outras espécies de árvores de alto valor econômico para a construção naval de móveis, edificações. Madeiras nobres como sucupira, canela, canjarana, jacarandá, araribá, pequi, jenipaparana, peroba, urucurana e vinhático foram intensamente exploradas” (Dean, 1995). Por conta da ocupação da terra para atividades humanas como a agricultura, silvicultura e pecuária, e da exploração de recursos florestais (Dean, 1995), o bioma teve seus domínios fragmentados e reduzidos. A estimativa da cobertura atual dos remanescentes de ecossistemas originais varia desde 7,6% (Joly, *et al.*, 2014) e 8% (Galindo-Leal & Câmara, 2003) até 12% da cobertura original (Scarano, 2014), de acordo com diferentes metodologias de avaliação. Por conta disso, a maior parte da paisagem na Mata Atlântica são “arquipélagos de pequenos fragmentos de floresta circundados por matrizes de habitats abertos, como pastos e campos de cultivo agrícola” (Ribeiro *et al.*, 2009).

Apesar da chegada dos portugueses ter intensificado a degradação da Mata Atlântica, os registros mais antigos de desflorestamento datam de um período entre oito e cinco mil anos atrás. São sítios da chamada “cultura sambaqui” (também chamados berbigueiros ou sernambis), que demonstram a utilização de recursos ambientais, especialmente moluscos (Scarano, 2014). A intensificação da ocupação urbana, o crescimento populacional, o aumento da produção agrícola e a pressão pela devastação dos remanescentes, ao longo de cerca de 500 anos, seguiram contribuindo incessantemente para a devastação do bioma.

A Mata Atlântica é mormente coberta por florestas, hoje categorizadas em cinco tipos principais: ombrófila densa, ombrófila aberta, ombrófila mista, estacional semidecidual e estacional decidual (Joly *et al.*, 2014). Além das formações florestais, o bioma abriga ainda brejos de altitude, encaves florestais, pântanos, manguezais, campos de altitude, afloramentos rochosos, restingas e campos nativos (Scarano, 2014). A diversidade de habitats parece se refletir na diversidade genética de espécies. Impressionam os dados da Mata Atlântica quando comparados a outros biomas a nível mundial. A área que representa 0,8% da superfície do planeta abriga cerca de 2.200 espécies de vertebrados (5% das espécies do mundo) (Ribeiro *et al.*, 2011) e mais de 15.700 espécies de plantas (5% da flora mundial) (Mittermeier *et al.*, 2004).

Dentre os serviços providos à população pelo bioma estão o abastecimento de água potável para 125 milhões de pessoas, geração de energia, produção de alimentos como frutas, regulação e prevenção de catástrofes climáticas, controle de erosão, polinização, controle de pragas, além de valores culturais e biodiversidade (Ribeiro *et al.*, 2011; Joly *et al.*, 2014).

Embora o Brasil e a América do Sul possuam a maior proporção de terras em áreas protegidas, a criação destas áreas aumentou consideravelmente nos últimos 20 anos (Ribeiro *et al.*, 2011). A Mata Atlântica é reconhecida como uma das cinco florestas mais ameaçadas do mundo, definida como Reserva da Biosfera da UNESCO em 1993 (Scarano, 2014) foi estabelecida como Patrimônio Nacional na Constituição Federal, e é especialmente protegida na “Lei da Mata Atlântica” (BRASIL, 2006). Em 2002 foi criado o Fundo de Parcerias para Ecossistemas Críticos – CEPF, visando promover ações de proteção à biodiversidade em *hotspots* de países em desenvolvimento (Tabarelli *et al.*, 2005). O bioma hoje conta com o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, convênio assinado por mais de 200 instituições de pesquisa e atuação em defesa dos ecossistemas. Todas estas iniciativas, no entanto, ainda parecem ser insuficientes.

A grande fragmentação e os desafios de se reconstituir a conectividade das manchas de ecossistemas remanescentes têm feito crescer as iniciativas pela proteção e restauração, que se refletem em importantes instrumentos legais. O sistema permanece inadequado para proteger o bioma: a área protegida por Unidades de Conservação ainda é irrisória, chegando hoje a menos de 2% do território inicial coberto pela Mata Atlântica. As áreas de proteção integral, como Parques e Reservas Biológicas, protegem 24% dos remanescentes (Tabarelli *et al.*, 2005).

1.5.2. O bioma Cerrado

Todos os biomas no Brasil passam atualmente por ameaças que se diferenciam por conta de fatores históricos, ecológicos e biológicos. Tão peculiar quanto os outros, o cerrado brasileiro é dotado de características únicas, que devem ser compreendidas tanto para sua conservação como para a restauração de seus ecossistemas. No entanto, a produção de conhecimento e a capacidade de transformação deste conhecimento em prática tem sido bem inferiores à velocidade de degradação do bioma (Scariot *et al.*, 2005).

O Cerrado é a savana mais biodiversa do mundo (MMA, 2011) e o segundo maior bioma do Brasil (Klink & Machado, 2005). O bioma se distribui como área contínua no Brasil Central, e de forma destacada em outros biomas adjacentes, como a Amazônia (Henriques, 2005). Seus remanescentes somam apenas metade de sua área original no território brasileiro (Durigan, 2010) e menos de 1% dentro do estado de São Paulo (Durigan *et al.* 2011).

As savanas são ecossistemas, segundo Frost *et al.* (1986), caracterizados por uma cobertura herbácea, constituída majoritariamente por gramíneas C3 e C4 heliófilas que demonstram grande sazonalidade relacionada ao estresse hídrico (Miranda & Sato, 2005;

Lehmann *et al.*, 2014). Plantas lenhosas (arbustos, árvores e palmeiras) ocorrem, mas raramente formam uma cobertura contínua, ao contrário do substrato herbáceo (Lehmann *et al.*, 2014).

A vegetação predominante no Cerrado, como também ocorre na Mata Atlântica e em grande parte dos Campos Sulinos, é heterogênea, um mosaico de diferentes formações. Observa-se um gradiente de densidade, altura e cobertura vegetal em suas fisionomias, com domínios totalmente campestres em um extremo, e totalmente florestais de outro, numa sequência designada por campo limpo, campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão (Henriques, 2005).

Quatro fatores principais são indicados como responsáveis pelas diferentes fitofisionomias das savanas: água, nutrientes, fogo e herbivoria (Frost *et al.*, 1986). Henriques (1995) propõe “que a ocorrência e a dinâmica dos diferentes tipos de fisionomias do bioma do Cerrado resultam principalmente da influência de três fatores: história, solo e fogo”. Alguns desses fatores são especialmente pertinentes para a restauração ecológica.

Alguns destes fatores estão relacionados a discussões acerca da sucessão ecológica dos ecossistemas de fisionomia aberta. Frequentemente campos e cerrados são tidos como estágios de transição para ecossistemas florestais. Ou ainda, relatados como resultado da devastação das florestas. O que parece estar no cerne desta questão são perturbações, naturais ou por intervenções humanas. Elas cumprem funções importantes na dinâmica dos ecossistemas, reduzindo a dominância de espécies de plantas estabelecidas, aumentam a disponibilidade de recursos e podem remover barreiras ao recrutamento e estabelecimento de plântulas, como excesso de serapilheira (Hoffmann, 1996).

O fogo, por exemplo, é um importante fator desta dinâmica, havendo registros de sua ocorrência, já causada pelo homem, há mais de 32 mil anos, atuando na seleção de espécies com características de resistência e sendo um componente antigo e natural deste tipo de ecossistema (Coutinho, 1990; Pivello, 2005). Durante o período de estiagem a maioria das gramíneas se mantém inativa, e grande parte da biomassa aérea morre e seca, favorecendo a ocorrência de incêndios (Miranda & Sato, 2005). As queimadas iniciadas por raios ocorrem no fim da estação seca e durante a época de chuva, e os incêndios de preparação dos solos para a agricultura são realizadas durante a estiagem.

Há relatos de alterações causadas pelo fogo nos padrões reprodutivos, recrutamento de novos indivíduos e taxas de mortalidade (Miranda & Sato, 2005). No entanto, alguns efeitos não têm longa duração: algumas espécies de plantas não apresentam diferenças significativas em suas taxas de floração um ano após a passagem do fogo e outras demonstram picos da produção de flores cerca de dois anos depois das queimadas (Hoffmann, 1998). Há espécies

com adaptações que lhes conferem uma série de vantagens em relação ao fogo, como proteger aumentar a dispersão, germinação e viabilidade das sementes; promover rebrotas vigorosas sementes; desenvolver rapidamente o sistema radicular; acumular água; aumentar reservas de nutrientes, etc. (Coutinho, 1990; Hoffmann, 1996; Hoffmann, 1998; Miranda & Sato, 2005).

Em suma, a ocorrência do fogo em ecossistemas de Cerrado não é sempre prejudicial à dinâmica do ecossistema, embora os danos possam se agravar em frequências muito altas, com inferiores a 4 anos, como sugerido por Coutinho (1990). O manejo do fogo em projetos de restauração já é estudado no Brasil para controle de gramíneas invasoras como as braquiárias (*Urochloa* sp.), em conjunto com outras técnicas (Pivello, 2005).

Uma das adaptações encontradas em espécies vegetais que contribui para a sobrevivência destas às queimadas é a maior proporção de biomassa nas raízes, em comparação com espécies florestais (Hoffmann, 2005). Nas florestas, espécies arbóreas de maior porte e com maior área foliar têm vantagem na competição por luz, que é um fator considerado limitante para o crescimento das plantas. No cerrado, água e nutrientes são recursos mais escassos que a luz, e, por isso, torna-se mais vantajoso o maior desenvolvimento radicular (Hoffmann, 2005).

Por conta deste maior investimento nas raízes, a parte aérea das plantas é proporcionalmente menor, o que ocasiona dificuldades na produção de mudas nos viveiros. Órgãos ambientais estaduais, em muitos casos, determinam altura mínima para o plantio das mudas nos projetos de restauração, sendo isto um indicador de idade, e supostamente, de maior capacidade de sobrevivência em campo. No entanto, o tempo para que as plantas nativas do Cerrado atinjam tais medidas é consideravelmente maior, tornando o processo mais lento.

Outro fator determinante para a vegetação, embora ainda seja encarado de forma controversa, a herbivoria também pode ser uma ferramenta de controle das espécies vegetais exóticas, além de poder cumprir outros papéis de relevância no processo de restauração. Formigas são usualmente combatidas através de formicidas, ou da destruição de ninhos, a despeito de sua contribuição para a cominuição da matéria orgânica, contribuição na germinação de sementes e atuação no ciclo de nutrientes. Esta questão é pertinente não apenas aos projetos do Cerrado, como abordaremos nos resultados deste trabalho.

A presença do gado também é geralmente entendida como prejudicial aos processos de restauração dos ecossistemas, mas há controvérsias quando tratamos de fisionomias abertas como o Cerrado. Outra comparação entre o Cerrado e a Mata Atlântica é relativa à legislação. Há barreiras para a conservação do Cerrado que já foram regulamentadas na Mata Atlântica em

2006, com a chamada Lei da Mata Atlântica (Brasil, 2006). Para o Cerrado ainda não há regulamento específico com o peso de uma lei.

1.5.3. O bioma Pampa ou Campos Sulinos

Por bioma Pampa compreende-se um conjunto de ecossistemas que se estende por 176 mil km² na “metade meridional do estado do Rio Grande do Sul e constitui a porção brasileira dos Pampas sul-americanos, que se estendem pelos territórios do Uruguai e da Argentina (IBGE, 2004)”. O bioma é formado por quatro conjuntos principais de fitofisionomias campestres: [1] Planalto da Campanha, marcado pelo relevo suave e ondulado e vegetação gramíneo-lenhosa estépica; [2] Depressão Central, de terrenos sedimentares que se estendem de Porto Alegre à porção oeste e centro-sul do estado, caracterizada por campos arbustivo-herbáceos associados a florestas de galeria degradadas, que em geral são compostas por espécies arbóreas decíduais; [3] Planalto Sul-Riograndense, que se caracteriza por terrenos de maior altitude e por maiores índices de precipitação devido à influência marinha. Em razão disto, possui uma vegetação mais complexa, com marcante presença de formações florestais e pastagens naturais ou manejadas; [4] Planície Costeira, que ocupa a faixa oriental do estado desde a fronteira com o Uruguai até a divisa com o estado de Santa Catarina. É coberta principalmente por formações arbustivo-herbáceas, com solos arenosos ou hidromórficos, onde também se encontram formações florestais, porém de modo mais esparsa (IBGE, 2004).

Assim como os demais biomas brasileiros, o Pampa é uma região de grandes idiosincrasias. Alguns fatores especialmente relevantes à restauração ecológica no Pampa são comentados a seguir.

Primeiro, a discussão dos termos para denominar esse bioma é importante, pois o nome “Pampa” ainda é considerado inadequado por alguns autores, por remeter aos campos localizados a partir da divisa Argentina com o Uruguai e daí para o sul. Estepe e Savana, utilizados para denominar o bioma em concordância com terminologias internacionais (Cordeiro & Hasenack, 2009) tampouco são termos adequados para descrever esta região. O primeiro termo é característico de regiões onde o clima é frio e a baixa precipitação inibe o avanço e/ou o crescimento de florestas, o que não é o caso do sul do Brasil. Já o termo Savana, aplicado ao Cerrado brasileiro, designa vegetações que abrigam tanto plantas lenhosas quanto herbáceas. O termo mais aceito atualmente pela comunidade científica é “Campos Sulinos”, ou simplesmente “Campos” (Overbeck *et al.*, 2009). “Campos”, ou “vegetação campestre”, no entanto, pode referir-se à vegetação associada a florestas de Araucária, campos existentes em outros biomas (como os de altitude, na Mata Atlântica) ou aos campos dentro da delimitação

do bioma Pampa, localizados da metade para baixo do estado do Rio Grande do Sul. Ou seja, dentro da classificação “Pampa” do IBGE (2004), existem apenas campos, mas os campos não estão apenas dentro do bioma Pampa.

A denominação e classificação ainda indefinida e confusa é reflexo do pouco conhecimento que se tem em termos florísticos, estruturais e de manejo deste bioma (Behling *et al.*, 2009; Overbeck *et al.*, 2013; Giulietti *et al.*, 2005). Partindo-se do princípio que este tipo de conhecimento é essencial para a determinação de práticas adequadas de restauração ecológica, pode-se dizer que, em termos comparativos, diretrizes ou políticas públicas para esse bioma ainda não foram consolidadas. Não há redes consolidadas para troca de informações nem eventos acadêmicos periódicos, como congressos ou simpósios específicos para a restauração nesse bioma. Além disso, os incentivos governamentais ainda estão muito concentrados nos ecossistemas florestais (Cavalcanti & Joly, 2002; Overbeck *et al.*, 2013).

As perturbações ganham papel de destaque também nesse bioma, atividades humanas desde as primeiras ocupações pré-colombianas, pastejo animal e a incidência do fogo, sendo os dois últimos fatores os principais responsáveis por definir a vegetação campestre (Overbeck *et al.*, 2009). Mais recentemente, pode-se ressaltar a progressiva mudança dos modos de produção no sul do Brasil, deslocando-se da pecuária para a madeira, celulose e soja. Vale ressaltar que, no contexto dos Campos Sulinos, o conceito de perturbação pode ser entendido de forma também específica. A presença humana, da atividade pecuária e do fogo, não é prejudicial para a diversidade das espécies vegetais dos campos. A expansão da floresta e de espécies arbustivas são fatores de maior ameaça à manutenção das gramíneas e herbáceas nativas (Guadagnin *et al.*, 2009).

A vegetação que determina a paisagem dos campos parece ter evoluído em uma constante disputa com a expansão florestal. O frio, que cumpria este papel, impedindo o crescimento de espécies lenhosas arbóreas, deu lugar a um clima que favorece o estabelecimento das florestas até hoje. Os campos sulinos no Brasil não são determinados exclusivamente pelo clima; se o fossem, a região contaria com mais um domínio florestal de Mata Atlântica, dentro da qual, inclusive, o Pampa costumava ser incluído em algumas classificações.

O Pampa historicamente se caracterizou pela produção pecuária de bovinos e ovinos, o que auxiliou a manutenção das espécies herbáceas e arbustivas nativas da região (Pizzato, 2013). Mesmo antes da introdução do gado pelos jesuítas nas missões do Rio Grande do Sul no século XVII, já habitavam os campos animais pastadores da fauna nativa, ainda que de pequeno porte. Por outro lado, diferentemente do que ocorreu em outras paisagens campestres mundo

afora, os bovídeos, um dos principais e maiores grupos de pastadores estritos, nunca existiram nos pampas brasileiros (Zarth & Gerhardt, 2005).

Ainda assim, há evidências da existência de grandes mamíferos pastadores semelhantes ao cavalo e à lhama, bem como de outros herbívoros de grande porte (Behling *et al.*, 2009). Estes animais foram extintos por conta da caça praticada pelas primeiras populações humanas, o que deixou um nicho vago até ser reocupado pelas criações de gado. Embora o pastejo excessivo aumente os riscos de degradação do solo ou a perda de boas espécies forrageiras, o pastejo moderado garante uma maior riqueza de espécies por diminuir a competição e por controlar espécies de baixo valor nutritivo e de arbustos e outras plantas lenhosas. Isso faz com que muitos autores considerem o pastejo um dos principais fatores mantenedores das propriedades ecológicas e fisionômica dos campos (Pillar & Quadros, 1997). No entanto, embora possa manter a integridade dos ecossistemas campestres, o limiar entre o uso sustentável e a degradação ecossistêmica da propriedade bovinocultora parece ser tênue (Pillar *et al.*, 2006).

A pecuária ainda configura uma importante atividade econômica e cultural dos Pampas. Uma lógica econômica baseada na produção de grãos e madeira distancia-se da cultura gaúcha estabelecida na região nos últimos dois séculos. Num período de 26 anos, entre 1970 e 1996 houve uma perda de 3,5 milhões de hectares na superfície de pastagens naturais, o que corresponde a uma taxa de conversão de cerca de 137 mil hectares por ano, apenas no estado do Rio Grande do Sul. As áreas sob proteção de unidades de conservação constituem 0,36% da área total do bioma.

A ocorrência do fogo desde tempos bem remotos, tanto pela aplicação humana quanto por causas naturais, participa do controle da expansão das florestas (Behling *et al.*, 2009). Apesar de serem escassos os estudos sobre o uso do fogo e o manejo da terra, a maioria das espécies de campo parece estar adaptada a queimadas frequentes (Overbeck & Pfadenhauer, 2007). Há evidências científicas do aumento de biodiversidade de espécies vegetais em escala local após o uso do fogo nas propriedades.

Outro aspecto relevante à restauração ecológica nos Campos Sulinos é a presença natural das florestas em regiões de refúgio, como nas margens dos rios e galerias.

Além das características naturais dos Campos Sulinos, um aspecto a destacar é que este é o único bioma brasileiro contido em apenas uma unidade federativa, o Rio Grande do Sul, o que o torna mais sensível à política deste estado.

Adicionalmente à falta de informações para o bioma, o estado de conservação também não conta com informações suficientes. No entanto, o mapeamento de remanescentes vem

sendo constantemente atualizado pelo Ministério do Meio Ambiente, embora ainda seja difícil diferenciar em imagens de satélite os campos conservados e as áreas degradadas (Pillar *et al.*, 2006).

Constante ameaça à biodiversidade ao redor do mundo, a introdução de espécies exóticas, com a intenção primária de aumentar ou diversificar a produção, frequentemente é descrita como sendo catastrófica para os ambientes onde são introduzidas. No Cerrado, um dos exemplos mais expressivos é o das braquiárias, gramíneas utilizadas como capim para pastagem, de boa palatabilidade e digestibilidade para o gado, com altas taxas de produtividade e tolerante a substratos ácidos. Por outro lado, espécies deste gênero se comportam de maneira agressiva, e o controle do avanço de suas populações sobre as espécies nativas é tarefa árdua e dispendiosa.

Como a braquiária no Cerrado, o capim-annoni infestou os Campos Sulinos, e sua expansão é de difícil controle. Ele compete biologicamente com as demais plantas campestres e o faz de diferentes formas: alta produção de sementes (Lisboa *et al.*, 2009), capacidade prolongada de germinação e potencial alelopático (Ferreira *et al.*, 2008). A retirada de espécies invasoras através de herbicidas são fatores de grande perda de biodiversidade, sendo seu uso frequentemente contra-indicado.

FIGURAS

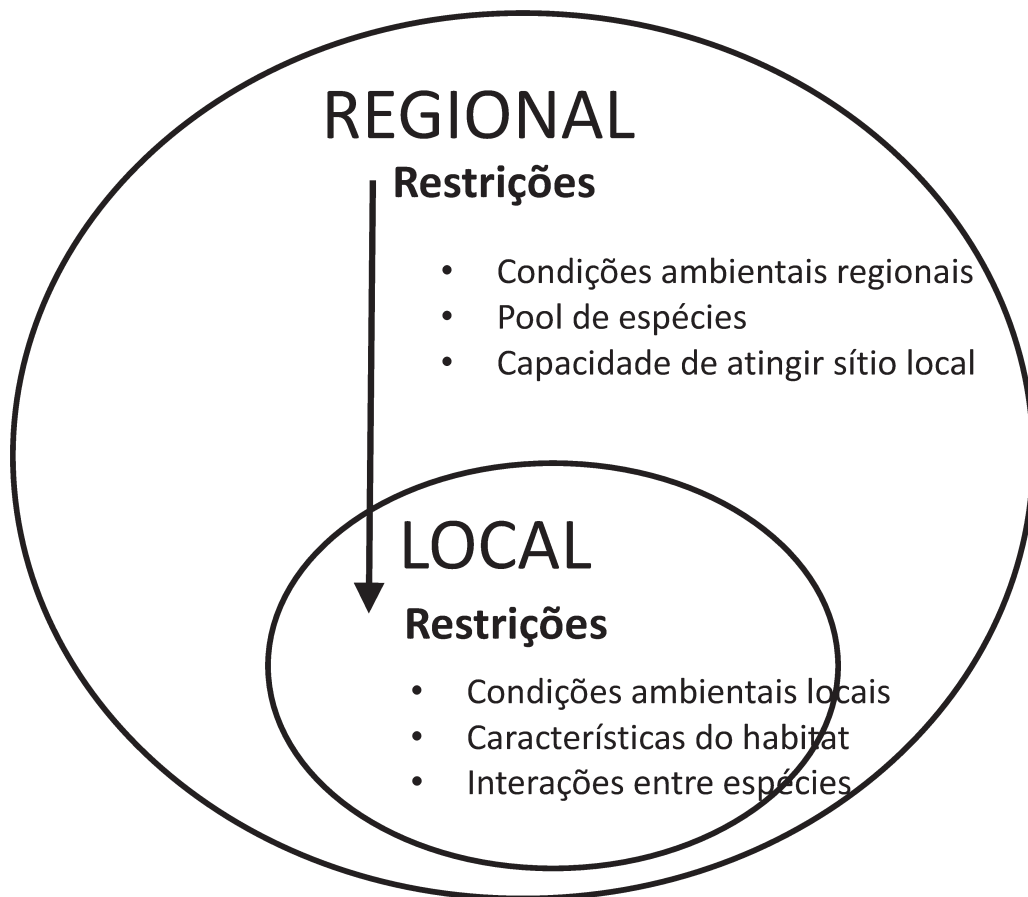


Figura 1. A restauração de uma comunidade depende de restrições e condições locais e regionais. Reproduzido de Palmer *et al.* (1997).

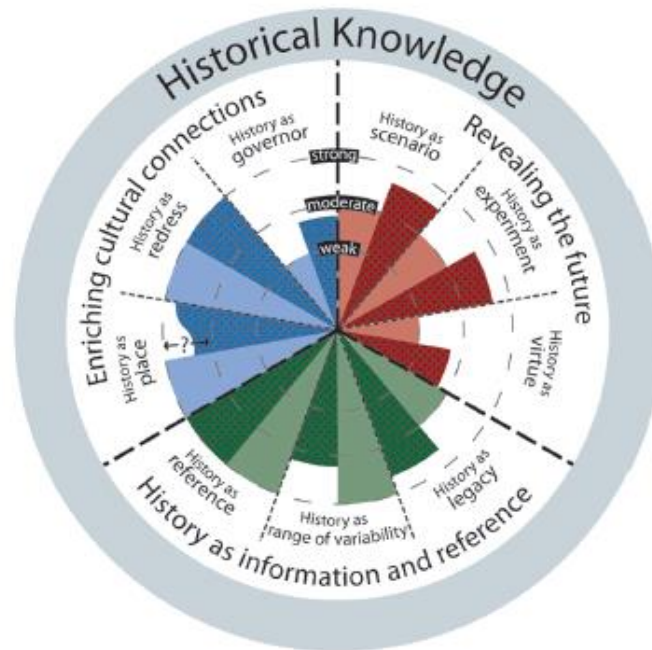


Figura 2. Categorias e tipos de conhecimento histórico para a restauração ecológica. Nove tipos de conhecimento histórico em três categorias que descrevem papéis principais: prover informação e referência, conexões culturais e predição do futuro. As barras mais escuras apontam para o conhecimento da "restauração ecológica clássica", em comparação com a Restauração para o Futuro. Reproduzido de Higgs *et al.* (2014).

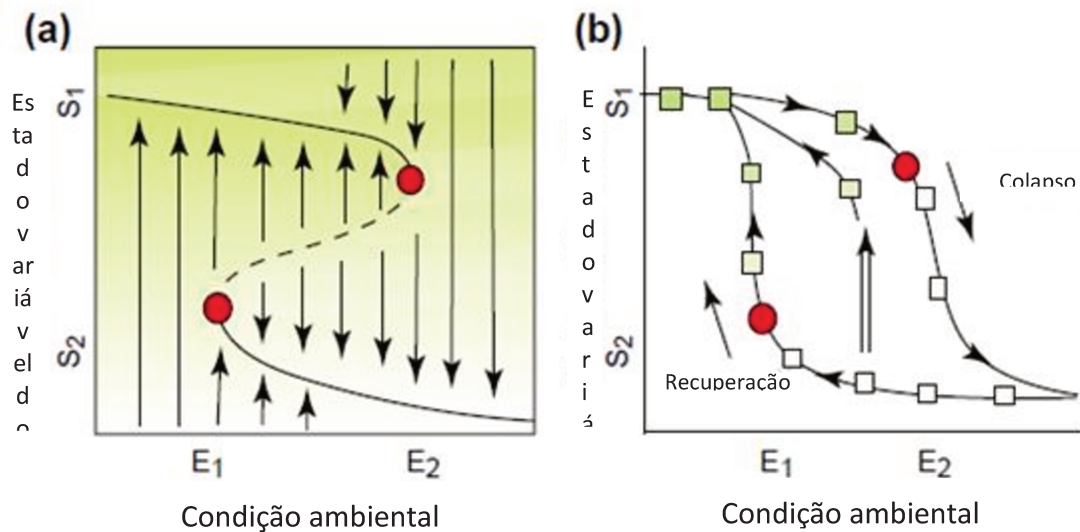


Figura 3. (a) Limiares críticos das condições ambientais (E_1 e E_2 , pontos vermelhos) limitam o equilíbrio estável, representado pelas linhas pretas contínuas, e o equilíbrio instável, representados pela linha pontilhada. A partir da transposição de cada limiar pode-se chegar ao estado estável seguinte. Na figura 3(b), onde as trajetórias de colapso e de restauração diferem, em S_1 , uma mudança nas condições do ambiente abaixo de E_2 sempre resultará no sistema retornar ao estado 'verde' S_1 . No entanto, se uma mudança ultrapassa E_2 , o sistema colapsa para o estado 'branco' de S_2 . Nas condições ambientais entre E_1 e E_2 , o sistema poderia retornar para ambos os estados 'verde' e 'branco', S_1 e S_2 , respectivamente. Por exemplo, em 3a, uma pastagem persiste no estado S_1 enquanto o pastejo aumentar de E_1 para E_2 . Se a pressão do pastejo ultrapassar o nível E_2 , o sistema colapsa para um sistema degradado dominado por arbustos, porque o limiar foi transposto. Uma vez que isso aconteça, o sistema não retorna ao estado S_1 , a menos que o pastejo seja reduzido abaixo do limiar E_1 . Em 3b, uma perturbação pode fazer com que o sistema retorne a S_1 sem que a pressão tenha excedido o limiar E_1 . Reproduzido de Suding *et al.* (2004), fig. 1.

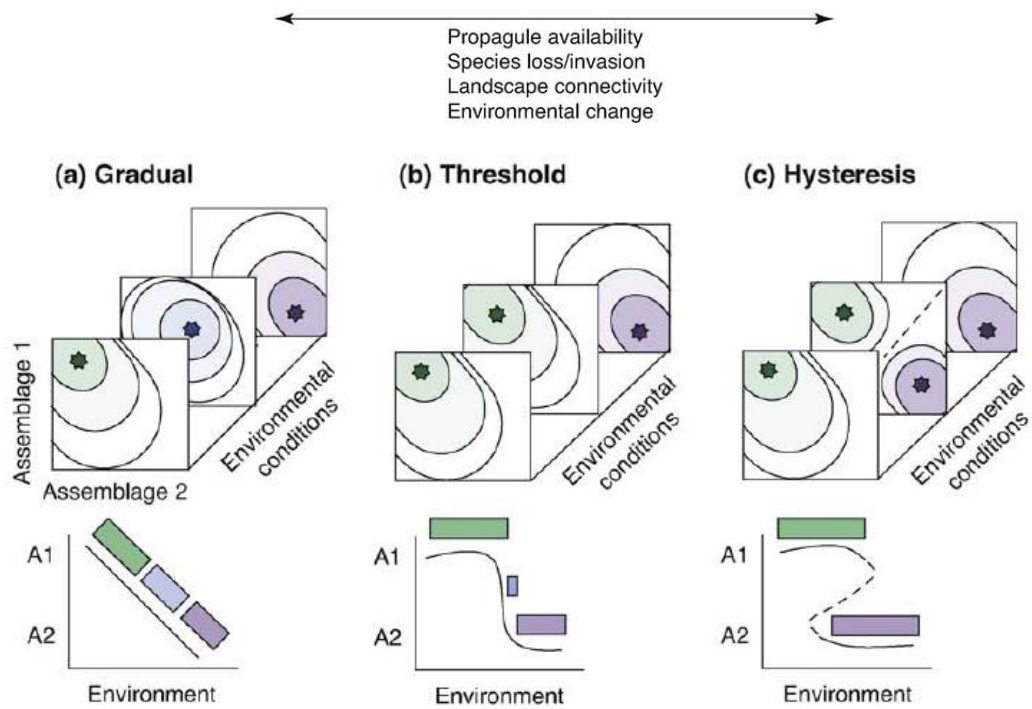


Figura 4. Modelos de limiar para sucessão com diferentes modos de resposta de ecossistemas a alterações ambientais. Fonte: Suding *et al.*, 2004.

REFERÊNCIAS

- Behling, H.; Jeske-Pieruschka, V.; Schüler, L. & Pillar, V. P. 2009. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A. V. A. (eds.). In: *Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da Biodiversidade*. MMA, Brasília, pp. 13-25.
- Benayas, R. J. M.; Newton, A. C.; Diaz, A. & Bullock, J. M. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science* 325:1121–1124
- Brancalion, P. H. S.; Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S.; Kageyama, P. Y.; Nave, A. G.; Gandara, F. B.; Barbosa, L. M. & Tabarelli, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore* 34:455-470
- BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Brasil. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF.
- Câmara, I. G. 2003. Brief history of conservation in the Atlantic Forest. Galindo-Leal, C. & Câmara, I. G. (eds.). In: *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Island Press, Washington, DC, pp. 31-42.
- Campanili, M. & Prochnow, M. 2006. Mata Atlântica – uma rede pela floresta. RMA, Brasília.
- Cavalcanti, R. B. & Joly, C. A. 2002. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region. Oliveira, P. S. & Marquis, R. (eds.). In: *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. pp. 351–367.
- Choi, Y. D. 2004. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. *Ecological Research* 19:75–81
- CONABIO. Conselho Nacional de Biodiversidade. Resolução nº 3, de 21 de dezembro de 2006. Dispõe sobre Metas Nacionais de Biodiversidade para 2010. Brasília.
- Cordeiro, J. L. P. & Hasenack, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A. V. A. (eds.). In: *Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da Biodiversidade*. MMA, Brasília, pp. 285-299.
- Coutinho, L. M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. Goldammer, J. G. (ed.). In: *Fire in the tropical biota*. Springer Berlin Heidelberg. Berlin.
- Dean, W. 1995. *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. University of California Press, Berkeley – USA.

- Durigan, G. 2013. Reflexões sobre a restauração ecológica em regiões de Cerrado. Barbosa, L. M. (coord.). In: Políticas Públicas para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade. V Simpósio de Restauração Ecológica. Instituto de Botânica. São Paulo – SP.
- Durigan, G.; Engel, V. L.; Torezan, J. M.; Melo, A. C. G.; Marques, M. C. M.; Martins, S. V., Reis, A. & Scarano, F. R. 2010. Normas jurídicas para a restauração ecológica: Uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? *Revista Árvore* 34:471-485
- Durigan, G.; Melo, A. C. G. Max, J. C. M.; Vilas Boas, O. V.; Contieri, W. A. & Ramos, V. S. 2011. *Manual para recuperação da vegetação de cerrado*. Páginas & Letras. São Paulo. 3ª ed.
- Ferreira, N. R.; Medeiros, R. B. & Soares, G. L. G. 2008. Potencial alelopático do Capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes nativas. *Revista Brasileira de Sementes* 30:43-50
- Frost, P.; Medina, E.; Menaut, J. C.; Solbrig, O.; Swift, M. & Walker, B. 1986. Responses of Savannas to Stress and Disturbance. A Proposal for a Collaborative Programme of Research. Biology International. Disponível em <http://www.iubs.org/pdf/publi/BISI/SPECIAL%20ISSUE%2010a.pdf>. Acessado em 18/02/2015.
- Galindo-Leal, C. & Câmara, I. G. 2003. Atlantic Forest hotspot status: an overview. Galindo-Leal, C. & Câmara, I. G. (eds.). In: *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Island Press, Washington, DC.
- Giulietti, A. M.; Harley, R. M.; Queiroz, L.P.; Wanderley, M. G. L. & Berg, C. V. D. 2005. Biodiversity and conservation of plants in Brazil. *Conservation Biology* 19:632-639
- Guadagnin, D. L.; Zalba, S. M.; Górriz, B. C.; Fonseca, A. R.; Nebbia, A. J.; Cuevas, Y. A.; Emer, C.; Germain, P.; Wendland, E. M. D. R.; Perello, L. F. C.; Bastos, M. C. S.; Germain, P.; Sanhueza, C. C.; Masciadri-Bálsamo, S. & Villalobos, A. E. 2009. Árvores e arbustos exóticos invasores no Pampa: questões ecológicas, culturais e sócio-econômicas de um desafio crescente. Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A. V. A. (eds.). In: *Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da Biodiversidade*. MMA, Brasília, DF. 300-316.
- Harris, J. A.; Hobbs, R. J.; Higgs, E. & Aronson, J. 2006. Ecological Restoration and global climate change. *Restoration Ecology* 14:170-176
- Henriques, R. P. B. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias do Cerrado. Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C. & Felfili, J. M. (orgs.). In: *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF.

- Higgs, E.; Falk, D. A.; Guerrini, A.; Hall, M.; Harris, J.; Hobbs, R. J.; Jackson, S. T.; Rhemtulla, J. M. & Throop, W. 2014. The changing role of history in restoration ecology. *Frontiers in Ecology and Environment* 12:499-506
- Hilderbrand, R. H.; Watts, A. C. & Randle A. M. 2005. The myths of restoration ecology. *Ecology and Society* 10:19-30
- Hoffmann, W. A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. *Journal of Ecology* 84:383-393
- Hoffmann, W. A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35:422-433
- Hoffmann, W. A. 2005. Ecologia comparativa de espécies lenhosas de Cerrado e de mata. In: *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação*. A. Scariot; J. C. Sousa-Silva & J. M. Felfili (Orgs). MMA, Brasília, DF.
- ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Unidades de Conservação nos Biomas. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html>. Acessado em 23/10/2012.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2012. Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006. 2ª edição. Disponível em ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/lei11428_mata_atlantica.pdf. Acessado em 02/02/2015.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2013. Disponível em <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/biomas>. Acessado em 27/11/2013.
- Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE. 2004. Mapa dos Biomas do Brasil. Disponível em ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/. Acessado em 01/12/2013.
- Joly, C. A.; Metzger, J. P. & Tabarelli, M. 2014. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist* 204:459-473
- Keddy, P. A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 3:157-164
- Klink, C. A. & Machado, R. B. A 2005. Conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:147-155

- Lehmann, C. E. R.; Anderson, T. M.; Sankaran, M.; Higgins, S. I.; Archibald, S.; Hoffmann, W. A.; Hanan, F. P.; Williams, R. J.; Fensham, R. J.; Felfili, J.; Hutley, L. B.; Ratnam, J.; Jose, J. S.; Montes, R.; Franklin, D.; Russel-Smith, J.; Ryan, C. M.; Durigan, G.; Hiernaux, P.; Haidar, R.; Bowman, D. M. J. S. & Bond, W. J. 2014. Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. *Science* 343:548-552
- Lisboa, C. A. V.; Medeiros, R. B.; Azevedo, E. B.; Patino, H. O.; Carlotto, S. B. & Garcia, R. P. A. 2009. Poder germinativo de sementes de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) recuperadas e fezes de bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:405-410
- Maron, M.; Hobbs, R. J.; Moilanen, A.; Matthews, J. W.; Christie, K.; Gardner, T. A.; Keith, D. A.; Lindenmayer, D. B. & McAlpine, C. A. 2012. Faustian bargains? Restoration realities in the context of biodiversity offset policies. *Biological Conservation* 155:141–148
- Ministério do Meio Ambiente. 2011. Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dcbio/_arquivos/quarto_relatorio_147.pdf. Acessado em 20/02/2015.
- Miranda, H. S. & Sato, M. N. 2005. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C. & Felfili, J. M. (orgs.). In: *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. MMA, Brasília, DF.
- Mittermeier, R. A. Gil, P. R.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C. G.; Lamoreux, J. & Fonseca, G. A. B. 2004. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered ecoregions*. 2ª Edição. CEMEX, Cidade do México. 392p.
- Montalvo, A. M.; Williams, S. L.; Buchmann, S. L.; Cory, C.; Handel, S. N. Nabhan, G. P.; Primack, R.; Robichaux, R. H. 1997. Restoration biology: a population biology perspective. *Restoration Ecology* 5:277-290
- Myers, N.; Mittermeier R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858
- Norton, D. A. Species invasions and the limits to restoration: Learning from the New Zealand experience. *Science* 325:569-570
- Overbeck G. E.; Müller, S. C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Pillar, V. D.; Blanco, C. C.; Boldrini, I. I.; Both, R. & Forneck, E. D. 2007. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 9: 101–116

- Overbeck, G. E.; Müller, S. C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Blanco, C. C.; Boldrini, I. I.; Both, R. & Forneck, E. D. 2009. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A. V. A. (eds.). *In: Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade*, MMA, Brasília, pp. 26-41.
- Overbeck, G.; Hermann, J. M.; Andrade, B. O.; Boldrini, I. I.; Kiehl, K.; Koch, C.; Kollmann, J.; Meyer, S.; Müller, S. C.; Nabinger, C.; Pilger, G. E.; Trindade, J. P. P.; Vélez-Martin, E.; Walker, E. A.; Zimmermann, D. G. & Pillar, V. P. 2013. Restoration ecology in Brazil – time to step out of the forest. *Natureza & Conservação* 11:92-95
- Pádua, M. T. J. Pobre Rebouças. 2004. Disponível em http://www.oeco.com.br/maria-tereza-jorge-padua-lista/16218-oeco_10133. Acessado em 23/10/2012.
- Palmer, M. A. ; Ambrose, R. F. & Poff, N. L. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* 5:291-300
- Palmer, M. A; Filoso, S. 2009. Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science* 325:575–576
- Pillar, V. D. & Quadros, F. L. F. 1997. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. *Coenoses* 12: 119-126
- Pillar, V. D.; Boldrini, I. I.; Hasenack, H.; Jacques, A. V. A.; Both, R.; Müller, S. C.; Eggers, L.; Fidelis, A. T.; Santos, M. G.; Oliveira, J. M.; Cerveira, J.; Blanco, C.; Joner, F.; Cordeiro, J. L. P. & Galindo, M. P. 2006. Estado atual e desafios para a conservação dos campos. *In: Estado atual e desafios para a conservação dos Campos*. Workshop. Pillar, V. D. (coord.). Disponível em http://www.ecologia.ufrgs.br/ecologia/workshop_campos%20RS2006.pdf. Acessado em 02/12/2013.
- Pillar, V. P. & Vélez, E. 2010. Extinção nos Campos Sulinos em unidades de conservação: um fenômeno natural ou um problema ético? *Natureza & Conservação* 8:84-86
- Pivello, V. R. 2005. Manejo de fragmentos de Cerrado: Princípios para a conservação da biodiversidade. Scariot, A.; Sousa, J. C. & Felfili, J. M. (orgs). *In: Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. MMA, Brasília, DF.
- Pizzato, F. 2013. Pampa Gaúcho: causas e consequências do expressivo aumento das áreas de soja. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Programa de Pós Graduação em Geografia. Porto Alegre.
- Reis, A.; Bechara, F. C. & Tres, D. R. 2010. Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola* 87:244-250

- Reis, A.; Tres, D. R. & Scariot, E. C. 2007. Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. *Pesquisa Florestal Brasileira* 55:67-73
- Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1142-1153
- Ribeiro, M. C.; Martensen, A. C.; Metzger, J. P.; Tabarelli, M.; Scarano, F. & Fortin, M. J. 2011. The Brazilian Atlantic Forest: A shrinking biodiversity hotspot. Zachos, F. E. & Habel, J. C. (orgs.). *In: biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*. Springer-Verlag, Berlin.
- Roberts, L.; Stone, R. & Sugden, A. 2009. The rise of restoration ecology. *Science* 325:555.
- Rylands A. B. & Brandon, K. 2005. Unidades de conservação brasileiras. *Megadiversidade* 1:27-35
- Saxon, E.; Baker, B.; Hargrove, W.; Hoffman, F. & Zganjar, C. 2005. Mapping environments at risk under different climate change scenarios. *Ecology Letters* 8:53–60
- Scarano, F. R. 2014. Mata Atlântica: uma história do futuro. *Conservação Internacional. Série Biomas Brasileiros*. Edições de Janeiro.
- Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C. & Felfili, J. M. 2005. *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação*. MMA, Brasília, DF.
- Society for Ecological Restoration – SER. 2004. Ecological Restoration – a Means of Conserving Biodiversity and Sustaining Livelihoods. Disponível em <<http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ecological-restoration-a-means-of-conserving-biodiversity-and-sustaining-livelihoods>>. Acessado em 23/06/2013.
- Suding, K. N.; Gross, K. L. & Houseman, G. R. 2004. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19:46-53
- Suding, K. N. & Hobbs, R. J. 2009. Threshold models in restoration and conservation: a developing framework. *Trends in Ecology and Evolution* 24:271-279
- Tabarelli, M.; Pinto, L. P.; Silva, J. M. C.; Hirota, M. M. & Bedê, L. C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade* 1:132-138
- Temperton, V. M.; Hobbs, R. J.; Nettle, T. & Halle, S. 2004. *Assembly Rules and Restoration Ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press.

Urban, T. 1998. *Saudade do Matão. Relembrando a História da Conservação da Natureza no Brasil*. Editora UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Curitiba.

Worm, B.; Hilborn, R.; Baum, J. K.; Branch, T. A.; Collie, J. S.; Costello, C.; Fogarty, M. J.; Fulton, E. A.; Hutchings, J. A.; Jennings, S.; Jensen, O. P.; Lotze, H. K.; Mace, P. M.; McClanahan, T. R.; Minto, C.; Palumbi, S. R.; Parma, A. M.; Ricard, D.; Rosenberg, A. A.; Watson, R. & Zeller, D. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science* 325:578–585

Young T. P.; Chase, J. M.; & Huddleston, R. T. 2001. Community succession and assembly. Comparing, contrasting and combining paradigms in the context of ecological restoration. *Ecological Restoration* 19:5–18

Young, T. P.; Petersen, D. A. & Clary, J. J. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters*. 8:662–673

Zarth, P. A. & Gerhardt, M. Uma história ambiental do Pampa do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.semapi.com.br/semapi2005/site/livro/cd%20rom/arquivos/06.pdf>. Acessado em 27/11/2013.

Capítulo 2. O conceito de restauração e termos afins nos instrumentos legais do Brasil – ambiguidades e omissões.

2.1. Introdução

No processo de construção da Ecologia da Restauração como uma base fundamentada e sólida para o estabelecimento de práticas para a restauração ecológica, as definições, conceituações e a criação de termos apropriados constituem um passo importante. Neste capítulo, abordaremos ambiguidades e desacordos na conceituação da restauração ecológica, apresentando os termos empregados em instrumentos legais e publicações, e discutindo como estas divergências se refletem no Brasil no âmbito institucional e legal, contribuindo para as dificuldades da aplicação de leis e normas.

A grande quantidade de termos associados ao tema e suas distintas conceituações, em instrumentos legais brasileiros e artigos científicos, foram tratadas por Oliveira & Engel (2011) e por Nery *et al.* (2013). Jackson *et al.* (1995) também apontam as grandes discussões semânticas e conceituais criadas em torno do termo “restauração ecológica”, dentro da própria Sociedade para Restauração Ecológica (Society for Ecological Restoration – SER), desde a sua fundação, em 1987, e em numerosos artigos científicos. (Cairns & Heckman, 1996; Temperton *et al.*, 2004, Young *et al.*, 2005). Hoje no Brasil, onde a restauração ecológica é desenvolvida em todo o país por empresas, proprietários de terras, ONGs e entes governamentais, e obrigatória por lei em circunstâncias diversas, estas definições são essenciais para tornar eficientes sua aplicação e a comunicação entre as instituições.

Utilizamos a definição de restauração ecológica, adotada pela SER, por ser suficientemente abrangente a ponto de incluir um amplo leque de práticas que visem a intervir nos ecossistemas para conduzi-los a um funcionamento e complexidade próximos do desejado: “o processo de assistência à recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SER, 2004). A escolha desta definição tem a intenção de tornar elegíveis para análise, neste trabalho, quaisquer projetos que se propusessem a restaurar ecossistemas, independentemente dos termos específicos que utilizassem para designar suas atividades.

2.2. Métodos

Conduzimos um levantamento de bibliografia em duas etapas: uma para a legislação, e outra para a literatura científica, ambas brasileiras. Nas duas etapas, realizamos buscas pelos termos correlatos à restauração ecológica utilizados por Kollmann *et al.* (não publicado), adaptando-os para o português (restauração OU recuperação OU reclamação OU revitalização OU reabilitação OU reflorestamento). O termo “recomposição”, ausente no artigo citado, foi adicionado nas buscas.

Para a legislação federal, utilizamos os resultados obtidos por Nery *et al.* (2013), selecionando apenas os requisitos legais que utilizavam explicitamente os termos procurados. Adicionamos análises da legislação dos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Espírito Santo, representantes dos três biomas pertinentes a esta tese. Todos os termos encontrados foram listados, assim como suas definições, quando presentes, ou sua utilização.

Para a literatura científica, realizamos a busca pelos títulos dos trabalhos no Google Acadêmico para os últimos 20 anos (1996 a 2015), utilizando obrigatoriamente qualquer um dos termos “ecológica”, “ecossistema” ou “floresta”, associado a cada um dos outros termos já citados. Foram excluídos as teses, dissertações e resumos em anais de eventos científicos. Foram selecionados para análise os artigos publicados em revistas mais citados para cada termo, sendo priorizados os que apresentassem em seu texto a definição do termo utilizado. Artigos que utilizaram os termos com um significado claramente distinto de restauração ecológica foram descartados.

Além dos resultados das buscas, três artigos internacionais de considerável repercussão (Brudvig, 2011; Aronson *et al.*, 2011; SER, 2013) foram usados como referenciais para os termos e conceitos em questão.

2.3. Resultados e Discussão

No levantamento da legislação pertinente, foram encontrados 15 instrumentos legais,, sendo seis leis, três decretos e uma resolução, todos federais, além de cinco normas estaduais, além da Constituição Federal de 1988. Foram encontrados, ao todo, 18 diferentes termos correlatos à restauração ecológica: Recuperação de Áreas Degradadas (aparecendo em cinco diferentes instrumentos legais); recuperação (1); recuperação ambiental (3); recuperação das Áreas de Preservação Permanente (1); recuperação de recursos ambientais (1); recuperação de áreas contaminadas ou degradadas (1); recuperação florestal (1); recuperação da floresta (1); recuperação da qualidade do meio ambiente (1); reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas (1); reposição florestal (2); recomposição (1), restauração (2); restauração dos recursos ambientais (1); restauração ambiental (1); reflorestamento (1); restaurar (1) e restauração ecológica (1).

As definições são bastante díspares, mesmo quando as publicações usam termos idênticos. Os termos empregados e suas definições, quando apresentadas, são comparados na Tabela 1.

Na literatura científica brasileira, 12 diferentes termos apareceram nos títulos de 49 artigos publicados em revistas, 18 livros e 18 capítulos de livros, totalizando 85 resultados (Tabela 2). Não foram encontrados resultados para o termo “revitalização”.

É evidente que a conceituação e a definição dos termos correlatos à restauração ecológica no Brasil são confusas. Por vezes, há termos diferentes para iguais acepções e, em outras ocasiões, termos iguais para acepções diferentes. Em função disto, é fácil prever os retornos, correções, reenvios e desentendimentos nos formulários, comunicados e projetos executivos trocados, por exemplo, entre restauradores e órgãos ambientais, aumentando a burocracia e a demora para obtenção de autorizações para o início dos procedimentos propostos. No mesmo país, a comunicação é complicada por 18 diferentes termos empregados em leis, resoluções, normas técnicas e outros instrumentos legais, em diversas esferas de governo.

A única lei que define claramente o termo “restauração” é a de nº 9.985, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, o SNUC (BRASIL, 2000). A lei, que sequer trata diretamente do tema, define restauração como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”, diferenciando-o de “recuperação”, que é a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”.

Outras leis federais que tratam de assuntos correlatos, como a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (conhecida como “Novo Código Florestal”, BRASIL, 2012), a Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006), apesar de não apresentarem uma definição, tratam de técnicas e dão diretrizes para as atividades e responsabilidades que concernem ao termo. No caso da Lei de Proteção da Vegetação Nativa de 2012, o inciso II do artigo 1º-A estipula que as “políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais” são parte da responsabilidade comum da federação, estados e municípios. Em outros artigos, a mesma lei utiliza o termo “reflorestamento”, sem defini-lo, quando, por exemplo, exige de autorização prévia os plantios de espécies nativas, com a condição de a prática estar cadastrada no órgão ambiental competente (BRASIL, 2012). A lei utiliza ainda o termo “recomposição”, inicialmente no artigo 61, quando torna tais atividades obrigatórias nas Áreas de Preservação Permanente, e o repete outras 41 vezes em todo o texto, sem haver uma definição ou a explicação sobre como ele se diferencia dos dois primeiros, “reflorestamento” e “restauração”.

A lei da Mata Atlântica (nº 11.428/2006) também utiliza “restauração” e “reflorestamento” sem definições prévias. Outro termo, “restauração ambiental”, também é utilizado para a criação de um fundo financeiro para projetos com objetivos de restauração em municípios com um plano de conservação e recuperação da Mata Atlântica (BRASIL, 2006). Dentre os decretos federais analisados, apresentam termos pertinentes à restauração ecológica os de números 97.632/1989; 5.975/2006 e 6.514/2008, todos partes da regulamentação da Política Nacional de Meio Ambiente e leis afins. Nota-se o contexto produtivista do decreto 97.632, que define o termo “reposição florestal” como reposição de matéria-prima, restringindo os métodos da atividade aos “plantios florestais”. Assim, esse decreto exclui a utilização de outros métodos, em áreas onde a “vegetação natural” é efetiva ou potencialmente suprimida por empresas, e nas quais a reposição é obrigatória por determinação do próprio decreto. Também ressalta-se os quatro diferentes termos utilizados em um único decreto, o de número 6.514/2008 (ver Tabela 3), uma diversidade que contraria a clareza e a objetividade desejáveis em instrumentos legislatórios. Além destes quatro, “recuperação da qualidade do meio ambiente” aparece sem ser vinculado à restauração ecológica, e, por isto, não foi listado entre os resultados. A exclusão deste termo da lista de resultados é, entretanto, interpretativa, e atribuímos a incerteza justamente à escassez de definições e dos conflitos trazidos pela legislação neste contexto.

Outra norma federal, a Resolução 429 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, oficialmente dispõe sobre a “recuperação” das áreas de preservação permanente, mas usa o termo “restauração do ecossistema” como sendo o efeito a ser induzido pelo uso temporário de

espécies exóticas no processo (CONAMA, 2011). Esta resolução enumera três procedimentos que podem ser aplicados em Áreas de Preservação Permanente, de onde se pode inferir qual a concepção do termo recuperação pretendida pelo legislador: [1] a condução da regeneração natural de espécies nativas, [2] o plantio de espécies nativas, [3] uma conjugação dos dois primeiros. Entretanto, a grande amplitude deste conceito implícito na resolução, apresenta-se na lista de requisitos para os três métodos mencionados, destacando-se: [1] o isolamento da área a ser recuperada; [2] a adoção de medidas de controle da erosão; [3] a adoção de medidas para atração de animais nativos dispersores de sementes; [4] a prevenção de acesso de animais domésticos ou exóticos; [5] a “manutenção dos indivíduos de espécies nativas estabelecidos, plantados ou germinados, pelo tempo necessário, sendo no mínimo dois anos, mediante coroamento, controle de plantas daninhas, de formigas cortadeiras, adubação quando necessário e outras”. Acrescenta-se, ainda, nas considerações finais, outros aspectos da ação de recuperação das áreas, como limitação de uso de insumos agroquímicos, manejo agroflorestal sustentável (sem definição) e incentivos econômicos associados à proteção, conservação e uso sustentável da biodiversidade.

Já no âmbito dos estados, a Instrução Normativa nº 17, de 2006, do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), foi uma das primeiras. Ela estabelece critérios técnicos básicos, fornecendo subsídios para a elaboração de “Planos de Recuperação de Áreas Degradadas”, PRADs, mais um termo no amplo glossário da restauração ecológica em âmbito legal no Brasil.

Nesta instrução o IEMA/ES determina a elaboração de um plano contendo a localização e a caracterização da área, e o planejamento dos procedimentos a serem adotados para sua recuperação. Para a recuperação propriamente dita, inclui nas especificações do plano a recomposição topográfica e paisagística da área, o manejo do solo e da vegetação e o plantio de mudas nativas. Neste último item, inclui nas obrigações, por exemplo, a seleção das espécies com base em sua ocorrência em fragmentos adjacentes (não há procedimento definido para casos de não existência de fragmentos próximos), o controle de formigas, o replantio de indivíduos mortos e o estabelecimento de manutenção e monitoramento dos plantios por, no mínimo, quatro anos.

No estado de São Paulo, a resolução nº 08/2008, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, dispõe sobre o “reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas”. No entanto, apesar de o título usar o termo *reflorestamento*, a definição no corpo dessa Norma é de “recuperação florestal”: “restituição de uma área desflorestada, perturbada ou degradada à

condição de floresta nativa, de acordo com projeto previamente elaborado de ocupação da área” (SMA – SP, 2008).

Bastaram seis anos para que novas discussões levassem à revogação dessa resolução durante o desenvolvimento do presente trabalho. Em seu lugar, foi promulgada a resolução SMA-SP nº 32/2014, que introduziu o termo “restauração ecológica” na legislação brasileira, e, também de forma mais ampla, a definiu como “intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica” (SMA – SP, 2014). Em termos técnicos, a nova resolução inova no monitoramento, ampliando-o para 20 anos, em lugar dos quatro anos comumente vistos nas resoluções anteriores e de outros estados. Outro ponto importante é o direcionamento do foco da restauração para os resultados, e não para os métodos.

Também em São Paulo, a lei estadual 13.550, que carrega o mérito do estabelecimento de proteção especial ao cerrado paulista, apresenta o termo “recuperação ambiental”, condicionando a atividade para as autorizações de supressão que prevê para vegetações de capoeira e campo cerrado e também para cerradão e cerrado “stricto sensu” em estágio inicial de regeneração (SP, 2009).

Na lei estadual nº 9.519, que institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul, o artigo 3º estabelece a “Recuperação de áreas degradadas” como um dos objetivos específicos da “Política Florestal do Estado”. Além de não fornecer a definição para o termo, não há outras providências para sua implementação. Em dois outros artigos da mesma lei, um segundo termo é utilizado para designar atividades semelhantes. No artigo 15, a elaboração de um projeto de “Recuperação ambiental” é pré-requisito para obter “autorização para a utilização dos recursos florestais oriundos de florestas nativas, em propriedades onde tenha ocorrido a destruição da cobertura vegetal considerada pelo Código Florestal Federal de preservação permanente”. Por fim, o artigo 26 prevê o incentivo estadual para pesquisas sobre as espécies para serem aplicadas na referida atividade.

O conflito de termos e conceitos para a restauração ecológica no Brasil foi examinado por Nery *et al.* (2013). Em seis leis analisadas naquele artigo, foram encontrados quatro diferentes termos que designariam processos semelhantes, todos englobados na definição da Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica citada no início do texto.

No âmbito legal a situação presente se justifica: é recente o esforço para normatizar a restauração no país, e, por isso, o processo ainda é imaturo. Mesmo que a restauração estivesse prevista na Constituição de 1988, mencionada de forma genérica em requisitos legais como o antigo Código Florestal e a lei que o substituiu (leis nº 4.771/1965 e nº 12.651/2012,

respectivamente), e na Política Nacional de Meio Ambiente (lei nº 6.938 de 1981) os procedimentos de restauração só foram alvo de regulação específica na década de 2000, e ainda assim, principalmente pelos órgãos ambientais estaduais. Este fato gerou uma série de conflitos conceituais e terminológicos. Cientistas, legisladores, organizações não governamentais, órgãos ambientais e outros, passaram a produzir publicações e relatórios técnicos com termos e conceitos variados que influenciam práticas em campo e de fiscalização sem padrão comum, disseminados pelo país afora.

Segundo Nery *et al.* (2013), a tentativa de solucionar questões práticas, tais como a restauração de ecossistemas degradados, está fortemente relacionada à qualidade das bases teóricas utilizadas nesta tarefa. Imprecisões e interpretações dúbias do conceito de “restauração” geram atualmente problemas no delineamento, definição de objetivos e concepção de projetos, nas técnicas utilizadas, no monitoramento das ações, e no estabelecimento de sanções e novas condutas no âmbito penal.

Na literatura científica o termo mais frequentemente encontrado é, de fato, “restauração ecológica”, apresentado em 43 dos 85 títulos de artigos, livros ou capítulos de livros. Em dois outros trabalhos “restauração” foi utilizado sem o adjetivo “ecológica”. O termo, em inglês, *ecological restoration*, foi escolhido internacionalmente para designar as intervenções humanas para o restabelecimento dos ecossistemas, estando em aproximadamente 96% dos artigos publicados sobre o tema, entre 1980 e 2008, nas revistas especializadas nessa área (Oliveira & Engel, 2011). Esta preferência pode ser vista praticamente na mesma proporção em análise específica para cada uma das três categorias de publicações. “Restauração ecológica” foi utilizada em sete dos 18 livros encontrados; 12 dos 18 capítulos de livros; e 24 dos 49 artigos publicados em revistas científicas.

Conceitos e definições para restauração ecológica ainda apresentam diferenças, mesmo que este seja o termo mais amplamente disseminado entre cientistas. Tres *et al.* (2007), por exemplo, não apresentam uma definição direta para o termo, mas citam Engel & Parrota (2003) para determinar parâmetros para a aplicação da restauração ecológica – metas a longo prazo e auto-sustentabilidade, estabilidade e resiliência do ecossistema. Seu objetivo é a ampliação das “possibilidades da sucessão natural se expressar, criando condições para uma biodiversidade elevada e com estrutura mais próxima possível das comunidades naturais”.

Dentre os artigos internacionais que usamos como referencial (Tabela 3), Brudvig (2011) define a restauração ecológica como o conjunto de atividades que visam recuperar um ecossistema alterado de modo a conferir-lhe atributos desejáveis, como espécies nativas e funções ecossistêmicas. Para Lars Brudvig, essa é a primeira opção para aumentar os níveis de

biodiversidade local (Brudvig, 2011). Ou seja, a definição direciona as práticas em restauração para uma abordagem ecossistêmica, conduzida pelo homem, das quais se espera que resultem em um sensível aumento da biodiversidade.

O conceito apresentado por James Aronson, Giselda Durigan e Pedro Brancalion é bem semelhante ao anterior. Segundo eles, restauração ecológica é a aplicação prática da ciência chamada Ecologia da Restauração, que tem sido empregada para potencializar a conservação da biodiversidade, gerando bens e serviços ecossistêmicos, de modo a reverter o processo de degradação ambiental (Aronson *et al.*, 2011). Essa caracterização descreve objetivos desejáveis, remetendo sua definição ao da ciência que a desenvolve. Jackson *et al.*, (1995) traz um conceito semelhante ao da SER (2004): “processo de reparo de danos causados por atividades humanas à diversidade e dinâmica de ecossistemas”.

Uma revisão intitulada “A Restauração Ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área” (Oliveira & Engel, 2011) aponta que, para alguns autores, a restauração ecológica pode ser entendida como arte, prática ou ciência aplicada. Hobbs *et al.* (2011) sugerem que, juntamente com a biologia da conservação e outros campos afins, a restauração ecológica é parte de uma abordagem mais ampla que pode ser chamada de “ecologia da intervenção”. Naeem *et al.* (2009) ressaltam a importância de pensar a restauração não apenas como uma forma de reverter a perda de biodiversidade, mas também a perda funcional e dos serviços ecossistêmicos.

O acordo defendido por Oliveira & Engel (2011) para o uso do termo não foi completamente difundido no Brasil. As autoras concluem em sua revisão que “(...) não existe um conceito unificado e completamente aceito para a Ecologia da Restauração, ou para a Restauração Ecológica (...). Por exemplo, percebe-se uma clara sobreposição entre o que se entende por ‘reabilitação’ e ‘restauração’ de ecossistemas. Ou seja, muitas definições dadas ao termo ‘reabilitação’ contêm os mesmos elementos e objetivos conferidos atualmente à restauração ecológica”.

Embora “restauração ecológica” seja o termo utilizado pela maior parte dos trabalhos, ainda há inconsistências terminológicas na produção científica no país. Quarenta trabalhos foram publicados com outros 10 diferentes termos nos últimos 20 anos, o que demonstra que a falta de uniformidade da legislação também é aparente na literatura. Seria de se esperar que termos divergentes fossem se tornando escassos nas publicações científicas, principalmente a partir do cunho da definição de restauração ecológica pela SER, em 2004, mas muitos destes trabalhos foram publicados recentemente. Por exemplo, o termo “reflorestamento”, foi utilizado em quatro artigos publicados em periódicos científicos, entre 2008 e 2012.

Nos artigos científicos também foi raro encontrar definições claras, usos ou objetivos expressos da aplicação dos conceitos utilizados (Tabela 4). Por exemplo, Chabaribery *et al.* (2008) utilizam o termo “recuperação” no título, sem apresentarem uma definição ou referência no artigo. Outro termo pertinente, “restauração florestal da paisagem” é apresentado e definido ao longo do texto como “um processo planejado que almeja recuperar a integridade ecológica e melhorar o bem-estar humano em paisagens desflorestadas ou degradadas”. O mesmo trabalho ainda utiliza “restauração”, a exemplo das normas legais que utilizam palavras diferentes para designar os mesmos processos. Seguindo esta mesma tendência, Costa *et al.* (2010) entendem que há três diferentes processos com objetivos intermediários possíveis de serem pretendidos dentro de um conceito mais amplo de “Recuperação”. Para estes três processos, são utilizados os termos “reabilitação”, que consta no título do artigo, “restauração” e “redefinição”.

As conclusões sobre o problema conceitual são, primeiro, que tanto na legislação quanto na ciência, termos diferentes são utilizados para designar conceitos semelhantes. No sentido inverso, autores ou leis que usam o mesmo termo atualmente não estão necessariamente se referindo a um mesmo conceito. Conforme apontaram Halle & Fattorini (2004), falta à Restauração Ecológica uma base conceitual sólida, o que prejudica a sua capacidade de orientar aplicações em diferentes sistemas ou situações. Embora muitos trabalhos pretendam resolver esses conflitos, ainda há uma reconhecida necessidade de aperfeiçoamento deste quadro conceitual (Nuttall *et al.*, 2004). Os dois problemas - a ausência da base conceitual e a falta de padrão terminológico - estão associados e se retroalimentam. A resolução de ambos é importante a fim de evitar outros problemas *a posteriori*, como na comunicação entre restauradores, cientistas e agentes governamentais, e quando outras esferas de atuação são analisadas.

Para além da discussão conceitual, os componentes técnicos também são questões controversas essenciais à análise do perfil da restauração ecológica no Brasil. Estas serão abordadas no capítulo 3.

TABELAS

Tabela 1. Definições e utilização dos termos afins à restauração ecológica em dispositivos legais brasileiros.

Instrumento legal	Termo empregado	Definição ou uso	Referência
Constituição de 1988	Restaurar	Define que, para a efetivação do direito estipulado no artigo 225, - “o meio ambiente ecologicamente equilibrado” -, o poder público se incumbe de “preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas”.	Constituição Federal de 1988.
Código Florestal de 1965	Recomposição	O termo não é definido, mas a lei torna a medida obrigatória para proprietários rurais com áreas de reservas legais cobertas por “vegetação nativa em extensão inferior ao estabelecido” no artigo 16 da mesma lei.	Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Instituiu o antigo Código Florestal, revogado pela lei nº 12.651 de 2012.
Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA)	Recuperação de áreas degradadas	Não define o termo, mas inclui, no artigo 2º, a RAD como um dos dez princípios da PNMA.	Lei Federal 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.
Política Nacional de Meio Ambiente	Recuperação ambiental	Artigo 9º - C. Parágrafo 1º, Inciso I. Inclui como requisito do estabelecimento de contrato de servidão ambiental a delimitação da área a ser recuperada.	Lei Federal 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.
Política Nacional de Meio Ambiente	Recuperação de recursos ambientais	No artigo 11, parágrafo 2º, determina a recuperação como um dos objetivos da atividade fiscalizadora que atribui ao IBAMA.	Lei Federal 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.
Política Nacional de Meio Ambiente	Recuperação de áreas contaminadas ou degradadas	Não há definição para o termo. No Anexo VIII, código 17, inclui a atividade como um dos “Serviços de utilidade”.	Lei Federal 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.
Política Nacional de Meio Ambiente	Restauração dos recursos ambientais	Enumera a atividade como um dos objetivos da PNMA. Não define o termo.	Lei Federal 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.
Lei de crimes ambientais	Recuperação de áreas degradadas	Não define o termo. Prevê a “execução de obras de recuperação de áreas degradadas” como uma das possíveis penas para crimes ambientais cometidos por pessoas jurídicas.	Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
SNUC	Restauração	Restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.	Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Brasil, 2000.
SNUC	Recuperação	Restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.	Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Brasil, 2000.

Instrumento legal	Termo empregado	Definição ou uso	Referência
Lei da Mata Atlântica	Restauração	Não define termos, mas cria o “Fundo de Restauração da Mata Atlântica”.	Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Brasil, 2006.
Lei da Mata Atlântica	Restauração Ambiental	Destinação dos recursos do Fundo de Restauração da Mata Atlântica – “projetos em restauração ambiental”.	Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Brasil, 2006.
Novo Código Florestal	Recomposição	Torna a atividade de recomposição obrigatória em Áreas de Preservação Permanente e dá diversas outras providências. O termo aparece 42 vezes em toda a lei.	Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Cria o novo Código Florestal. Brasil, 2012
Novo Código Florestal	Reflorestamento	Plantios de espécies arbóreas nativas são isentos de autorização, desde que a ação esteja cadastrada no órgão ambiental competente.	Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Cria o novo Código Florestal. Brasil, 2012
Decreto Federal – regulamenta a PNMA	Recuperação de área degradada	“A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.	Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Regulamenta o artigo 2º, inciso VIII, da PNMA.
Decreto Federal – regulamenta uma série de leis, incluindo a PNMA.	Reposição Florestal	“Compensação do volume de matéria-prima extraído de vegetação natural pelo volume de matéria-prima resultante de plantio florestal para geração de estoque ou recuperação de cobertura florestal”. A lei torna a atividade obrigatória para as empresas que promovem supressão de vegetação.	Decreto Federal nº 5.975 de 30 de novembro de 2006.
Decreto Federal – regulamenta uma série de leis, incluindo a PNMA.	Recuperação da Floresta	Não há definição do termo. O decreto determina que o “embargo de área irregularmente explorada e objeto do Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS não exonera seu detentor da execução” das atividades de recuperação.	Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008.
Decreto Federal – regulamenta uma série de leis, incluindo a PNMA.	Recuperação Ambiental	Não há definição do termo. Estabelece que o resguardo da recuperação ambiental é um dos objetivos das medidas tratadas no artigo 101.	Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008.
Decreto Federal – regulamenta uma série de leis, incluindo a PNMA.	Recuperação da Área Degradada	Não há definição do termo. Estabelece que possíveis embargos de obras tem como um de seus objetivos viabilizar a recuperação da área degradada.	Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008.
Decreto Federal – regulamenta uma série de leis, incluindo a PNMA.	Reposição florestal	Não traz definição do termo. Estipula a pena para “quem deixa de cumprir a reposição florestal obrigatória”.	Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008.

Instrumento legal	Termo empregado	Definição ou uso	Referência
Resolução CONAMA sobre APPs	Recuperação das Áreas de Preservação Permanente	Define-se pelas metodologias estabelecidas na resolução. Em resumo, a recuperação se dá através de condução da regeneração natural de espécies nativas, do plantio de espécies nativas ou da conjugação dos dois primeiros.	Resolução nº 429 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, de 28 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs. CONAMA, 2011.
Lei Estadual, Rio Grande do Sul, 1992.	Recuperação de áreas degradadas	Não há definição para o termo. Determina a atividade como um dos “objetivos específicos da política florestal do estado”.	Lei Estadual nº 9.519 do Rio Grande do Sul. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.
Lei Estadual, Rio Grande do Sul, 1992.	Recuperação ambiental	No artigo 15, a lei condiciona a utilização de recursos florestais de florestas nativas “à apresentação de projeto de recuperação ambiental”, sem, no entanto, definir o termo. O mesmo reaparece no artigo 26, ao falar sobre incentivos a pesquisas de espécies nativas a serem utilizadas na atividade.	Lei Estadual nº 9.519 do Rio Grande do Sul. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.
Norma IEMA, Espírito Santo, 2006	Recuperação de Áreas Degradadas	Entre as atividades compreendidas encontram-se recomposição topográfica e paisagística, manejo do solo e da vegetação, plantio de mudas nativas, estudos nos fragmentos adjacentes, controle de formigas, replantio de indivíduos mortos e monitoramento por quatro anos.	Instrução Normativa nº 17, de 06 de dezembro de 2006. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA.
Lei Estadual, São Paulo, 2009.	Recuperação Ambiental	Condiciona a autorização para supressão de vegetação de cerrado à recuperação de 4 vezes o tamanho da área desmatada.	Lei estadual nº 13.550, de 2 de junho de 2009. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.
Resolução SMA, São Paulo, 2008	Reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas	Dá título à resolução: “Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas”.	Resolução nº 008 de 31 de janeiro de 2008. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.
Resolução SMA, São Paulo, 2008	Recuperação Florestal	Restituição de uma área desflorestada, perturbada ou degradada à condição de floresta nativa, de acordo com projeto previamente elaborado de ocupação da área.	Resolução nº 008 de 31 de janeiro de 2008. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.
Resolução SMA, São Paulo, 2014	Restauração Ecológica	Intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica.	Resolução nº 32 de 03 de abril de 2014. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.

Tabela 2. Número de vezes que os termos correlatos à restauração ecológica aparecem na literatura científica brasileira.

	Livros	Capítulos de livros	Artigos em revistas	Total
Restauração Ecológica	7	12	24	43
Restauração	1	1	0	2
Recuperação	4	1	9	14
Recuperação Ambiental	1	0	2	3
Recuperação de Áreas Degradadas	2	1	3	6
Recuperação Ecológica	0	1	0	1
Recuperação Florestal	0	0	1	1
Reabilitação	0	0	3	3
Reabilitação Funcional	0	2	1	3
Regeneração Ambiental	1	0	0	1
Reflorestamento	1	0	5	6
Recomposição	1	0	1	2
Total	18	18	49	85

Tabela 3. Exemplo de definições de restauração ecológica na literatura internacional utilizada como referencial.

Fonte	Termo empregado	Definição ou uso
Aronson <i>et al.</i> (2011)	Ecological restoration	“Aplicação prática da ciência chamada Ecologia da Restauração, e tem sido empregada como medida para potencializar a conservação da biodiversidade, gerando bens e serviços ecossistêmicos, de modo a reverter o processo de degradação ambiental”.
Brudvig (2011)	Ecological restoration	“Conjunto de atividades que possuem a intenção de recuperar um ecossistema alterado de modo a conferir-lhe atributos desejáveis, como espécies nativas e funções ecossistêmicas”. O autor ainda acrescenta que ela representa a primeira opção para aumentar os níveis de biodiversidade local.
Jackson <i>et al.</i> (1995)	Ecological restoration	“O processo de reparar os danos causados pelos humanos à diversidade e dinâmica de ecossistemas naturais”.
SER (2004)	Ecological restoration	“O processo de assistência à recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído”.

Tabela 4. Exemplo de definições de restauração ecológica na literatura científica.

Fonte	Termo empregado	Definição ou uso
Costa <i>et al.</i> (2010)	Recuperação	“O processo de recuperação de um ecossistema natural, perturbado pela ação antrópica, pode ser feito mediante: restauração (...), reabilitação e redefinição”.
Costa <i>et al.</i> (2010)	Restauração	“(…) é realizada através de práticas ecológicas e silviculturais do ecossistema, onde são recuperadas a forma e função original dos ambientes antes de sua degradação, restabelecendo-se sua composição e diversidade de espécies, estrutura trófica, fisionomia e dinâmica original”.
Costa <i>et al.</i> (2010)	Reabilitação	Os autores classificam a reabilitação, termo utilizado no título do trabalho, como uma “etapa fundamental para se chegar à restauração” e a definem como “aquela em que uma nova função e, ou, forma biológica diferentes da original são aceitáveis, desde que seja estabelecida uma nova condição biológica estável em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança”.
Costa <i>et al.</i> (2010)	Redefinição	“(…) transformação do ambiente degradado a uma nova forma e função não biológica”.
Chabaribery <i>et al.</i> (2008)	Recuperação	Não há.
Chabaribery <i>et al.</i> (2008)	Restauração florestal da paisagem.	“Um processo planejado que almeja recuperar a integridade ecológica e melhorar o bem-estar humano em paisagens desflorestadas ou degradadas”.
Tres <i>et al.</i> (2007)	Restauração Ecológica	“A restauração ecológica deve incluir metas a serem alcançadas a longo prazo, baseadas na recriação de um ecossistema auto-sustentável, estável e resiliente. Seu objetivo é ampliar as possibilidades da sucessão natural se expressar, criando condições para uma biodiversidade elevada e com estrutura mais próxima possível das comunidades naturais”.

REFERÊNCIAS

- Aronson, J.; Durigan, G. & Brancalion, P. H. S. 2011. *Conceitos e Definições Correlatos à Ciência e à Prática da Restauração Ecológica*. Série Registros. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo.
- BRASIL. Decreto nº Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Regulamenta o artigo 2º, inciso VIII, da PNMA. Brasília, DF. 1989.
- BRASIL. Decreto Federal nº 5.975 de 30 de novembro de 2006. Brasília, DF. 2006.
- BRASIL. Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Brasília, DF. 2008.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF. 1965.
- BRASIL. 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. Brasília, DF. 1981.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasil. Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências. Brasília, DF. 2000.
- BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Brasil. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF. 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasil. Cria o novo Código Florestal. Brasília, DF. 2012.
- Brudvig, L. A. 2011. The restoration of biodiversity. Where has research been and where does it need to go? *American Journal of Botany* 98: 549–558
- Cairns, J. J. & Heckman, J. R. 1996. Restoration ecology: the state of an emerging field. *Annual Review of Energy and Environment* 21:167-189
- Chabaribery, D.; Silva, J. R.; Tavares, L. F. J.; Loli, M. V. B.; Silva, M. R. & Monteiro, A. V. 2008. Recuperação de matas ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. *Informações Econômicas* 38:7-20
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 429, de 28 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre a metodologia de recuperação de Áreas de Preservação Permanente – APPs. Brasília, 2011.
- Costa, M. P.; Nappo, M. E.; Caçador, F. R. D.; Henrique, H. & Barros, D. 2010. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na bacia do Rio Itapemirim. *Revista Árvore* 34:835-851

Engel, V. L. & Parrota, J. A. 2003. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L. & Gandara, F.B. (Eds.). In: *Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais*. São Paulo.

Halle, S. & Fattorini, M. 2004. Advances in Restoration Ecology: Insights from aquatics and terrestrial ecosystems. Temperton, V. M.; Hobbs, R. J.; Nuttle, T. & Halle, S. (eds.). In: *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press. Washington, D.C., USA.

Hobbs, R. J.; Hallett, L. M.; Ehrlich, P. R. & Mooney, H. A. 2011. Intervention ecology: Applying ecological science in the twenty-first century. *Bioscience* 61:442-450

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA. *Instrução Normativa nº 17, de 06 de dezembro de 2006*. Disponível em <http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>. Acessado em 23/06/2013.

Jackson, L. L.; Lopoukhine, N. & Hillyard, D. 1995. Ecological restoration: a definition and comments. *Restoration Ecology* 3:71–75

Naeem, S.; Bunker, D. E.; Hector, A.; Loreau, M. & Perrings, C. 2009. Introduction: the ecological and social implications of changing biodiversity: An overview of a decade of biodiversity and ecosystem functioning research. Naeem, S.; Bunker, D. E.; Hector, A.; Loreau, M. & C. Perrings (orgs.). In: *Biodiversity, ecosystem functioning & human wellbeing: an ecological and economic perspective*. Oxford University Press. Oxford – UK.

Nery, E. R. A.; C. S. Saraiva, L. M. S. Cruz, M. M. O. R. Souza, F. S. Gomes, C. N. El-Hani, & E. Mariano-Neto. 2013. The restoration concept in the scientific literature and in the Brazilian law. *Revista Caititu* 1:43–56

Nuttle, T.; Hobbs, R. J.; Temperton, V. M. & Halle, S. 2004. Assembly rules and ecosystem restoration: Where to from where? V. M. Temperton; R. J. Hobbs; T. Nuttle & S. Halle (eds.). In: *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press. Washington, D. C. USA.

Oliveira, R. E. & Engel, V. L. 2011. A Restauração ecológica em destaque: Um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. *Oecologia Australis* 15:303-315

Governo do Estado de São Paulo. 2009. Lei estadual nº 13.550 de 2 de junho de 2009. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Cerrado no estado, e dá providências correlatas. São Paulo.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SMA – São Paulo. 2008. Resolução SMA nº 08, de 31 de janeiro de 2008. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SMA – São Paulo. 2014. Resolução SMA nº 032, 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.

Society for Ecological Restoration – SER. 2004. Ecological Restoration – a Means of Conserving Biodiversity and Sustaining Livelihoods. Disponível em <<http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ecological-restoration-a-means-of-conserving-biodiversity-and-sustaining-livelihoods>>. Acessado em 23/06/2013.

Temperton, V. M.; Hobbs, R. J.; Nuttle, T. & Halle, S. 2004. *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press. Washington, D. C. USA.

Tres, D. R.; Sant’Anna, C. S.; Basso, S.; Langa, R.; Ribas Jr., U. & Reis, A. 2007. Banco e chuva de sementes como indicadores para a restauração ecológica de matas ciliares. *Revista Brasileira de Biociências* 5:309-311

Young, T. P.; Petersen, D. A. & Clary, J. J. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters* 8:662–673

Capítulo 3 - Práticas atuais de restauração em biomas florestais e não-florestais no Brasil

3.1. Introdução

A aplicação da ciência ecológica em projetos de restauração de ecossistemas apresenta grandes desafios. Mesmo que no Brasil alguns métodos estejam sendo aplicados há mais de um século (ver capítulo 4), e que a ecologia da restauração tenha apresentado avanços robustos nos últimos 30 anos, o emprego das técnicas mais recentes e inovadoras ainda é um desafio para instituições de pesquisa, técnicos e órgãos do governo.

O cenário para a restauração de ecossistemas florestais e não-florestais evoluiu de forma diferente. Ideais de conservação e restauração das florestas brasileiras foram motivados, ainda no século XVIII, pela degradação precoce dos ecossistemas da Mata Atlântica, os prejuízos desta degradação aos produtores rurais (Dean, 1995; Pádua, 2004). As pesquisas para a restauração de ecossistemas associados a outros biomas, no entanto, só tiveram início na segunda metade do século XX. A partir daí, no Brasil, a restauração ecológica passou por diversas fases (Rodrigues *et al.*, 2009), sendo hoje alvo da atuação de Organizações Não Governamentais e parte do rol de responsabilidades de grandes empreendimentos, proprietários rurais e órgãos do governo em toda a extensão do território. Temos, então, uma diferença histórica na restauração de ecossistemas florestais e não florestais. A colonização inicial das cidades litorâneas acarretou tanto a degradação como a preocupação primeira com as florestas, ao passo que ambos os processos só ocorreram em outros biomas muitas décadas depois. Esta diferença contribuiu para estabelecer distintos níveis de importância dados a estes ambientes. Há cerca de 50 anos o Cerrado, por exemplo, era descrito como uma paisagem não atrativa, de “monotonia exasperante”, “aliada ao mormaço insuportável e à quase falta de sombra que transformam as longas travessias em jornadas penosas” (Joly, 1970).

É possível, portanto, que os conhecimentos herdados e gerados na restauração das florestas tenham extrapolado para outros ambientes, pela força da repetição de procedimentos tradicionais? A negligência com os biomas não-florestais no Brasil já foi ressaltada por Cavalcanti & Joly (2002) e especialmente por Overbeck *et al.* (2007, 2015) e a preocupação com as consequências do plantio de árvores em ecossistemas de fisionomia aberta é abordada por Veldmann *et al.* (2015). Algumas das consequências decorrentes do plantio de árvores em ecossistemas abertos, por intervenção direta do governo e empresas em busca de *commodities* no mercado de créditos de carbono, são apontadas por Archer *et al.* (2000).

Neste capítulo comparamos projetos de restauração ecológica aplicados em biomas florestais e não-florestais brasileiros, averiguamos se estes projetos promovem a implantação

de florestas em campos e cerrados, e avaliamos se há diferença nos procedimentos adotados em diferentes biomas do país. Também investigamos se os métodos de restauração utilizados são determinados por características de cada projeto, tais como sua motivação, o tamanho do empreendimento ou o uso anterior do solo.

3.2. Objetivos

Este capítulo visa responder às seguintes perguntas:

- Quais os procedimentos mais utilizados nos projetos de restauração ecológica realizados nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Campos Sulinos? Há preferência dos restauradores por algum método específico em todos os biomas? A escolha dos métodos é ajustada às diferenças ecológicas entre os biomas?
- Uso do solo, instituição proponente, tamanho da área a ser restaurada e características políticas locais influenciam o plano dos projetos de restauração?
- Como os restauradores, proprietários de terra e agentes governamentais propõem avaliar e monitorar os resultados da restauração com relação aos indicadores de sucesso, espécies utilizadas e a adequação destas ao ecossistema em questão?

3.3. Métodos

Para abranger os grupos contrastados neste trabalho, os ecossistemas florestais e os de fisionomia aberta, foram escolhidos os biomas Mata Atlântica, em que prevalecem ecossistemas florestais, e os biomas Pampa e Cerrado onde prevalecem ecossistemas não-florestais. Todos os projetos selecionados são desenvolvidos em ecossistemas terrestres e foram examinados entre janeiro de 2014 e agosto de 2015.

Projetos em desenvolvimento na Mata Atlântica foram selecionados nos cadastros e processos nos órgãos estaduais de meio ambiente dos estados do Rio de Janeiro (Instituto Estadual do Ambiente - INEA) e São Paulo (Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo – SMA/SP, secretaria regional de Campinas). Para o Cerrado a seleção foi feita exclusivamente no estado de São Paulo (SMA/SP, secretarias regionais de Ribeirão Preto e Bauru), e para projetos no bioma Pampa foram selecionados em órgãos ambientais do Rio Grande do Sul (Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA/RS e Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM). Adicionalmente, foram consultados pesquisadores de universidades e centros de pesquisa nos estados do Paraná (Marcia Marques, Universidade Federal do Paraná e José Marcelo Torezan, Universidade Estadual de Londrina), São Paulo (Giselda Durigan, Instituto Florestal) e Rio Grande do Sul (Maurício Kopp, EMBRAPA Pecuária).

Foram selecionados projetos que cobrissem o espectro de diferentes entidades proponentes (ONGs, empresas, entidades públicas ou proprietários particulares) e a multiplicidade de situações que se apresentaram, como diferentes tamanhos e usos do solo anterior. Dada a inviabilidade de abranger o universo dos projetos em restauração ecológica para delinear uma amostragem estatisticamente adequada desses projetos nos três biomas, o trabalho compreende um conjunto de estudos de caso apropriados para delinear um panorama de projetos atuais nesses biomas.

Os projetos selecionados foram examinados de duas diferentes maneiras: [1] com base na documentação nos órgãos ambientais: processos abertos junto aos órgãos ambientais, projetos executivos submetidos, comunicações entre os executores e os analistas nos órgãos licenciadores; [2] pesquisa em campo, por visita e realização de entrevistas semi-estruturadas com técnicos, pesquisadores ou consultores, a partir de um questionário padrão (Anexo 1). Os critérios para selecionar um projeto para visita em campo foram o tamanho da área, importância socioeconômica local, o ecossistema em restauração, originalidade e ineditismo das técnicas utilizadas, acessibilidade e autorização para visita.

As combinações de métodos usados nos diferentes projetos examinados nessa tese foram exploradas por meio de análises de agrupamento. Como os projetos não são amostras representativas, no sentido estatístico, de todos os projetos em realização em cada bioma estudado, essas análises têm um caráter exploratório, que visam evidenciar relações entre as características dos projetos do conjunto examinado. Por isto, não são usados para testar estatisticamente hipóteses sobre as semelhanças e distinções dos universos de projetos pertencentes a diferentes categorias.

O método de análise de agrupamento foi aplicado ao conjunto de projetos e ao de métodos. Ambos os resultados são combinados em uma análise bidirecional (“two-way cluster analysis”; Everitt, 2011). Os dados são binários (cada método é usado/não usado em cada projeto) e, para eles, foi empregada a medida de similaridade de Sorensen, que dá maior peso às concordâncias (i.e., a um método comum a dois projetos, ou a dois métodos empregados no mesmo projeto) para formar árvores de agrupamento. A análise foi realizada com o programa PC-Ord v.6 (McCune & Mefford, 2011).

3.4. Resultados

3.4.1. Procedimentos utilizados nos projetos examinados

As principais técnicas de restauração aplicadas nos projetos examinados são resumidas a seguir, agrupadas nos três principais métodos observados (plantio total, nucleação e regeneração natural). Um quarto item compreende aspectos técnicos comuns aos três.

3.4.1.1. Plantio total

O plantio total de mudas arbóreas é o método mais difundido na restauração ecológica no Brasil. Consiste basicamente no plantio de mudas produzidas em viveiros, em toda a extensão do terreno a ser restaurado, sendo indicado para áreas onde a regeneração natural não ocorre (p. ex., localidades muito distantes dos fragmentos remanescentes). Em geral, a recomendação em resoluções e leis prioriza a alta riqueza do plantio, tendo chegado a estipular um mínimo de 80 espécies de árvores por hectare, conforme visto no capítulo 2.

I. Aplicação de herbicidas

Um dos maiores problemas técnicos enfrentado pelos restauradores de ecossistemas terrestres no Brasil é a invasão por gramíneas. Elas atingem taxas vertiginosas de crescimento mesmo em condições extremamente adversas, como escassez de nutrientes e água, sol pleno e submetidas à herbivoria intensa. Estas características, associadas à extensa malha de rizomas, as tornam competidoras fortes, impedindo a germinação ou rebrota das espécies nativas, sejam elas gramíneas, arbustos ou de porte arbóreo. Entre as espécies que mais comprometem a restauração ecológica no Brasil estão as braquiárias (*Urochloa decumbens* (Stapf), *U. humidicola* (Rendle) e *U. ruziziensis* (Germain *et* Evrard)), o capim-colônia (*Panicum maximum* (Jacquin)), o capim-gordura (*Melinis minutiflora* (Beauvois)), (Cury, 2011) e o capim-anonni (*Eragrostis plana* (Nees)), que atinge os Campos Sulinos (Medeiros & Focht, 2007). Herbicidas não apenas promovem o controle da propagação destas gramíneas, mas as erradicam temporariamente, o que também é possível com as roçadas mecânicas, porém com maior investimento em mão de obra e equipamento. Herbicidas podem ser aplicados em área total ou em pontos específicos, inoculados diretamente em indivíduos arbóreos indesejados ou em um raio de aproximadamente 60 cm ao redor das mudas.

Por oferecer riscos de contaminação e aumento da toxicidade do solo e corpos d'água (Durigan & Ramos, 2013) e também de interferir com a regeneração natural em caso de aplicação posterior ao estabelecimento do subosque (Torezan & Mantoani, 2013) o uso de herbicidas é controverso entre restauradores, analistas ambientais e instituições relacionadas.

Há também a preocupação de que os herbicidas tidos como seletivos possam afetar o banco de sementes e as raízes e estolões subterrâneos, embora alguns autores sustentem que herbicidas baseados no princípio ativo glifosato se degradam rapidamente no ambiente (Durigan *et. al.*, 2003). Há restrições legais para o uso de herbicidas em áreas de preservação permanente em alguns estados, como o Rio de Janeiro (Moraes *et. al.*, 2006).

II. Alinhamento

Há indícios de que a técnica do alinhamento foi herdada das atividades silviculturais para a produção de madeira em larga escala (Leão, 2000), como a que se faz ainda hoje nas plantações de pinus e eucalipto. Como uma forma de facilitar o manejo das florestas plantadas, pela movimentação de trabalhadores e máquinas nas entrelinhas, as covas são abertas em linhas, em espaços equidistantes. As linhas também se distanciam umas das outras uniformemente. A técnica é amplamente difundida no país, mas em alguns projetos, principalmente no Rio Grande do Sul, as linhas são substituídas pelo plantio desalinhado, para que imite a regeneração natural.

III. Espaçamento

O restaurador pode optar por diferentes distâncias entre as linhas de plantio, de acordo com a densidade de mudas por hectare que planeja atingir. Em plantios totais em campo aberto, como pastagens e áreas mineradas, o espaçamento mais utilizado é 3m x 2m, o que resulta em uma densidade de 1667 mudas por hectare e permite a mecanização das atividades de limpeza nas entrelinhas (Cury, 2011). O espaçamento 2m x 2m é utilizado quando se julga necessário que o sombreamento e cobertura do solo ocorram mais rapidamente, também possibilitando maior diversidade de plantio. O espaçamento 6m x 6m é aconselhado para áreas que já possuem alguma vegetação remanescente ou um status de conservação mais avançado, como em plantios de enriquecimento. Estes três distanciamentos entre as mudas nos plantios totais são os mais utilizados pelos restauradores, ou a eles indicados pelos órgãos ambientais. Na empresa ALCOA, em Poços de Caldas – MG, também foi encontrado o alinhamento 1,5m x 1,5m, considerado super adensado pelos executores do projeto.

IV. Adubação química

Levando-se em consideração que a recomendação do plantio total deve-se, em parte, a condições desfavoráveis do ecossistema, o que inclui a escassez de nutrientes no solo, a adubação é frequentemente utilizada. A adubação química é realizada à base de fertilizantes com alta dosagem de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) combinados, misturados à terra

proveniente do coveamento (NBL & TNC, 2013). O “superfosfato” também é utilizado com frequência.

V. Subsolagem

Técnica para descompactar as camadas superficiais do solo (Moraes *et. al.*, 2006), que, uma vez compactadas, dificultam a penetração das raízes das plantas e a percolação da água e nutrientes.

VI. Coveamento

Procedimento de abertura de covas que recebem as mudas. As covas são cúbicas, com tamanho mínimo de 40 cm de lado (Moraes *et. al.*, 2006). A maior parte dos projetos examinados previa covas com 60 cm. No espaço existente entre o torrão (parte da terra e dos substratos que permanece preso às raízes) e os limites da cova são ainda inseridos insumos para adubação e hidratação da muda e terra descompactada, de forma a favorecer a penetração das raízes.

VII. Roçadas e capinas

São operações de preparação do solo para o posterior plantio das mudas, ou sua manutenção subsequente. Funcionários realizam roçadas manuais com enxadas ou similares. Há ainda a roçada química com herbicidas detalhada no item I. A ação contribui para a redução da “matocompetição” com as mudas, por gramíneas e outras espécies vegetais exóticas e invasoras (Cury, 2011). Às roçadas num raio de cerca de 60 cm ao redor das mudas dá-se o nome de coroamento.

VIII. Arranjos sucessionais e o “quincôncio”

Quando o método escolhido para a restauração é o plantio total, especialmente quando as mudas são plantadas em linhas, são realizadas combinações das espécies de acordo com características ecológicas sucessionais de cada uma (NBL & TNC, 2013), também chamadas, neste sistema, de “quincôncio”. As mudas são classificadas em espécies pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. De forma a simplificar os procedimentos em campo, muitos projetos agrupam as espécies pioneiras e secundárias iniciais e também as secundárias tardias e climácicas, formando dois grupos: pioneiras e não-pioneiras. É recomendado o plantio de cada um dos grupos em linhas alternadas, o que resulta em módulos de uma muda pioneira circundada por quatro não-pioneiras (e vice versa), totalizando cinco mudas às quais se faz alusão no nome da técnica (Figura 1). Desta forma propriedades conferidas pelas plantas

pioneiras como sombreamento, enriquecimento do solo, entre outros, favorecem o estabelecimento de outras espécies menos tolerantes às condições do ambiente degradado (Kageyama & Gandara, 2000; Moraes *et. al.*, 2006).

IX. Tutoramento

Estacas de bambu ou madeira inseridas no solo junto às mudas, de maneira a darem suporte e evitar sua quebra pela ação do vento e das chuvas.

X. Placas de celulose

Com o objetivo de conter a competição pelas braquiárias com mudas plantadas, pesquisadores da USP estão testando placas de celulose quadrangulares, sobrepostas ao chão, ao redor das raízes das mudas, na Estação Experimental de Itatinga. Reduzindo a luminosidade, os pesquisadores esperam conter o avanço das gramíneas e diminuir os custos de mão de obra para realizar o coroamento. A técnica, ainda em fase de estudo, é dependente da disponibilidade das placas, mas pode ser vantajosa para os projetos desenvolvidos pelas empresas de celulose.

XI. Controle de herbivoria

A herbivoria por formigas cortadeiras (saúvas e quenquéns) é um dos maiores obstáculos pós-plantio. Ataques de formigas reduzem consideravelmente a sobrevivência das mudas, por reduzirem a superfície foliar e podar meristemas das plantas. Iscas formicidas químicas como o fipronil são empregados no controle químico das formigas cortadeiras. O monitoramento é feito até dois anos depois da aplicação, tempo considerado suficiente para que o próprio sistema passe a controlar as populações de formigas através de predadores naturais. A técnica é controversa, pois retira-se as formigas do ambiente a fim de se evitar a folivoria ao mesmo tempo em que exercem papéis importantes na sucessão ecológica, como enterrar sementes e auxiliar na quebra de sua dormência.

Além das formigas, nas propriedades com criação de gado bovino ou ovino, o controle da herbivoria também envolve a exclusão dos animais das áreas em restauração, através de cercas de arame farpado. Por outro lado, em alguns projetos nos Campos Sulinos a manutenção de animais pastadores nas áreas a serem restauradas vem sendo testada a fim de controlar gramíneas exóticas invasoras, especialmente as braquiárias (*Urochloa* spp.). O pastejo promovido pelos animais reduz a densidade dessas gramíneas, facilitando a rebrota das raízes ou germinação do banco de sementes, como alternativa ao uso de herbicidas e às roçadas manuais.

Dentre os projetos examinados nos Campos Sulinos também foi mencionada a previsão de remoção de lebres.

XII. Desbastes ou podas de condução

Projetos de plantio florestal são realizados com uma alta densidade de mudas, o que resulta, cerca de 12 anos depois, na inibição da regeneração de plantas de subosque, ocasionada pelo sombreamento da área. O desbaste das árvores já desenvolvidas tem sido proposto como forma de reduzir a competição por luz no subosque, acelerando o recrutamento de plantas jovens (Durigan *et al.*, 2013). Consiste na retirada de árvores e/ou corte de galhos superiores, a fim de permitir a maior entrada de luz. Experimentos de desbaste têm verificado o surgimento de espécies, em geral exigentes em luz, que até então não haviam sido registradas nessas áreas (Durigan *et al.*, 2013). A deposição da galharia contribui para o enriquecimento mais acelerado do solo.

O comércio de madeira nativa é uma fonte de renda que pode ajudar a custear a restauração, incentivando os proprietários. O investimento neste tipo de manejo, no entanto, é obstado pela falta de regulamentação legal.

3.4.1.2. Nucleação

Muitos dos procedimentos técnicos da restauração ecológica remetem-se a dois paradigmas distintos: a reengenharia dos ecossistemas ou a facilitação. Inserido na reengenharia, o plantio total prioriza a grande produtividade de biomassa e o fechamento rápido do dossel da floresta. Por outro lado, técnicas nucleadoras têm o objetivo de estabelecer “núcleos de diversidade que se irradiam naturalmente, respeitando os processos sucessionais e ecológicos e garantindo o fluxo gênico das espécies entre a área degradada e os fragmentos próximos mais preservados” (Reis *et al.*, 2003). Embora poucos projetos apliquem e desenvolvam a nucleação, as técnicas envolvidas são descritas a seguir, segundo Reis *et al.* (2003).

I. Transposição de solo

A transposição do solo consiste na coleta, em um ambiente próximo, de uma parte da camada superficial do horizonte orgânico em estágio de sucessão mais avançado, e seu transporte e deposição na área que se pretende restaurar. O objetivo é restaurar não apenas a cobertura vegetal, mas também os processos e funções do solo. Com a transposição, populações da micro e mesofauna e espécies da flora do solo são reintroduzidas, contribuindo para o restabelecimento de processos e funções ecossistêmicas.

II. Semeadura direta e hidrossemeadura

Técnica estratégica para recompor o banco de sementes, já que a chuva de sementes torna-se rarefeita com a diminuição da cobertura vegetal (Jesus *et al.*, 2012) ou com a maior distância das áreas degradadas para fragmentos de ecossistemas conservados. Consistem na utilização de coquetéis de sementes de gramíneas anuais e com baixos níveis de alelopatia, que contribuem também para cobertura, descompactação do solo e acúmulo de matéria orgânica. Ao fim de seu ciclo, cedem espaço para novas espécies. Sementes de outras espécies podem ser incluídas na mistura, na qual apenas uma parte tem sua dormência quebrada, para que germinem em anos seguintes. Na hidrossemeadura também se misturam água, fertilizantes e agentes cimentantes, favorecendo a aderência das sementes ao solo.

III. Poleiros artificiais

A implementação de poleiros artificiais é recomendada por fornecer abrigo e pontos de descanso para animais dispersores de sementes, como pássaros, morcegos e, ocasionalmente, primatas. A fertilidade do solo e a diversidade de formas de vida aumentam ao redor dos poleiros, resultando em núcleos que, com o tempo, se irradiam pela área degradada. Por ser uma técnica de baixo custo, os poleiros podem ser incluídos no planejamento de qualquer projeto de restauração e consorciados com outras técnicas (Reis *et al.*, 2003).

IV. Transposição de galharia

Nos métodos nucleadores, qualquer fonte de matéria orgânica pode ser utilizada, a fim de incrementar a disponibilidade de nutrientes no solo. Empreendimentos que, pela natureza de suas atividades, removem completamente camadas de solo local, como mineradoras ou centrais hidrelétricas, podem depositar o material retirado em áreas a restaurar. As leiras (sulcos de semeadura) formam núcleos de biodiversidade que tendem a se estender com o tempo; promovem a incorporação de matéria orgânica no solo, potencializam a germinação e o rebrote de espécies vegetais, e provêm abrigos e microclima para o estabelecimento de larvas de insetos, fungos e bactérias cuja atividade é essencial para a decomposição e reciclagem de matéria orgânica no solo.

V. Plantio de mudas em ilhas de diversidade

O plantio de mudas produzidas em viveiro também faz parte do elenco de técnicas nucleadoras. No entanto, a quantidade de mudas e o espaço a ser coberto são bem inferiores aos do plantio total, visando à formação de núcleos que possam se expandir até completar a cobertura da área.

3.4.1.3. Restauração passiva e regeneração natural

A restauração passiva, comparada aos outros métodos, exige uma menor intervenção humana direta, delegando aos processos espontâneos do ecossistema a maior parte das transformações para a sua recuperação. Ou seja, a restauração consiste, basicamente, na suspensão ou eliminação dos fatores de degradação de um ecossistema (Kauffmann et al., 1997). Regeneração natural, termo frequentemente confundido com a restauração passiva, é um processo que ocorre espontaneamente nos ecossistemas, incluindo os que são restaurados através do plantio total, da nucleação e da retirada dos fatores degradantes do ecossistema. Ela inclui o recrutamento de plântulas e a germinação de sementes bem como o planejamento de regimes de perturbação, como permitir que a luz do sol penetre no subosque através de podas das árvores mais altas e queimadas.

Outro equívoco é considerar o “abandono” de uma área como restauração passiva. Neste caso, a opção é pela não-assistência humana à recuperação do sistema, o que pode ou não levar à restauração passiva, dependendo do grau de degradação da área.

3.4.1.4. Aspectos comuns aos métodos

I. Fontes de mudas

Também chamados de “berçários”, os viveiros visam produzir e crescer mudas para aumentar as chances de sobrevivência no campo. As sementes são geralmente coletadas de matrizes (árvores reprodutivas marcadas pelos produtores em áreas de referência diversas), têm sua dormência quebrada e são semeadas em recipientes (sacos plásticos ou tubetes, ver adiante) contendo terra enriquecida com insumos. As plantas crescem em ambiente com controle de sombra, água e nutrientes do solo, de acordo com a necessidade de cada espécie, até que atinjam idade e altura consideradas adequadas para o plantio nas áreas. No caso de instituições com atuação continuada no campo da restauração, normalmente ONGs, a produção de mudas é feita em viveiros próprios.

II. Sacos plásticos x tubetes

A opção dos viveiros pelo uso de sacos plásticos ou tubetes depende do tamanho das mudas e praticidade do plantio. Os sacos plásticos armazenam mais terra e substrato, o que permite que a planta cresça mais e, conseqüentemente, as mudas sejam mantidas por mais tempo nos viveiros. Em contrapartida, as raízes frequentemente enovelam e devem ser cortadas, o que compromete o desenvolvimento da muda (Moraes *et al.*, 2006). Hipoteticamente, mudas maiores e mais velhas possuem maior taxa de sobrevivência em campo, mas existem indícios que a diferença neste aspecto não é significativa (José Marcelo Torezan, não publicado). Após o plantio, os sacos são descartados. Já os tubetes são cones de polietileno reforçado, de tamanhos variados, com menor capacidade de armazenamento de substrato do que os sacos plásticos, podendo ser reutilizados após o plantio das mudas (Moraes *et al.*, 2006). Tubetes apresentam grande vantagem no campo, sendo utilizados com ferramentas plantadeiras, aumentando a praticidade do processo. Também é possível utilizar-se de tubetes feitos de papel, que se degradam no solo e são plantados com o torrão das mudas.

III. Adubação orgânica e verde

De forma complementar à adubação química, a adubação orgânica pode ser utilizada em qualquer método, incluindo cinco a dez litros de esterco curtido, de curral ou granja (NBL & TNC, 2013). A adubação verde é feita por meio do plantio de espécies de leguminosas como a mucuna (*Mucuna aterrima* ou *Mucuna deeringiana*), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), o feijão-guandu (*Cajanus cajan*), e a crotalária (*Crotalaria* spp.). Estas espécies contribuem para a nitrogação do solo, além de combater a invasão de gramíneas pelo sombreamento que propiciam (Cury, 2011).

IV. Árvores exóticas

Projetos de restauração ecológica que reverterem antigos talhões silviculturais de espécies exóticas têm se tornado comuns. É frequente encontrar alta densidade e diversidade de espécies nativas, com alto valor biológico, no subosque dos antigos talhões, o que dispensaria a necessidade de plantio de mudas (Durigan *et al.*, 2013b). No entanto, espécies exóticas também inibem o crescimento dos indivíduos do subosque, sendo necessário retirá-las do sistema, o que comumente causa danos à vegetação nativa. O desafio é que os ganhos superem as perdas decorrentes deste procedimento (Durigan *et al.*, 2013b). Neste sentido, nos experimentos mais recentes, *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. são vistos como ferramentas potenciais da restauração, tornando desnecessária a retirada destas árvores nos projetos desenvolvidos em antigas áreas produtivas de empresas madeireiras ou de celulose. Outras espécies de árvores de uso comercial

como o coqueiro e a pupunha também foram encontradas nos casos examinados, também para a produção de alimentos associada à restauração.

3.4.2. Projetos de restauração no bioma Mata Atlântica

Foram examinados 24 projetos de restauração ecológica na Mata Atlântica, localizados em 26 diferentes municípios de quatro estados das regiões sudeste e sul: Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Deste total, 17 iniciativas foram examinadas através de documentação, e sete foram visitadas também em campo. Os projetos examinados e visitados por município e por estado são relacionados nas Tabelas 1 e 2 e sua localização na Figura 2.

No conjunto examinado, a maior parte dos projetos é desenvolvida por particulares (empresas ou proprietários de terra), sendo que apenas uma destas iniciativas foi espontânea, com fins de restauração propriamente dita; as demais atendem a exigências legais (Tabela 3).

O tamanho das áreas em restauração variou entre 0,42 e 4.200 hectares, com média aproximada de 347 hectares. Nos 24 projetos analisados, 12 contabilizam até 10 ha em processo de restauração, cinco se estendem entre 10 e 100 ha, quatro estão entre 100 e 1.000 ha e outros três acima de 1.000 ha.

O uso do solo anterior ao início dos projetos é bastante diverso. Dos 24 projetos, a metade está em áreas de pasto, onde as gramíneas são dominantes. Nove outros tipos de uso anterior do solo aparecem uma única vez nesses projetos. Esta informação não foi obtida em três dos 24 projetos por não constar na documentação submetida aos órgãos competentes (Tabela 4).

Em relação às técnicas empregadas pelos restauradores, a utilização de mudas arbóreas para plantio total foi a mais frequente, sendo usada em 21 dos 24 projetos examinados. O plantio é realizado principalmente em linhas (19) e em quincôncio (16). Outras técnicas amplamente aplicadas são o plantio de enriquecimento/reposição das mudas mortas (mencionado por 21 projetos), roçada mecânica (21), utilização de iscas formicidas para controle de saúvas (20), adubação artificial (19), exclusão de animais pastadores (17), e calagem (12).

Também foram mencionadas com menor frequência as técnicas nucleadoras e outras como condução da regeneração natural, plantio de árvores por semeadura direta, uso de herbicidas e plantio direto de baixa diversidade (Tabela 5).

3.4.2.1. Novas abordagens

Algumas iniciativas apontam para uma nova direção na organização e no sequenciamento dos plantios de mudas em larga escala. No plantio total, as espécies de mudas que são categorizadas em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas (ou então, de forma mais simples, em pioneiras e não-pioneiras) nesta nova organização dão lugar aos grupos de “recobrimento” e “diversidade”. Esta classificação alternativa está sendo avaliada pelo projeto da ONG Copaíba no município de Socorro (SP), financiado por recursos do Fundo Estadual para Recursos Hídricos – FEHIDRO. Segundo Ana Paula Balderi, bióloga do projeto, pesquisadores da Universidade de São Paulo – ESALQ, orientados pelo professor Ricardo Ribeiro Rodrigues, desenvolveram experimentos-piloto, que traz a inovação dos plantios em duas etapas: primeiro são plantadas as espécies de recobrimento e cerca de um ano depois as espécies “de diversidade” (Ricardo Ribeiro Rodrigues, não publicado). As espécies do grupo de recobrimento são de crescimento, florescimento, frutificação e sombreamento rápidos, diferentemente de espécies consideradas pioneiras, que são as que primeiro se estabelecem após perturbações (principalmente desmatamento) das áreas. A embaúba (*Cecropia* spp.), por exemplo, frequentemente utilizada como espécie pioneira, nesta nova divisão é considerada parte do grupo de diversidade, pois não confere sombra em níveis adequados para o grupo de recobrimento. Por isso é plantada mais tarde.

3.4.2.2. Outras influências institucionais

Também no projeto da ONG Copaíba em Socorro (SP), outras instituições além das agências ambientais do estado influenciam as opções da restauração ecológica local. Segundo a Ana Paula Balderi, mesmo em áreas onde a condução de regeneração natural seria suficiente, o Comitê da Bacia Hidrográfica de Mogi Guaçu exigiu que o método de plantio total fosse aplicado como condição para liberação de recursos públicos como os do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO. “Nestas áreas eu não queria plantar. Eu queria fazer só a condução da regeneração, e o FEHIDRO não aceitou. (...) Com a quantidade de regeneração que tem, não precisaria plantar. Então são áreas que provavelmente a gente teria um custo mais baixo. Tem muita regeneração, porque a mata [remanescente] é bem bacana. Só que o comitê não aceita condução de regeneração, tem que ser plantio total”, disse a entrevistada. E prossegue: “Quando [o processo] vai para a Secretaria [de Meio Ambiente], a gente consegue trabalhar [com condução de regeneração]. E quando não passa por nenhuma secretaria fica direto no banco [liberador do crédito]. Aí você imagina o pessoal do banco vindo na área analisar se o projeto está bom ou não”. O banco, nesses casos, só libera os recursos após vistorias em campo, nem sempre realizadas por analistas com formação em meio ambiente.

Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, no entanto, na mesma bacia há projetos com condução de regeneração e enriquecimento, visto que os comitês de bacia não opina sobre as técnicas.

Ainda segundo Ana Paula Balderi, a burocracia também interfere nas atividades. A “construção de cercas” para exclusão do gado, por exemplo, foi interpretada literalmente como uma construção, e, portanto, proibida, porque a legislação impede construções em Áreas de Preservação Permanente.

3.4.3. Projetos de restauração no bioma Cerrado

Projetos de restauração ecológica no bioma Cerrado foram estudados no estado de São Paulo entre julho de 2014 e julho de 2015. Foram examinados 26 projetos, dos quais cinco foram visitados em campo. Os 19 projetos restantes foram estudados com base em análise documental. A relação dos projetos examinados e visitados em cada município encontra-se nas Tabelas 6 e 7, e a sua localização na Figura 3.

Todos os projetos visitados encontram-se dentro dos limites oficiais do bioma Cerrado, estabelecidos pelo IBGE e pelo Inventário Florestal do Estado de São Paulo (SP, 1993). Dentre as fisionomias definidas pelos executores, ou na documentação analisada, constam “cerrado”, “cerrado stricto sensu”, “cerradão” e “floresta estacional semidecidual”.

A maioria dos casos estudados, 19, foi motivada por exigências legais (Tabela 8). Dos sete projetos restantes, desenvolvidos voluntariamente, dois são destinados à pesquisa científica, um deles desenvolvido pelo Instituto Florestal em Assis (SP) e outro pela Universidade de São Paulo / ESALQ, em Itatinga (SP); outros três foram financiados pelo FEHIDRO para fins de restauração propriamente dita, sendo dois desenvolvidos por organizações não-governamentais nos municípios de Taquaritinga e Dobrada e outro pela Prefeitura Municipal de Franca. Finalmente, dois dos projetos desenvolvidos voluntariamente, além de responderem a requisitos legais da lei nº 12.651, também têm o intuito de obter certificações internacionais para empresas florestais. Trata-se de áreas nos municípios de São Simão e Mogi-Guaçu, ambas da empresa *International Paper*, produtora de celulose.

Dos 19 projetos motivados por exigências legais, 18 são desenvolvidos por proprietários de terras. Destes, 17 cumprem exigências de restauração de áreas de Reserva Legal ou de Áreas de Preservação Permanente. Apenas um é motivado por auto de infração.

O tamanho das áreas em restauração variou entre 0,8 e 126 hectares, com média aproximada de 15 hectares, excluindo-se a Estação Experimental de Itatinga, instituição de pesquisas em ecologia, inclusive as aplicadas à restauração. Quando incluída, a média do tamanho das áreas sobe para 91 ha. Entre os 26 projetos examinados, 16 têm até 10 hectares, sete ocupam áreas entre 10 e 100 hectares, e duas estão entre 100 e 1.000 hectares (120 e 126 ha), além da E. E. Itatinga, que soma cerca de 2.000 hectares.

Como nos projetos examinados na Mata Atlântica, o histórico recente de uso do solo dos projetos examinados do Cerrado também é diverso. Foram encontradas nove diferentes categorias de uso precedente (Tabela 9).

A exemplo dos projetos examinados na Mata Atlântica, no Cerrado o plantio total de mudas arbóreas é o método mais aplicado, aparecendo em 25 dos 26 projetos examinados (Tabela 10). Da mesma forma, as técnicas nucleadoras foram pouco mencionadas e as mais frequentemente utilizadas são quase as mesmas: alinhamento das mudas (mencionado 22 vezes), adubação artificial (23), calagem (13), roçadas mecânicas (18), plantio de enriquecimento (10), quincôncio (20), uso de iscas formicidas (24), e adubação orgânica (14). A exceção é o uso de herbicidas: enquanto na Mata Atlântica eles são utilizados em apenas dois projetos, no Cerrado é empregado em 15 projetos.

Dentre os 10 projetos que mencionam o gado, a maioria o exclui da área de restauração; apenas um admitiu que os animais permanecessem nas áreas, utilizando-os para controle de gramíneas. A Condução da Regeneração Natural, técnica consideravelmente estudada inclusive em ecossistemas de Cerrado (Hoffmann, 1998; Vieira *et al.*, 2006; Daronco *et al.*, 2013), foi empregada em seis projetos, mas em apenas um deles constituía o principal procedimento aplicado.

Um único projeto não realiza nenhum tipo de adubação do solo, sendo este um grupo controle de um experimento científico.

3.4.3.1. Novas abordagens

Dos sete projetos escolhidos para análise na Regional Bauru da Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo, ressalta-se o método de plantio total aplicado em quatro deles. No entanto, no lugar do plantio realizado em toda a área em uma única empreitada, prática majoritariamente verificada em projetos das regiões de Ribeirão Preto e Campinas, esses projetos dividiram as áreas em 10 partes de igual tamanho, e cada uma receberá o plantio de mudas em intervalos de três anos. Por exemplo, no processo de restauração da Reserva Legal do Sítio Canaã (Paraguaçu Paulista – SP), iniciado em 2009, o total de mudas a serem plantadas

soma 31.280, o que será finalizado apenas no ano de 2036 (3.128 mudas a cada três anos). O analista da SMA/SP explica que, desta forma, apesar de os custos totais do processo aumentarem, o proprietário não compromete toda a área com a restauração de uma única vez, podendo destinar parcelas ainda não plantadas a arrendamentos, ou a alguma outra atividade econômica, além de parcelar o custeio da produção ou aquisição de mudas.

Também é prática comum na região o arranjo sucessional realizado de forma diferente do quincôncio. Dentre as espécies arbóreas utilizadas encontram-se algumas de uso econômico, como o coco e a pupunha, com espaçamentos maiores entre as mudas, chegando a 7,5 metros de distanciamento, como no esquema apresentado na Figura 4. O projeto de averbação de Reserva Legal do Sítio Santa Luzia, em Ibitinga, utiliza mudas de abacate, manga e jaca.

3.4.4. Projetos de restauração nos Campos Sulinos

Entre outubro de 2013 e julho de 2014, foram examinados 25 projetos de restauração ecológica em 11 diferentes cidades no estado do Rio Grande do Sul (Figura 5, Tabela 11). Destes, seis foram visitados e seus responsáveis técnicos responderam a entrevistas (Tabela 12). Os 19 projetos restantes foram estudados por sua documentação na Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA em Porto Alegre e na Regional de Bagé, ou através de questionários preenchidos por seus executores, com o roteiro padrão desse trabalho (Anexo 1).

Dos 25 projetos situados em campos no Rio Grande do Sul, 22 estão dentro dos limites oficiais do bioma Pampa e outros três no bioma Mata Atlântica. No entanto, mesmo no domínio da Mata Atlântica, os projetos escolhidos localizam-se nos Campos de Cima da Serra, onde a vegetação campestre prevalece.

A respeito da natureza jurídica das entidades executoras, não foram encontrados projetos desenvolvidos por ONGs. A EMBRAPA desenvolve dois do total de projetos estudados, e os outros 23 estão vinculados à iniciativa privada: empresas ou proprietários de terras.

Em relação à motivação dos projetos, exigências legais determinam a vasta maioria (Tabela 13). As três exceções são destinadas a pesquisa científica, dois projetos da EMBRAPA nos municípios de Bagé e Dom Pedrito e a terceira, da empresa CMPC Celulose Riograndense no município de São Gabriel, todas no bioma Pampa. Dentre os projetos que atendem a exigências legais, as mais frequentes são decorrentes de autos de infração por supressão de

vegetação sem autorização do órgão ambiental competente (13), ou para restauração de Reservas Legais ou Áreas de Preservação Permanente (5).

O tamanho das áreas em restauração variou entre 0,6 e 47 hectares, com média aproximada de oito hectares. Entre os 25 projetos examinados, 19 têm até 10 hectares e dois ocupam áreas entre 10 e 100 hectares. Nos quatro projetos restantes, os entrevistados não souberam informar o tamanho das áreas em restauração.

O uso do solo antes da restauração, como nos outros biomas, também foi bastante diverso, apresentando nove diferentes categorias (Tabela 14). Dentre os mais comuns, sete projetos são desenvolvidos em áreas onde antes havia pastagens (em alguns casos apontadas como nativas), abandonadas ou servindo ainda à pecuária; quatro projetos ocupam áreas divididas entre plantações e bovinocultura (duas de arroz, uma de arroz e soja e uma classificada apenas como “agricultura”); três iniciativas não forneceram esta informação.

O plantio de mudas nativas de porte arbóreo foi o método mais aplicado (em 20 dos 25 projetos avaliados; Tabela 15). Entre eles, ressalta-se a inclusão de “Plantio de *Araucaria angustifolia*” como uma categoria à parte. O método foi relatado pelos entrevistados por ter se tornado prevalente nos Campos de Cima da Serra (aqui representados por projetos em Cambará do Sul e São Francisco de Paula) visando evitar a extinção da espécie.

Além deste, notam-se categorias cujos métodos excluem-se mutuamente, como a manutenção ou a exclusão dos animais pastadores, em sua maior parte gado bovino, como estratégias para a restauração. Dos 17 projetos que mencionaram estratégias relacionadas ao gado, apenas dois optaram por manter os animais nas áreas.

O alinhamento ou o desalinhamento das mudas foram alternativas usadas com mesma frequência, nove dentre os 18 projetos que informaram como realizam o plantio total. Justificativas para a escolha de um ou outro residem na praticidade do processo do alinhamento ou da maior similaridade com a dinâmica espontânea da germinação e crescimento das plântulas no ecossistema dito “natural”.

Outros métodos recorrentemente aplicados foram o uso de iscas formicidas (11 projetos), o uso de adubos artificiais (9), a organização dos plantios seguindo algum tipo de arranjo pelas características sucessionais das árvores (7); replantios de reposição de mudas perdidas, ou plantios de enriquecimento (7) e transposição de solo/aterro (5). As gramíneas, tão importantes nos ecossistemas campestres, foram semeadas em apenas cinco dos 25 projetos examinados, por opção dos próprios restauradores. Em quatro destes cinco projetos, as gramíneas foram combinadas com o plantio total de mudas arbóreas. O único projeto que

utilizou as gramíneas como elemento central é desenvolvido pela EMBRAPA para fins de pesquisa científica.

3.4.4.1. Outras influências institucionais

No estado do Rio Grande do Sul, além da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, agências governamentais voltadas à proteção e fiscalização ambiental, o Ministério Público do Estado também exerce influência sobre os projetos de restauração. A atuação de proprietários é a principal motivação dos projetos aqui examinados, mas o MPE também estabelece as técnicas a empregar e a forma como as áreas devem ser monitoradas. Seguem-se dois exemplos de comunicados feitos pelo órgão diretamente aos restauradores, antes mesmo do processo chegar a SEMA:

(1) município de Bagé (RS), área de três hectares. Projeto motivado por auto de infração pelo corte não autorizado de árvores e alvo de um Termo de Ajuste de Conduta com o MPE – RS.

- “As mudas a serem plantadas serão distribuídas, no mínimo, em cinco espécies florestais nativas da região”.
- “O espaçamento entre as mudas deve ser de aproximadamente 3x3m”.
- “O plantio deve ser efetuado no prazo de um ano, preferencialmente entre os meses de maio e setembro, devendo ser monitorado por um período mínimo de quatro anos, incluindo irrigação, tratos culturais e substituição das mudas que não vingarem, sendo permitido o limite máximo de 10% de falhas”.

(2) município de Itacurubi (RS), área de um hectare. Projeto motivado por auto de infração pelo corte não autorizado de árvores e alvo de um Termo de Ajuste de Conduta com o MPE – RS.

- “O projeto deverá prever o plantio de no mínimo 1172 mudas de essências florestais nativas da região, com altura mínima de 50 cm, distribuídas em pelo menos 10 diferentes espécies, com espaçamento 3x3, buscando reproduzir sua distribuição natural em formações florestais”.
- “O plantio deverá ser realizado (...) em locais com aptidão para o desenvolvimento de floresta”.
- “A área deve ser protegida e especialmente isolada no caso de áreas próximas para pecuária”.

- “Deverá realizar o monitoramento do desenvolvimento das mudas (...) incluindo adubação, irrigação, capinas, tratos culturais e substituição de mudas em mau estado fitossanitário, sendo permitido o limite máximo de 10% de falhas”.

3.4.5. Síntese dos projetos avaliados nos três biomas

No total foram examinados 75 projetos de restauração ecológica, sendo 24 deles na Mata Atlântica, 25 nos Campos Sulinos e 26 no Cerrado. Apenas nove, deste total, não optaram pelo plantio total de mudas arbóreas, dos quais cinco no bioma Pampa, três na Mata Atlântica e um no Cerrado. Excetuando-se as instituições que desenvolvem restauração ecológica em projetos de pesquisa nos quais o plantio de mudas não é a técnica central, a preferência dos executores desses projetos alternativos é pela condução da regeneração natural (Tabela 16).

A utilização de árvores como elemento central dos processos de restauração não se restringe aos ecossistemas onde a floresta prevalece, e também independe do bioma onde os projetos estão inseridos. No Cerrado e nos Campos Sulinos, em projetos onde os próprios executores classificaram a vegetação como “Cerrado stricto sensu” ou “Campos”, respectivamente, o plantio de árvores é utilizado em grande escala. A Figura 6 mostra a opção pelo plantio de mudas, mesmo que a propriedade seja coberta por “Campo Nativo”, assim classificado pelo próprio restaurador.

3.4.5.1. Monitoramento

Aspectos comuns em relação ao monitoramento também ocorrem nos três biomas. Na maioria dos projetos os itens monitorados são escolhidos de forma a verificar resultados do plantio total, sem uma abordagem sistêmica, ficando restrito prioritariamente à verificação da mortalidade das mudas para posterior replantio. Outros aspectos monitorados com frequência são:

1. Reincidência de formigas cortadeiras após alguns meses de aplicação do formicida fipronil.
2. Presença do gado decorrente de falhas ou danos nas cercas de isolamento.
3. Infestação por gramíneas exóticas.
4. Deficiências nutricionais das plantas, normalmente indicadas pela cor das folhas.

Não há menção de prazo mínimo para manutenção de atividades de monitoramento nas diretrizes pertinentes nos estados do Rio de Janeiro (Termo de Referência para elaboração de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas do INEA, 2011) e do Rio Grande do Sul (Programa

Estadual de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais (RS, 2010, já encerrado) ou no Código Florestal estadual (RS, 1992)). O tempo proposto nos projetos, normalmente entre dois e quatro anos, é dado, portanto, pelo entendimento dos restauradores e pelas interpretações dos analistas ambientais, consolidadas como prática dos órgãos. Há uma tendência, nesses dois estados, dos projetos adotarem ao menos um dentre os cinco itens acima enumerados como indicadores, para serem monitorados por até quatro anos. No Rio de Janeiro são exemplos os projetos do COMPERJ – Petrobras, no município de Itaboraí; da empresa Macaé Projetos e Serviços Ambientais, em Macaé, e da Pequena Central Hidrelétrica de Santo Antônio, em Bom Jardim. No Rio Grande do Sul são exemplos os processos SEMA 186/0500 e 404/2009, respectivamente nos municípios de Itacurubi e Dom Pedrito, além do projeto de remoção de pinus e condução de regeneração natural, no município de São Francisco de Paula.

No estado de São Paulo, a antiga resolução 08/2008 da SMA fixava o tempo mínimo de 24 meses não para o monitoramento, mas para a vigência das ações de manutenção da “recuperação florestal” (SMA/SP, 2008). No entanto, técnicas corretivas ou de manejo só serão aplicadas se a existência de problemas, como a mortalidade das mudas ou a invasão por gramíneas, for verificada em campo, o que torna os projetos dependentes de monitoramento. Alguns dos projetos examinados são do período que compreende a validade desta resolução até sua substituição, em 2014, pela de número 32, e neste período as propostas são semelhantes aos dos projetos na Mata Atlântica e nos Campos Sulinos. Ainda não é possível verificar se há mudança correspondente nos projetos recentemente submetidos à SMA/SP, mas a expectativa é que o tempo de monitoramento aumente para um máximo de 20 anos ou até que “a recomposição tenha sido atingida”, como determinado na resolução. O restaurador deve, hoje, enviar ao Sistema Informatizado de Apoio à Restauração Ecológica (SARE), nos prazos de três, cinco, dez, quinze e vinte anos, dados relacionados à cobertura do solo com vegetação nativa, em porcentagem; densidade por hectare de indivíduos nativos regenerantes e número de espécies nativas regenerantes (SMA/SP, 2014).

Enquanto as mudanças na lei não se refletem na prática, o monitoramento para além dos cinco indicadores mencionados só ocorre em projetos científicos, de grandes empresas, ou de organizações de alguma forma conveniadas com instituições de pesquisa. Nestes convênios a diversidade de elementos monitorados aumenta, incluindo a ocorrência de fauna, qualidade do solo, surgimento de novas espécies vegetais e controle de erosão. São exemplos nos Campos Sulinos o Recamp/EMBRAPA e o projeto de pesquisa da Celulose Riograndense; no Cerrado os projetos do Instituto Florestal em Assis, da Estação Experimental da ESALQ/USP e da

condução de regeneração natural da International Paper em São Simão; e na Mata Atlântica inserem-se os projetos de restauração de restingas da LLX em São João da Barra (RJ).

Também na Mata Atlântica, a entrevista realizada no projeto da ONG Copaíba em Socorro (SP), revelou que o projeto não possuía “mão de obra para monitoramento”, e que “as empresas grandes, que fazem monitoramento, contratam um biólogo ou um engenheiro florestal. É uma coisa à parte do projeto de restauração”. A bióloga Ana Paula Balderi ainda relata que, para concorrer a edital do BNDES para financiamento de projetos de restauração, teve de retirar o componente de monitoramento que seria realizado pelo grupo da ESALQ, porque ele excedia as possibilidades orçamentárias do projeto. O monitoramento de funções ecossistêmicas ou da biodiversidade de outros organismos, além das espécies plantadas, não é feito em nenhum dos projetos examinados.

3.4.5.2. Viveiros

Espécies de árvores nativas são frequentemente listadas nos projetos de restauração e citadas nas entrevistas. No entanto, as comunicações entre restauradores e órgãos ambientais demonstram uma forte dependência dos projetos em relação à disponibilidade de mudas nos viveiros produtores em larga escala, o que condiciona a real utilização das espécies escolhidas à disponibilidade destes. Por conta disso é frequente a modificação dos projetos no decorrer das ações ou a impossibilidade de se cumprir determinadas exigências, principalmente em relação à alta diversidade, quando tratamos das espécies de Cerrado, ou de plantio de gramíneas nativas nos Campos Sulinos. Neste bioma, à exceção de *Paspalum notatum*, sementes de gramíneas não são produzidas em grandes quantidades.

Exemplos de comunicações entre órgãos e executores, retratando o papel central que desempenham os viveiros na restauração ecológica nos três biomas estudados são listados no Anexo 2.

3.4.5.3. Comparação entre os biomas

A Figura 7 totaliza o uso de cada método por projetos em cada bioma. O plantio de árvores em área total é a opção mais utilizada nos três biomas. Também são amplamente empregadas as técnicas de uso de formicidas, da adubação artificial, do alinhamento das mudas, da organização dos plantios em arranjos de características de sucessão das espécies, do isolamento total do gado, e do plantio de enriquecimento. Desta figura foi observado que:

I. A adubação orgânica, realizada normalmente com esterco curtido, é uma alternativa menos frequentemente usada que os adubos artificiais, como o NPK e o superfosfato.

II. Os projetos descartam ou ignoram a possibilidade de inserção proposital de organismos além de árvores. Animais são ausentes e a herbivoria, mesmo promovida pelo gado, que poderia ser utilizado para controle das gramíneas indesejadas, não é bem vista. Formigas e ocasionalmente lebres também são removidas por representarem ameaças às mudas. O plantio de espécies arbustivas e herbáceas é uma raríssima exceção, utilizado em apenas um dos 75 projetos (da empresa Thyssenkrupp no município de Rio Claro – RJ, bioma Mata Atlântica). A semeadura de gramíneas não é mencionada nos projetos da Mata Atlântica nem do Cerrado, e mesmo nos Campos Sulinos, onde prevalecem na paisagem, é mencionada em apenas cinco projetos.

III. A condução da regeneração natural é uma técnica secundária nos três biomas.

IV. Poleiros artificiais, apesar do baixo custo e fácil instalação, também não são mencionados com frequência.

IV. Nos Campos Sulinos, roçadas mecânicas são pouco usadas, ao contrário da Mata Atlântica e do Cerrado. Também nos ecossistemas do sul o alinhamento divide a preferência com o plantio desalinhado das mudas, que não ocorre em nenhum projeto dos outros dois biomas. A correção do solo por meio da calagem também diferencia a restauração gaúcha, onde é pouco usada, enquanto que no Cerrado e na Mata Atlântica é aplicada por quase metade dos projetos selecionados.

VI. O uso de herbicidas como o glifosato e o plantio de árvores exóticas são particularidades do Cerrado, em contraste com a Mata Atlântica e com os Campos Sulinos.

VII. Em nenhum projeto analisado, entrevista ou conversa com restauradores, pesquisadores ou funcionários públicos, foi mencionada a intenção ou a prática do plantio de arbustos ou gramíneas em área total, com exceção do projeto da Embrapa – Pecuária, no município de Bagé – RS. Ou seja, organismos vegetais, quando introduzidos no projeto, são representados exclusivamente por árvores.

As Figuras 8-10 mostram as análises de agrupamento bidirecionais para todos os projetos examinados (à esquerda, em linhas), e os métodos empregados (em cima, nas colunas), cuja sequência é ordenada de modo a evidenciar afinidades e associações. Além disto, os projetos estão identificados pelo seu bioma (Figura 8), motivação (Figura 9) e tipo de instituição realizadora (Figura 10).

As árvores de classificação não evidenciam grupamentos muito nítidos, e tanto os projetos como os métodos têm um nível relativamente alto de encadeamento (“chaining”), em que cada elemento é acrescentado por vez, com pequeno nível de diferenciação, formando “escadinhas” em vez de ramos bem diferenciados.

Nos métodos, nota-se à esquerda um grupo que representa técnicas amplamente usadas em todos os biomas. As colunas mais à direita correspondem a métodos menos empregados, que também se distribuem por todos os biomas (Figura 8).

Apesar de não haver grupamentos fortemente definidos, pode-se notar um grupo que combina os projetos de Cerrado e Mata Atlântica (acima; VOT até SCA), enquanto que os projetos dos Campos Sulinos se concentram embaixo. Portanto, mesmo sem uma separação clara, há uma diferenciação nas combinações de métodos mais correntes nos projetos dos primeiros dois biomas em relação aos campos sulinos.

Na motivação dos projetos (Figura 9) a maioria cumpre algum tipo de exigência legal. No gráfico de agrupamento, projetos realizados voluntariamente estão dispersos entre os que atendem a exigências. No entanto, três dos cinco projetos motivados por pesquisa se concentram em um grupo diferenciado, nas últimas linhas, por incorporarem métodos pouco frequentes no conjunto de projetos examinados que define, por exemplo, um subgrupo (plantio de gramíneas, inclusão dos animais pastadores e plantio de eucaliptos). Dois destes projetos são realizados por instituição governamental de pesquisa, a Embrapa (Projeto Biomas e RECAMP; Figura 10).

3.5. Discussão

3.5.1. Estratégias de restauração

3.5.1.1. O plantio total e o dendrocentrismo: discussão técnica em face das bases teóricas.

O resultado mais evidente deste trabalho é a opção prevalente dos restauradores pelo plantio total. O plantio total parece ter se tornado um coringa, uma solução para resolver problemas diferentes, em biomas e ecossistemas diferentes, para ser aplicada por profissionais de formações diversas, em propriedades onde o uso do solo varia e em áreas com histórico e status de degradação totalmente distintos uns dos outros. Plantamos árvores, frequentemente com exclusividade, em campos sujos, limpos, rupestres ou de altitude exatamente da mesma forma como nas restaurações de matas ciliares ou florestas ombrófilas na Mata Atlântica.

A grande maioria dos projetos examinados é pautada nas árvores como elemento central da restauração. Este fato corrobora o cunho do termo “dendrocentrismo” (Lieberman *et al.*, 1989; Moffett, 2000), aqui utilizado em alusão ao papel de destaque que damos às espécies arbóreas nos projetos de restauração. Tendo a maioria como exemplo, a “visão dendrológica foi reforçada pela incorporação da fase arbórea, deixando de lado todas as demais fases da sucessão” (Reis *et al.*, 2006).

Em publicação recente, Veldman *et al.* (2015) criticam o plantio de árvores em campos, savanas e outros ambientes não-florestais, denominando esta cultura de “Tiranía das Árvores”. Segundo os autores, há uma confusão entre “reforestation” e “afforestation”, que deveriam distinguir os processos de refazer florestas anteriormente existentes, porém degradadas, e converter terras historicamente não-florestais para florestas, ou plantios de árvores, respectivamente. Em tempos de aquecimento global, plantios de árvores têm sido propostos e promovidos indiscriminadamente, mesmo por instituições mundiais, por conta da alta produção de biomassa e, conseqüentemente, no seqüestro de carbono atmosférico. O WRI (World Resources Institute) lançou, em 2014, o “Atlas de oportunidades para restauração de florestas e paisagens”. O atlas identifica 23 milhões de quilômetros quadrados de ecossistemas terrestres, segundo os autores, adequados para o plantio de árvores. No entanto, “boa parte destas áreas corresponde aos mais antigos biomas campestres do mundo” (Veldman *et al.*, 2015).

No contexto da Tiranía das Árvores, trataremos o plantio total como um método, composto adicionalmente por algumas outras técnicas que acompanham os organismos protagonistas, as mudas arbóreas. Também são parte do rol das técnicas que compõem o mesmo

pacote metodológico os plantios de enriquecimento, roçadas manuais, o uso de iscas formicidas, adubação artificial, quincôncio e a exclusão de gado. O mesmo método é aplicado em todos os biomas examinados, em proporções altas e sem evidência aparente de ajuste às condições específicas de cada ecossistema.

Os campos são fisionomicamente caracterizados pelas gramíneas. O estado do Rio Grande do Sul, que tem cerca de 75% do território coberto por vegetação campestre (Overbeck *et al.*, 2007) e o único onde o bioma Pampa é presente no Brasil, determina, no artigo 8º da lei estadual nº 9.591/1992, que “os proprietários de florestas ou empresas exploradoras de matéria-prima de florestas nativas, além da reposição, por enriquecimento, prevista no Plano de Manejo Florestal, para cada árvore cortada deverão plantar quinze mudas, preferencialmente das mesmas espécies, com replantio obrigatório dentro de um ano, sendo permitido o máximo de 10% (dez por cento) de falhas (...)” (RS, 1992). Embora os próprios campos exibam naturalmente as florestas em alguns refúgios como as calhas dos rios, o plantio de 15 árvores para cada cortada é uma ameaça potencial à biodiversidade, pois, em caso de autuações deste tipo, os plantios avançariam numa área a uma proporção de 15 unidades de área para uma, em direção à vegetação nativa. Essa lei explica, em parte, a quantidade de projetos de plantio total nos Campos Sulinos, dada a alta quantidade de projetos impostos pelo Ministério Público Estadual.

No estado de São Paulo, a resolução 08/2008 abriu possibilidades para a incorporação de outras técnicas, “tais como nucleação, semeadura direta, indução e/ou condução da regeneração natural” (SP, 2008). No entanto, a mesma resolução exigia o “mínimo de 80 espécies **florestais**” (grifo nosso) para o período previsto em projeto, que, estendendo-se normalmente por quatro anos, tornava a meta inviável para outros métodos que não o plantio total. A substituição desta resolução em 2014 modificou o monitoramento dos projetos, mas as práticas anteriores continuam sendo aplicadas por tempo indeterminado, até que outro método eficiente, aos olhos de restauradores e proprietários de terras, lhes seja apresentado de forma convincente. O que faz com que os legisladores considerem o plantio total uma boa prática, a ponto de ser efetiva ou praticamente obrigatória, discutiremos em seguida.

Mesmo que o plantio de árvores seja obrigatório em casos de restauração motivada por supressão de vegetação não autorizada, haveria poucas razões para não se incluir gramíneas e arbustos nos planos de restauração destas áreas. Mas frequentemente o restaurador não chega a ter essa opção: conseguir sementes de gramíneas em larga escala não obedece à lógica da restauração, como se vê nos viveiros de mudas arbóreas. A disponibilidade destas espécies obedece à outra lógica que será examinada no item “Viveiros”.

A escolha das árvores e do plantio total pode trazer benefícios, mas nos biomas não-florestais a maior parte das iniciativas mostra consequências negativas, inclusive financeiras. Se a fonte das mudas não for adaptada às condições da área, a sobrevivência das mudas e, posteriormente, das árvores em idade reprodutiva, pode ser afetada (Bresnan *et al.*, 1994). No projeto da empresa Votorantim, município de Bagé – RS, cerca de 40% das mudas, oriundas de outros municípios, morreram em decorrência do inverno rigoroso na fronteira do Brasil com o Uruguai, resultado semelhante ao observado por Johnson *et al.* (2004) no Oregon – EUA e também por Timbal *et al.* (2005) na região de Landes, França. Outras consequências da má adaptação das espécies são expressas gradualmente, como lentidão no crescimento, baixa competitividade e má qualidade das sementes (Thomas *et al.*, 2014). Podemos prever que tais prejuízos são contra-incentivos à prática da restauração de ecossistemas.

Veldman *et al.* (2015b) alertam para a alta taxa de perda de habitats nos biomas campestres devido à conversão para agricultura, plantio de árvores e invasão por florestas. O estabelecimento de florestas nos campos, savanas e outros ecossistemas de fisionomia aberta compromete os serviços ecossistêmicos, a biodiversidade e a produtividade de plantas herbáceas, por conta do sombreamento que proporcionam (Veldman *et al.*, 2015b).

O indicador, praticamente único, de sucesso relatado pelos restauradores é o fechamento das copas das árvores (como também visto em Lamb, 2012). Algumas vezes são mencionados o recrutamento de novas plântulas e o sombreamento conferido pelo dossel. O que há de comum a todos estes indicadores é que eles são relativos às árvores e ao seu rápido desenvolvimento. Ou seja, a restauração é considerada finalizada e bem sucedida quando galhos e folhas de diferentes indivíduos se tocam, e o restaurador entende que novas intervenções e ações de monitoramento a partir deste momento não são mais necessárias.

Tudo indica que o problema não é o dendrocentrismo por si só, mas a desconsideração de outros elementos na concepção do projeto. Trataremos a seguir da priorização da árvore como elemento, do plantio total como método, e de como este se relaciona com as bases teóricas e empíricas apresentadas no capítulo de introdução.

A distância entre a prática e a teoria ecológica básica foi mencionada por diversos autores (Nuttall *et al.*, 2004; Reis *et al.*, 2010) e poucas dos projetos apresentados neste trabalho contradizem esta afirmação. Porém, há de se diferenciar aqui os processos de planejamento do processo de aplicação das técnicas frente às teorias. É possível, sim, fazer uma simples associação destas técnicas com bases teóricas que surgiram no decorrer dos anos, mas esta mera associação não faz da fase de concepção dos projetos um arcabouço crítico e analítico sobre a melhor trajetória que as práticas e resultados deveriam seguir.

Além disso, outras características são importantes para a associação (ou a não-associação) de plantios totais com as bases teóricas da restauração ecológica, que aqui ressaltamos:

I. Animais raramente figuram na fase de planejamento do projeto, e, por vezes, há esforços para eliminá-los do sistema. Eventualmente pássaros, morcegos e macacos, que chegam com a reengenharia do habitat, são tidos como possíveis dispersores de sementes. Porém, em caso de grandes distâncias para os fragmentos adjacentes (como ocorre em praticamente todo o Cerrado paulista, por exemplo), sua atuação não se concretiza. Nessas circunstâncias, o modelo de Biologia de Populações não é efetivo (Montalvo *et al.*, 1997).

II. Todas as mudas são plantadas ao mesmo tempo e em toda a área. A interação entre elas, apesar de ser prevista para favorecer as próprias em aspectos como sombreamento, em alguns pode impossibilitar o povoamento de muitas outras espécies de plantas, o que faz a associação com Regras de Montagem (Temperton *et al.*, 2004) questionável, uma vez que muda os resultados da montagem conforme a mudança das condições. No entanto, pesquisas do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da Universidade de São Paulo – Campus Piracicaba apresentadas como resultados deste capítulo na descrição do projeto da ONG Copaíba, Socorro – SP, muda esta interpretação. A perspectiva da troca dos grupos de plantas pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas (ou simplesmente pioneiras e não-pioneiras) pelos grupos de recobrimento e diversidade, a serem plantados separadamente em momentos distintos, indica que as Regras de Montagem podem ser associadas ao método. Para mais detalhes, ver o item “Pioneiras e não pioneiras, recobrimento e diversidade e os plantios em 30 anos”.

III. Campo dos Sonhos (Palmer *et al.*, 2007) seria uma alternativa válida se a reengenharia do habitat, nos plantios totais, incluísse o manejo de fatores abióticos. O plantio de mudas confere, indiretamente, a modificação do microhabitat e das condições químicas e físicas do solo, de luz e de umidade. Dentre as bases teóricas aqui analisadas, *Field of Dreams* seria a mais apropriada para abarcar o método do plantio total. No entanto, duas ressalvas são necessárias.

Primeiro, não foram encontradas iniciativas que otimizem a dinâmica das chuvas ou mesmo a retenção da água nos projetos examinados. Ou seja, a água, fator abiótico de importância mais evidente, é desconsiderada no planejamento dos projetos de restauração. A irrigação das mudas é realizada nos primeiros meses por meio de caminhões-pipa ou hidrogel, e nos anos seguintes o solo frequentemente tem aspecto muito seco, como pode ser visto em detalhe no item “Tratamento dos solos”. Já existem métodos em uso, principalmente na

restauração de áreas mineradas, cujos focos são o manejo dos elementos abióticos, a manutenção da água no ecossistema e a aplicação de técnicas nucleadoras, como no exemplo da Figura 11.

Segundo, ao passo que Campo dos Sonhos é um marco teórico relacionado com a reengenharia dos habitats, sua associação com o plantio total requer que o objetivo principal da utilização de árvores seja a modificação física e química do sistema, e não a inserção de organismos e sua sucessiva substituição por outros ao longo do tempo.

IV. Curiosamente, a análise dos plantios totais à luz da Teoria de Sucessão (Palmer, 2007) é dúbia em muitos aspectos. Apesar de os plantios das mudas normalmente obedecerem ao quincôncio, a fim de aproveitar características de sucessão das espécies (pioneiras, secundárias e tardias), e visar um ponto futuro previsível, os plantios totais, principalmente no Cerrado e no Pampa, desconsideram o passado do ecossistema, porque plantam árvores ao invés de gramíneas e arbustos. Além disso, com raras exceções, os projetos não incluem a análise ou a simples comparação de seus resultados com sítios de referência. O projeto chamado Genética da Maya, no município de Bagé – RS, conta com um sítio de referência a cerca de 200 metros da área restaurada, e o indicador de sucesso mencionado em entrevista é que ela “fique comparável em fisionomia e composição” a esta área anexa.

Tanto em ecossistemas de fisionomia aberta quanto nas florestas pode-se questionar, inclusive, se a distância entre as mudas permite que os indivíduos plantados no mesmo arranjo do quincôncio se influenciem mutuamente. Considerando que o alinhamento dos plantios totais é feito preferencialmente com as distâncias de dois metros entre as mudas da mesma linha e três metros entre as linhas, e que as mudas são plantadas com cerca de 40 centímetros de altura, é evidente que a sombra fornecida por um indivíduo dificilmente alcançará outro, no mínimo até o quinto mês até mesmo nos horários em que o sol já está mais baixo (ver figura 12).

Esta afirmação é controversa em algumas iniciativas. Os exemplos são o projeto da ALCOA no município de Poços de Caldas e outras recentemente elaboradas e aplicadas ainda de forma incipiente, como as do projeto da ONG Copaíba, em Socorro – SP. No primeiro, o maior adensamento das mudas, plantadas em espaçamento 1,5m x 1,5m pareceu reduzir os custos do controle e retirada de gramíneas invasoras, já que proporciona maior sombreamento da área, e, conseqüentemente, maior efeito das mudas neste sentido. No segundo, a divisão entre espécies de recobrimento e diversidade faz com que os projetos de plantio total se aproximem da Teoria de Sucessão, já que preveem dois plantios em momentos diferentes. Desta forma, inclui-se no planejamento a substituição gradual de árvores por outras com diferentes características ecológicas e sucessionais. Isto faz com que as mudas plantadas posteriormente

se beneficiem de condições proporcionadas pelas plantadas inicialmente para alcançar um melhor desenvolvimento, protegidas de limitantes como luz e calor, por exemplo. Outras técnicas associadas ao plantio total, neste novo método, permanecem idênticas.

Embora seja possível identificar uma nova concepção pela técnica “recobrimento e diversidade”, a essência permanece dendrocêntrica. Mantém a árvore como elemento biótico único, ignorando organismos importantes para estágios iniciais da sucessão como fungos, bactérias, pequenos animais, gramíneas e arbustos, e não confere vantagens para a restauração de ecossistemas não-florestais. Os custos também são uma preocupação, uma vez que o método é o mais caro de todos os que foram apresentados no capítulo 1, ainda acrescidos de um segundo plantio após um ano.

V. Modelos de Limiar demandam o monitoramento como fonte de dados de uma disciplina científica de restauração, que fornece informações para alteração de planejamento que integram o chamado Manejo Adaptativo. Como já dito, excetuando-se a Resolução 32/2014 da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, que prevê 20 anos de monitoramento (SMA, 2014), em sua grande maioria, os projetos são monitorados apenas por quatro anos.

Segundo Rodrigues *et al.* (2009), a maior parte dos projetos é pequena e focada localmente, e não publicam seus resultados ou monitoram adequadamente seus programas. Esta falta de informações torna mais difícil contribuir com ações futuras (Rodrigues *et al.* 2009).

VI. Restauração para o Futuro não se aplica, pelo fato de os plantios totais se destinarem a um único ponto clímax possível: a floresta madura, coberta por um dossel denso e produtora de biomassa.

Mesmo que não seja possível enquadrar a maior parte dos projetos nas bases teóricas fornecidas, alguns projetos visitados podem ser considerados exceções, e aplicam técnicas a serem ressaltadas neste contexto. É o caso da “Genética da Maya”, desenvolvido no município de Bagé – RS por uma empresa de consultoria (ver relatos dos projetos visitados nos anexos da tese). A consultoria utilizou propriedades adjacentes à área a ser restaurada como sítios de referência. O plantio foi realizado através de semeadura direta de aveia e *Paspalum notatum* (Pensacola), nativas e disponíveis, a fim de atuarem como facilitadoras para a entrada de outras gramíneas nativas. Algumas árvores de pequeno porte, e espécies arbustivas também foram plantadas, além de técnicas como transposição de solo e outras nucleadoras. Por certo, Genética da Maya é um projeto que se baseou em doutrinas de restauração ecológica clássica, como a Teoria de Sucessão.

Outro caso de exceção é o projeto da empresa International Paper, no município de São Simão – SP. O projeto conta com apenas uma técnica expressa em planejamento, a condução

da regeneração natural. Os resultados são promissores entre dois e quatro anos de desenvolvimento, devido à resiliência do Cerrado não ter sido completamente perdida pela degradação, já que o uso principal do solo antes da restauração foi o plantio de eucalipto. Embora exótico, o eucalipto promove o sombreamento das áreas, inibindo o crescimento de gramíneas invasoras e permitindo a rebrota das espécies nativas. A Teoria de Sucessão não foi o delineamento planejado, mas pode, igualmente, ser associada ao projeto.

3.5.1.2. Técnicas nucleadoras

Conforme apresentado nos resultados, o conjunto de técnicas nucleadoras foi muito pouco mencionado nos projetos selecionados. Em conjunto, as quatro técnicas deste método – desbastes e podas de condução; plantio em ilhas de diversidade; poleiros artificiais e as transposições (de solo, galharia e de chuva de sementes) foram empregados em 23 projetos.

A nucleação é um método de resultados mais vagarosos. Talvez por isso ainda não seja amplamente aceita pelos restauradores no Brasil. A intenção de se criar pequenos núcleos de vegetação, que ao longo do tempo se unem através do crescimento e desenvolvimento das plantas, não é compatível com o objetivo de se recompor um ambiente denso e fechado, no menor tempo possível.

O principal nesta questão, no entanto, não é a frequência com que o método foi mencionado, mas por quem ele foi escolhido. Com exceção de três projetos em propriedades rurais privadas, um deles motivado por um termo de ajustamento de conduta imposto pelo MPE-RS, e outros dois para recomposição de reservas legais no Cerrado e na Mata Atlântica, todas as outras 20 vezes em que a nucleação apareceu foram em projetos científicos (I. F. Assis e E. E. Itatinga) ou desenvolvidos por grandes empresas, que em sua maioria, têm consultorias de instituições de pesquisa (na Mata Atlântica, ALCOA/ESALQ, Cervejaria Petrópolis/ESALQ, Duque Energy/UEL, CCRG – Fazenda Intermontes/ESALQ, e LLX/projeto próprio; nos Campos Sulinos, CMPC Celulose/UFV, Votorantim/projeto próprio e Reflorestadores Unidos/projeto próprio; e no Cerrado, International Paper/projeto próprio). Isto indica que a escolha das técnicas não está apenas associada a como o restaurador encara a natureza e os processos ecológicos, ou com os objetivos pensados para serem atingidos pelos projetos. A nucleação apenas é aplicada quando se tem as informações ou o poder (financeiro) para acessar tais informações. Estes aspectos serão mais discutidos no item “Porque plantamos árvores?”.

3.5.1.3. Regeneração Natural

Apenas 21 dos 75 projetos fizeram a opção pela condução de regeneração natural. Este fato é preocupante, principalmente no Cerrado. Isto porque, segundo Sampaio *et al.* (2007) o plantio de árvores para restaurar a densidade e a diversidade nas “florestas secas” no Brasil central causa danos às espécies que rebrotam espontaneamente, não havendo ganhos. Além disso, dado o atual estado de fragmentação dos ecossistemas do interior do estado de São Paulo, e que os cerrados são ecossistemas muito eficientes na rebrota das raízes subterrâneas (Gignoux *et al.*, 1997; Higgins *et al.*, 2000; Vieira *et al.*, 2006), mesmo após perturbações e processos de degradação, a regeneração natural pode, em muitos casos, ser o método mais apropriado para a escolha dos restauradores. Esforços para a restauração dependentes da dispersão de sementes são mais bem sucedidos quando há conectividade entre os ambientes em restauração e as fontes de sementes (Muller *et al.* 1998), o que faz com que projetos de restauração na Mata Atlântica e nos Campos Sulinos em comparação sejam mais dependentes de fragmentos adjacentes.

Piora a situação o fato de que poucos são os restauradores que efetivamente promovem a condução da regeneração natural. Primeiramente, o termo é vago e falho, pois o emprego da palavra “natural” dá a entender que não há tarefas necessárias para incluir a regeneração nos projetos: a natureza se incumba do processo. Por isso o termo “condução” é essencial, e é necessário que se diferencie este processo do mero abandono, como normalmente ocorre depois dos dois ou quatro anos da implementação do plantio total. Em resumo, considerando a definição do termo, a indicação desta técnica foi superestimada, e os únicos projetos que conduzem, de fato, a regeneração natural são os científicos e alguns dos promovidos pelas grandes empresas.

Dados básicos como a proximidade dos fragmentos e uso do solo das áreas em restauração são frequentemente negligenciados nos projetos executivos examinados, ou não levados em consideração na escolha do método. Informações como estas podem contribuir para uma escolha mais crítica e apropriada do método de restauração, sendo possível evitar o enorme gasto inerente ao plantio total. Solos pouco degradados ainda permitem a rebrota das raízes, enquanto que áreas próximas a fragmentos conservados recebem suas sementes pela dispersão promovida por animais e pelo vento. Com a restauração passiva, a capacidade de rápida reocupação das espécies arbóreas por vezes faz com que plantios sejam desnecessários (Kauffmann *et al.*, 1997).

No Cerrado de São Paulo, antigos talhões de eucalipto suprimidos para darem lugar à áreas em restauração na estação experimental da USP em Itatinga, são testemunhas que a regeneração natural pode ser bem sucedida nestes ecossistemas (Figura 13).

3.5.1.4. Espécies arbóreas exóticas

A primeira decisão relacionada com o plantio diz respeito à seleção das espécies (Thomas *et al.*, 2014). Muitos autores já declararam sua preferência por sementes nativas em detrimento das exóticas, embora estas possam ser úteis ou até necessárias em alguns casos, em sítios extremamente degradados ou para atuarem como facilitadoras (Lamb, 2012). Bons resultados com o uso de exóticas têm sido descritos em uma série de trabalhos no Brasil, principalmente no Cerrado (Durigan *et al.*, 2013; Souza & Durigan, 2013; Onofre & Engel, 2013), mas é crucial ressaltar a necessidade de monitoramento e manejo constantes, para que invasões biológicas sejam evitadas.

A utilização de árvores exóticas foi constatada apenas em dois projetos examinados. No entanto, ressaltá-los é interessante, pois elas realmente funcionaram como pioneiras, exerceram o papel de facilitadoras no processo de sucessão ecológica, e, principalmente, se tornaram alternativas ao uso de herbicidas, contribuindo para a exclusão das gramíneas invasoras devido ao sombreamento abrangente que proporcionam. *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. foram mantidas nos antigos talhões de produção de madeira e celulose da Estação Experimental de Itatinga, no Instituto Florestal de Assis e da empresa International Paper em São Simão, todos no Cerrado de São Paulo. Este último, cerca de cinco anos após o início da condução de regeneração e gradual retirada das exóticas, já apresentava a fisionomia de campo sujo (ver detalhamento do projeto no Anexo 2). O projeto do DER, no município de Batatais, eliminou as árvores dos antigos talhões mantendo apenas os tocos, e verificou a infestação por braquiárias e formigas cortadeiras após a implementação convencional do plantio total.

É importante que se diferencie três processos distintos na escolha destas espécies nas iniciativas restauradoras. Primeiro, árvores exóticas podem ser utilizadas como ferramenta da restauração, com base na concepção e na análise crítica do restaurador, pressupondo que elas necessitarão de manejo contínuo até que os processos ecológicos da área sejam considerados autônomos, sem a necessidade de intervenção humana. Segundo, proprietários de terra fazem a opção por espécies exóticas não pelas vantagens ecológicas que elas podem conferir, mas pelo lucro potencial, manejando e vendendo madeira e outros recursos florestais. Desta forma, espécies exóticas tornam-se incentivos à restauração, como observado nos projetos examinados em Bauru. Terceiro, é frequente que as mudas para plantios totais sejam provenientes de viveiros muito distantes, pela falta de oferta nos estabelecimentos locais, principalmente no Cerrado e nos Campos Sulinos. No projeto do DER, em Batatais – SP, muitas mudas eram oriundas de viveiros no Vale do Paraíba, portanto, na Mata Atlântica. Embora viveiros distantes

possam contribuir com o aumento da diversidade genética, por extraírem as sementes de matrizes diferentes (Broadhurst *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2014), a escolha por viveiros distantes contraria o paradigma “local é melhor” (Broadhurst *et al.*, 2008), posto que a recomendação para o uso de sementes locais é bem enraizada na literatura científica (Wilkinson, 2001; McKay *et al.*, 2005). Além disso, a admissão do plantio de árvores da Mata Atlântica não se dá por opção do restaurador, mas para que seja possível alcançar a densidade 1667 mudas por hectare do esquema de plantio total com espaçamento 2m x 3m e diante da baixa diversidade da oferta de mudas nativas de cerrado nos grandes viveiros.

3.5.2. Problemas e soluções

3.5.2.1. Pastejo – prós e contras

Como descrito anteriormente neste trabalho, animais pastadores são potenciais ferramentas de manejo do ecossistema no Cerrado (Durigan *et al.*, 2013) e nos Campos Sulinos (Overbeck *et al.*, 2009) por contribuírem para o controle de gramíneas invasoras. Além disso, a pecuária é uma atividade econômica já consolidada em muitas áreas de Cerrado. Incluí-la no planejamento de projetos de restauração ambiental pode ser um incentivo econômico aos proprietários de terras, analisadas as densidades apropriadas em cada caso.

No entanto, propriedades bovinocultoras frequentemente promovem cercamento das áreas em restauração, ou escolhem áreas inacessíveis aos bois. A explicação é o entendimento que o gado prejudica as mudas arbóreas, tanto pelo pisoteio quanto pela herbivoria que promove.

Em áreas nas quais a pecuária não é atividade principal, como propriedades de empresas mineradoras ou produtoras de celulose e madeira, os executores caracterizam a desnecessidade de cercas como uma vantagem. Ou seja, nem sempre é preciso que o projeto faça menção à manutenção ou ao isolamento do gado – isto só acontece quando há criação destes animais na propriedade ou nos arredores. Por conta disso supõe-se que a exclusão do gado tenha sido subestimada.

Bons resultados são apresentados, tanto no Cerrado quanto nos Campos Sulinos, por projetos que incluíram o pastejo como uma ferramenta do processo. Parte das exceções, tais projetos são desenvolvidos por instituições ligadas ao governo e destinados à pesquisa científica aplicada à Ecologia da Restauração – no caso do Cerrado, o projeto do Instituto Florestal de São Paulo na Floresta Estadual de Assis, e nos Campos Sulinos o projeto RECAMP, da

EMBRAPA Pecuária. Na Mata Atlântica, o INEA-RJ recomendou a criação intensiva de ovelhas para o projeto da Cervejaria Petrópolis. Entretanto, não foram encontradas evidências de implementação da técnica.

Veldman *et al.* (2015) apontam a exclusão da megafauna herbívora (nativa ou não) como positiva para ambientes florestais, mas catastrófica para campos e savanas, incluindo-a como parte da cultura da Tirania das Árvores. A exclusão do gado, portanto, reforça a priorização não intencional das árvores e florestas. Gramíneas e espécies arbóreas podem coexistir em um equilíbrio dinâmico quando fatores climáticos, edáficos e de perturbação interagem temporariamente, sem que formas de vida preponderem ou se excluam reciprocamente. Todavia, mudanças direcionais em um ou mais desses fatores de controle podem comprometer este equilíbrio em favor de um grupo, e deslocar o sistema em direção aos campos, *shrublands* ou às florestas (Archer *et al.*, 2000). Sem regimes de perturbação, como o pastejo, os campos podem ser ocupados rapidamente por uma vegetação arbustiva (ou “vassoural”, como chamado no Rio Grande do Sul) e daí gradualmente passar a outros estágios de sucessão até uma floresta secundária, mesmo na ausência de plantios (Zhuang, 1997; Jing *et al.*, 2013). Com o gado isolado das áreas em restauração, o mesmo processo foi observado nos projetos dos Campos de Cima da Serra, nos municípios de São Francisco de Paula e Cambará do Sul, e na regeneração natural no Cerrado em São Simão, SP.

Mesmo na Mata Atlântica, alguns restauradores mencionaram ressalvas quanto ao isolamento do gado. Embora reconheça os prejuízos trazidos às mudas pelos animais, reportando a perda das plantas do subosque após a abertura da cerca em um de seus projetos, a bióloga ONG Copaliba (Socorro – SP) relativiza: “quando entra (o gado), entra muito. Eles soltam a boiada inteira na área. Eles (os proprietários de terras) não trabalham corretamente, uma cabeça por hectare, que é o certo. Eles colocam 20-30 cabeças por hectare, uma quantidade enorme de gado que entra nas áreas”. No projeto de Intermontes, município de Ribeirão Grande, houve relatos dos proprietários prevendo a completa invasão das áreas pelas braquiárias após a instalação das cercas de arame farpado.

3.5.2.2. Herbicidas

Em comparação com os projetos desenvolvidos no Cerrado, herbicidas são pouco usados nos projetos da Mata Atlântica, apesar de não serem proibidos no bioma, com exceção das Áreas de Preservação Permanente no estado do Rio de Janeiro (Moraes *et al.*, 2006). Isto pode explicar em parte o baixo número de menções sobre o uso destes compostos, já que, dos 17 projetos examinados, nove encontram-se neste estado. Mesmo quando as restrições não se

aplicam, analistas do INEA, órgão ambiental fluminense, determinam que os restauradores não façam uso dos herbicidas, recomendando roçada mecânica, plantio de leguminosas ou criação intensiva de ovelhas para o controle das gramíneas invasoras (como observado no projeto da Cervejaria Petrópolis, em Itaipava, RJ). Dos três projetos examinados no estado do Paraná, apenas um, desenvolvido pela Universidade Estadual de Londrina, menciona o uso de herbicidas. No entanto, este faz parte de um experimento para pesquisa científica. O uso de herbicidas não foi constatado nos projetos examinados nos Campos Sulinos.

A Portaria IBAMA nº 14/2010 (IBAMA, 2010) liberou a possibilidade de utilização de herbicidas com base em ingredientes ativos de baixo impacto, dentre eles o glifosato, o mais aplicado no mundo (Baylis, 2000) e unânime nos projetos examinados. Esta liberação ocorreu em caráter emergencial, válida pelo período de dois anos após a publicação da portaria, sendo a aplicação do glifosato restrita à proteção de florestas nativas e ao controle das espécies *Eragrostis plana*, *Impatiens walleriana*, *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum*, *Urochloa* spp., *Cortaderia selloana* e *Rubus* sp. A aplicação do glifosato é controversa entre os autores, sendo recomendada para eliminação de gramíneas invasoras no Cerrado em Durigan *et al.*, (2003), e ao mesmo tempo relatada como causa de contaminação do lençol freático e envenenamento humano, incluindo mortes (Recena *et al.*, 2006).

Herbicidas não fazem parte do pacote metodológico prevalente para a restauração ecológica. Órgãos ambientais estaduais diferem em suas interpretações, e, embora não haja ampla aceitação das evidências de contaminação, o princípio da precaução é invocado para a sua proibição em alguns estados. De qualquer forma, nos casos em que há permissão pelas instituições ambientais, a aplicação dos herbicidas é questionável, já que em alguns casos ele se mostra desnecessário. O capim-colônia (*Megathyrsus maximus*), por exemplo, é excluído com relativa facilidade após um ano de remoção manual, mesmo na ausência de queimadas e pastejo (Mantoani & Torezan, 2016).

3.5.2.3. Fogo

Como já descrito no item “Pastejo”, a ausência de regimes de perturbação leva ao adensamento da vegetação nos ecossistemas abertos, rumo às formações florestais (ver comparação nas Figuras 14 e 15). Perturbações também podem levar ao incremento da biodiversidade por uma série de mecanismos (Connell, 1978). Há muitas evidências que os efeitos sinérgicos da alteração de regimes de perturbação podem tornar os ecossistemas mais

vulneráveis a mudanças que, anteriormente, poderiam ter sido absorvidas (Suding & Hobbs, 2009). Evitar as queimadas dos ecossistemas campestres e savânicos faz parte desse problema. Numa simulação de um mundo sem fogo, as florestas cresceriam de 27% para 56% dos territórios examinados em Bond *et al.* (2005).

De todos os projetos examinados, apenas o desenvolvido pelo Instituto Florestal de São Paulo, em Assis, mencionou a utilização de queimadas controladas, enquanto que os consultores Luiz Pasqualotto e Claudio Moura, responsáveis por projetos dos Campos de Cima da Serra, relataram ser uma prática terminantemente proibida pelos órgãos ambientais do estado do Rio Grande do Sul (SEMA e FEPAM). Esta é outra face da impensada priorização das árvores e do estabelecimento das florestas.

Neste caso, a importância da manutenção da vegetação local, como anteriormente era conhecida, não envolve adesão a uma teoria ou base teórica, dentre as apresentadas no capítulo 1 e discutidas neste capítulo. Este não é o objetivo. Porém, não convém que se coloque em risco uma paisagem. Há valores culturais e econômicos como o turismo e a pecuária associados aos campos abertos, assim como há valores associados às florestas. Converter campos em florestas significa abrir mão desta diversidade paisagística. Neste sentido, autores avaliam que o fogo seja o principal mantenedor das paisagens e meio de controle da vegetação florestal nos Campos, talvez mais do que a disponibilidade hídrica (Gautreau, 2010).

O emprego de queima controlada visando ao manejo conservacionista é previsto em Unidades de Conservação, desde que a vegetação nativa seja associada, evolutivamente, à ocorrência do fogo, como é o caso do Cerrado ou dos Campos (Lei 12.651, Art. 38, inciso II; BRASIL, 2012). Porém, em propriedades particulares, a queima controlada requer licenciamento junto aos órgãos competentes e ainda não é claramente prevista como prática para melhoria dos ecossistemas em conservação ou em restauração.

O fogo pode também prevenir invasões biológicas onde há sementes nativas resistentes à queima. As espécies invasoras morrem e as sementes nativas permanecem no solo para germinar no ano seguinte (Freckleton, 2004), conhecimento que pode ser utilizado para manejar a composição da vegetação em pequenas escalas (Parr *et al.*, 2004). O uso de fogo como prática de Manejo Adaptativo, portanto, aplica-se apenas sob condições específicas (Ramos & Durigan, 2013) e de fato requer condições e cuidados bastante estritos. Ressalta-se, neste caso, a suma importância do manejo e do monitoramento, visto que as queimadas também podem favorecer o estabelecimento de espécies invasoras ou de difícil remoção posterior como *Pteridium aquilinum* (Alonso-Amelot & Rodolfo-Baechler, 1996).

3.5.2.4. Viveiros

Projetos que utilizam o plantio de mudas são totalmente dependentes de grandes viveiros comerciais e os projetos no Cerrado e nos Campos Sulinos são mais afetados pelo problema em comparação aos ecossistemas da Mata Atlântica. Há, para este bioma, mais conhecimento para marcação de matrizes, coleta, beneficiamento e quebra de dormência de sementes nativas do que para os outros dois.

Não é difícil encontrar um viveiro com produção acima de 200 mil mudas por ano, de 120 espécies nativas na Mata Atlântica, como nos encontrados nos projetos da Reserva Ecológica Guapiaçu (REGUA), em Cachoeiras de Macacu – RJ; da LLX, em São João da Barra – RJ e da ONG Copaíba, em Socorro – SP. Por outro lado, no Cerrado, Ricardo Braga, consultor do projeto do DER no município de Batatais, relata que só é possível encontrar cerca de 10 espécies nativas nos viveiros comerciais dos arredores. Na região de Bagé – RS, mudas arbóreas estão frequentemente disponíveis, mas apenas uma espécie de gramínea nativa, *Paspalum notatum*, está hoje à venda em larga escala, e não para fins de restauração ecológica, mas para produção de pastagens para a pecuária. Em um hipotético consórcio da pecuária com uma restauração de viés menos dendrocêntrico, mas ainda calcada na alta diversidade, sementes de muitas outras espécies já poderiam estar em processo de beneficiamento e produção. Para os campos do Rio Grande do Sul o programa PROBIO, do Ministério do Meio Ambiente, destacou as chamadas “plantas para o futuro”, nativas com inserção potencial na matriz agrícola (Valls *et al.*, 2009). De um total de 42 espécies destacadas pelo projeto há 16 espécies de leguminosas e 26 espécies de gramíneas, sendo 12 do gênero *Paspalum*. Em resumo, ressaltamos o importante fato de não existirem viveiros destinados à produção de mudas ou sementes de espécies vegetais não arbóreas para a restauração ecológica. Possivelmente isso é uma realidade de todo o país.

A principal conclusão é que, nos biomas não-florestais, o restaurador estará fadado a plantar o que a produção dos viveiros permitir. Eventualmente isso poderá ocorrer mesmo que outras técnicas, como a regeneração natural, fossem priorizadas, mas alguns tipos de campos, dificilmente se restauram a partir do banco de sementes (Koch *et al.*, 2011). Em outros países, estudos já identificaram a carência de sementes viáveis e a difícil dispersão como os principais obstáculos para a restauração de campos ricos em espécies (Bakker *et al.*, 1996; Bossuyt & Honnay, 2008), como é o caso. Nestes ambientes, poucas espécies alvo são capazes de compor bancos de sementes persistentes a longo prazo (Von Blanckenhagen & Poschlod 2005). Em áreas pequenas, os esforços de restauração vão depender primariamente de uma vegetação bem

desenvolvida acima do solo servindo como fonte para outras colonizações (Koch *et al.*, 2011). Estes resultados aumentam a importância (e, conseqüentemente, a responsabilidade) de bons fornecedores de organismos vegetais, e da disponibilidade de espécies apropriadas ao objetivo da restauração, diferentemente do que pudemos observar nos projetos de restauração campestre.

3.5.2.5. Tratamento dos solos

Mesmo na Mata Atlântica, onde as florestas predominam, o plantio total promove o crescimento das árvores, mas não assegura o desenvolvimento geral do sistema. A fauna do solo, por exemplo, importante componente do sistema decompositor e uma das forças motrizes dos ciclos biogeoquímicos, dificilmente alcança níveis satisfatórios em menos de 20 anos após o plantio. Queiroz (2010) realizou uma análise comparativa das populações de Collembola do solo entre uma área de referência, uma área degradada e três plantios totais com 10 anos de idade no norte do Espírito Santo. O sítio de melhor resultado alcançou apenas cerca de metade dos indivíduos coletados no sítio de referência. Em relação à diversidade, Queiroz identificou a dominância de indivíduos da ordem Entomobryomorpha nos três plantios, o que também ocorreu na área degradada. O sítio de referência apresentou uma distribuição mais equitativa dos grupos.

Conseqüências nos ciclos biogeoquímicos dos campos em decorrência da presença de plantas arbóreas foram descritos por Archer *et al.* (2000). Considerando que o estoque de carbono aumenta com a conversão dos campos em florestas, e que os níveis de nitrogênio do solo acompanham este crescimento, a biomassa radicular passa a exceder a foliar entre uma e duas ordens de magnitude, sugerindo grandes mudanças físicas e químicas nas propriedades do solo. Também há aumentos nas taxas de mineralização de nitrogênio, respiração do solo e nas emissões de hidrocarbonetos não-metano, que podem acarretar mudanças significativas a nível global, dado que grandes áreas na África, na Austrália e nas Américas do Sul e do Norte tem observado avanços das florestas sobre os campos (Archer *et al.*, 2000).

Aumentos na taxa de nutrientes no solo afetam negativamente a diversidade nos campos (Bakker & Berendse, 1999; Wang *et al.*, 2010), podendo aumentar a dominância em comunidades funcionalmente diversas, uma vez que favorece espécies adaptadas à exploração dos recursos adicionais (Wang *et al.*, 2010). Além disso, a queda da riqueza de espécies em correlação com o aumento de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio (os mesmos componentes dos adubos artificiais “NPK” utilizados em 61 dos 75 projetos de restauração examinados neste trabalho) é frequentemente verificada em experimentos de fertilização nos campos (Critchley *et al.* 2002).

Embora a qualidade do solo não tenha sido um alvo desta pesquisa, foi possível verificar em campo que, abaixo da fina camada de serrapilheira nos plantios totais, o solo é frequentemente seco e deficiente de matéria orgânica (Figura 16). Em contrapartida, a parte aérea das árvores desenvolve-se rapidamente (Figura 17), a cobertura se torna densa e as copas se tocam já com cerca de cinco anos após os plantios. Vale ressaltar que o tratamento dado ao solo nos projetos de plantios totais inclui adubação e calagem apenas nas covas onde serão plantadas as mudas, outra priorização das árvores.

3.5.3. Monitoramento

3.5.3.1. Monitoramento antes – medidas de resiliência

O monitoramento das áreas antes da restauração também é uma discussão que toma corpo entre os cientistas, e não foi observada nos projetos examinados neste trabalho. O principal desafio neste sentido é a determinação do grau de degradação das áreas, ou, medida da resiliência, para que com este parâmetro seja possível definir procedimentos de restauração apropriados para cada caso. A resiliência é definida como a “taxa na qual um ecossistema retorna à condição inicial (pré-perturbação)” (Ewel, 1980).

Neste contexto, é incoerente que um mesmo método de restauração seja aplicado em áreas com características ecológicas semelhantes, dentro de um mesmo bioma, mas com níveis de degradação tão díspares. Isto porque uma área de mineração, por exemplo, quando comparada a áreas agrícolas, terá menor probabilidade de retornar à condição prévia sem que haja grandes intervenções, e isto poderia (ou deveria) determinar a aplicação de técnicas diferentes – eventualmente até menos custosas – para cada uma. Estas disparidades são observadas, por exemplo, no Cerrado, quando comparamos o projeto do DER em Batatais – SP, em um antigo talhão de pinus, com um dos cinco projetos em propriedades produtoras de cana-de-açúcar (um deles, localizado na mesma cidade). Ou, nos Campos Sulinos, quando comparamos os projetos da Votorantim também em talhões de pinus, com o da Pedreira da Tapera, uma área de mineração. Estes projetos estão localizados em Bagé e Dom Pedrito – RS, municípios vizinhos. Em todos estes exemplos o plantio total é a técnica central.

Embora mensurar a resiliência das áreas ainda seja um grande desafio, propostas foram elaboradas neste sentido. Ewel (1980) utilizou um método baseado na vegetação da área degradada, amostrada em dois momentos distintos, em comparação com a mesma medição em um ecossistema de referência. Isto geraria um índice de recuperação do ecossistema em porcentagem por ano, e bastaria estabelecer em quantos anos seria desejável que as áreas se recuperassem para assim definir, por exemplo, se existe a necessidade de plantio ou se a

condução de regeneração natural seria suficiente. A limitação do método reside na premissa de que, segundo Modelos de Limiar, as taxas nem sempre serão contínuas, podendo o ecossistema acelerar ou estagnar a restauração em dados momentos. Além disso, com o adiamento do início das ações para a realização de tais análises, os fatores de degradação podem se agravar e também há o trabalho de se provocar perturbações nos ecossistemas de referência, para mensurar a referida taxa. A Resolução SMA/SP 32 determina como parâmetro da resiliência o aumento da “cobertura do solo por vegetação nativa” (SP, 2014), o que iguala a importância de árvores, arbustos e gramíneas.

3.4.3.2. Monitoramento durante

Já citamos no capítulo 1 sobre a evolução de concepção e procedimentos em função dos resultados ao longo do tempo abordadas por Rodrigues *et al.* (2009). Todavia, a despeito da experiência acumulada na restauração de ecossistemas nas últimas décadas, ainda é comum mensurar o sucesso dos projetos primariamente pelo número de mudas plantadas ou por sua sobrevivência em curto prazo (Menges, 2008; Le *et al.*, 2012). Menges (2008) descreve com precisão os resultados de monitoramento encontrados neste capítulo: “A sobrevivência ao transplante é, de longe, a mais comum taxa monitorada” pelos restauradores. E esta não é uma questão exclusivamente brasileira. Em todo o mundo, apesar das extensas discussões a respeito do que define e mede uma restauração de sucesso, o monitoramento e a avaliação dos projetos na prática são amplamente defasados (Wortley *et al.*, 2013). Esta é, certamente, uma falha grave. Em toda a literatura examinada neste trabalho sobre o tema, o monitoramento é descrito não apenas como uma atividade a ser incluída nos projetos, mas uma condição indispensável para o sucesso das iniciativas (Brown & Lugo, 1994; Hobbs & Harris, 2001; Souza & Batista, 2004; Menges, 2008; Le *et al.*, 2012; Wortley *et al.*, 2013).

A verdade é que, em termos de esforços para a melhoria da restauração, o monitoramento na prática não existe. Novamente, exceto nos projetos científicos e os desenvolvidos pelas grandes empresas, relatórios de monitoramento são feitos para cumprir exigências dos analistas ambientais. O monitoramento deveria averiguar não apenas os aspectos mais visíveis e óbvios dos projetos, como a mortalidade das mudas, a reinfestação das formigas no sistema e a presença do gado, mas outras características como ciclagem de nutrientes, produtividade ou interações tróficas, e para o conhecimento da biodiversidade, cruciais para o entendimento dos processos e funções ecossistêmicas. Contabilizar apenas as mudas e a herbivoria é, novamente, reflexo da priorização das árvores em detrimento de todos os outros componentes do ecossistema.

3.5.3.3. Monitoramento depois

O mesmo se pode dizer em relação à duração do monitoramento. Como as avaliações ocorrem apenas nos primeiros quatro anos de restauração, não há tempo suficiente para verificar a manutenção ou perda das espécies que foram plantadas. No entanto, nos últimos anos, a crescente demanda para as práticas de restauração, em função de mudanças na legislação ambiental, tem feito aumentar a preocupação com técnicas mais apropriadas (Souza & Batista, 2003). No estado de São Paulo, a Resolução SMA 32/2014 diferenciou o desenvolvimento considerado satisfatório para três categorias de vegetação ocorrentes no estado (Florestas ombrófilas e estacionais, restinga florestal e matas ciliares em região de Cerrado; Cerradão ou Cerrado *stricto sensu*, e manguezais e formações ecossistêmicas abertas). Depois, definiu indicadores para monitoramento (cobertura do solo com vegetação nativa, densidade de indivíduos nativos regenerantes e número de espécies nativas regenerantes) e metas a serem alcançadas progressivamente. Terceiro, passou a entender a restauração como um processo de longo prazo, fixando em 20 anos o prazo para a determinação da restauração do ecossistema (SMA, 2014). Por último, a análise da qualidade dos projetos passou a ser feita com base nos resultados da restauração, e não do método aplicado, dando mais liberdade para a adoção de alternativas para além do plantio total de árvores. Outro importante avanço desta resolução foi a diferenciação da restauração aplicada entre os diferentes ecossistemas, dissociando florestas de campos e cerrados.

Apesar do monitoramento de árvores ainda ter o papel central, a facilidade de verificação dos demais elementos, e o didatismo do protocolo elaborado para orientar o restaurador, fazem da Resolução 32 um grande avanço para as políticas públicas para a restauração. É válido destacar que, embora façamos críticas ao parco monitoramento realizado pelos projetos no Brasil hoje, a elaboração de um protocolo destinado a este fim é das tarefas mais árduas e complexas. Deve-se levar em consideração custos como mão de obra especializada na identificação de espécies, análises laboratoriais além da complexidade em se levantar toda a sorte de informações que os cientistas considerariam necessárias. Alguns trabalhos já foram publicados neste sentido, mas estabeleceram protocolos extensos e de aplicação complexa para a maioria dos restauradores e/ou caros demais para a contratação um serviço especializado (como em Atkinson, 1994 e Pacto, 2011 e 2013). No entanto, são eficientes e facilmente adaptáveis para a elaboração de projetos de pesquisa científica.

3.5.4. Há diferença entre projetos desenvolvidos nos biomas florestais e não-florestais?

Embora algumas nuances tenham sido ressaltadas ao longo dos resultados e da discussão, pode-se dizer que, de forma geral, os métodos usados por restauradores na Mata Atlântica, Cerrado e Campos Sulinos são muito semelhantes, apesar da enorme distinção de características ecológicas existente entre os ecossistemas. O plantio desalinhado, o não-uso de calagem, herbicidas ou roçada mecânica nos projetos examinados nos Campos Sulinos, a nucleação em projetos examinados no Cerrado, e os herbicidas na Mata Atlântica são estas sutis diferenças. Elas se relacionam menos com os biomas em si do que com as entidades que promovem a restauração.

Em relação às técnicas aplicadas por estas entidades, também verificamos uma diferença categórica. Há, de um lado, a vanguarda acadêmica, minoritária, representada pelos projetos científicos ou por profissionais de alguma forma ligados ao meio acadêmico, que aplicam inovações técnicas não apenas no próprio plantio total, mas testando outros novos e mais diversificados métodos com elementos centrais distintos e embasados em teorias ecológicas (como técnicas nucleadoras e o plantio exclusivo de gramíneas facilitadoras). Do outro lado está a grande maioria dos projetos de restauração desenvolvidos no país: proprietários com responsabilidades legais, iniciativas voluntárias e ONGs. Embora sejam projetos menores em extensão, não convém que estejam distantes do conhecimento e das práticas possivelmente mais apropriadas para alguns casos e geralmente menos custosas. Os pequenos fragmentos de ecossistemas que estes projetos podem gerar no futuro são igualmente importantes para a conectividade e para a formação de corredores ecológicos, e podem contribuir substancialmente para a conservação da biodiversidade (Jesus *et al.*, 2012). Esta maioria de projetos se mantém ainda presa ao plantio total e suas subtécnicas, desconsiderando outros procedimentos.

Por conta destas diferenças, percebem-se duas esferas completamente distintas, e até opostas, na restauração ecológica do Brasil. O mundo da restauração das universidades e centros de pesquisa, e o mundo da restauração feita lá fora.

3.5.5. Porque plantamos árvores?

3.5.5.1. A economia

O objetivo desta restauração feita fora das universidades, depreendido das técnicas aplicadas nos projetos e discutidas principalmente quanto ao tratamento do solo e monitoramento, concerne à prestação de serviços ecossistêmicos, benefícios providos pelos

ecossistemas às sociedades. Entretanto, conforme os ecossistemas foram se tornando progressivamente mais dominados pelos humanos, estes benefícios passaram a ser economicamente valiosos, podendo ser negociados em mercados de serviços ecossistêmicos (Palmer & Filoso, 2009). O perigo de comercialização dos serviços ecossistêmicos prestados através da restauração ecológica, sem que se conheçam adequadamente as falhas potenciais da restauração, é que o nível ou a qualidade dos serviços ecossistêmicos prestados como uma compensação podem não corresponder às perdas (Palmer & Filoso, 2009).

A demanda desses mercados é gerada por aqueles que querem mitigar ou compensar seus impactos ambientais. Os autores prosseguem: “Não discordamos que o mercado de serviços ecossistêmicos possa ajudar a resolver problemas ambientais, especialmente se os mercados forem criados para dar incentivos para a conservação de recursos naturais mais do que facilitar novos impactos ambientais porque as compensações estão disponíveis. Nossa preocupação é que a onda de interesse em mercados ecossistêmicos fornecidos pela restauração esteja fora de sintonia com a ciência e prática de restauração ecológica” (Palmer & Filoso, 2009).

O valor a ser investido por hectare de plantio total no estado de São Paulo em 2014 foi de R\$ 19.414,96 (SMA – SP, dados não publicados), atualmente semelhante aos US\$ 5.000,00 estimados por Brancalion *et al.* (2012), estando longe de ser o método mais barato. Em experimento de mais de 900 hectares, no Ykatu-Xingu, zona ecotonal entre o Cerrado e a Amazônia, por meio de semeadura direta, Campos-Filho *et al.* (2013) investiram em média US\$ 1.845,00/ha, enquanto o plantio de mudas consumiu cerca de US\$ 5.106/ha, quase três vezes mais. Isto posto, convém a reflexão a respeito da existência de um mercado beneficiado pela escolha, recomendação ou mesmo pela imposição de entidades para a aplicação do plantio total em qualquer circunstância. Cabe um debate ético quanto à exigência dos plantios em situações nas quais a restauração passiva poderia ser suficiente.

3.5.5.2. O tempo

Dado que a recomposição espontânea do ecossistema pode durar décadas, ou até séculos, frequentemente há uma considerável pressão social para que se interfira para acelerar este processo, particularmente em meios urbanos onde a degradação é altamente visível (Holl & Aide, 2011). Neste contexto o plantio de árvores pode ser considerado uma tentativa de ponte direta para o estágio de clímax da floresta, onde há cobertura de dossel e produção de biomassa (Reis *et al.*, 2006), ou seja, pulamos etapas da sucessão ecológica para termos a ilusão de um ecossistema imediatamente restaurado, dada pela imagem de árvores frondosas.

3.5.5.3. A informação

A especificação dos objetivos para a restauração ecológica é frequentemente descrita na literatura como o mais importante componente de um projeto (Harrington, 1999; Ehrenfeld, 2000; Choi, 2004; Hobbs *et al.*, 2006; Mann & Powell, 2011).

O ponto que queremos destacar aqui é extrínseco ao mundo acadêmico. A restauração feita no mundo lá de fora não estabelece objetivos que estejam relacionados com a natureza e seus processos. Ela mais almeja cumprir responsabilidades legais e jurídicas, ou obter financiamentos para movimentar a economia.

Boa parte desta realidade pode ser explicada por diferenças de concepção entre ecólogos da restauração e o técnico restaurador, ou o proprietário de terras. Há um compreensível intervalo entre a geração de conhecimentos no meio científico até sua efetiva aplicação na sociedade, e por conta disso o técnico restaurador frequentemente entende que cumprir a legislação basta para o que é necessário ser realizado. Considerando a restauração ecológica, pode ser que este intervalo seja mais longo do que em outras áreas do conhecimento, como veremos no capítulo 4, mas esta crítica não é direcionada ao restaurador em campo, e tampouco para o ecólogo da restauração. É a forma turbulenta como promovemos esta dinâmica de geração de saberes e de suas aplicações que está em foco.

Atestar uma diferença tão marcante entre projetos desenvolvidos com e sem a participação da academia direciona as atenções para a circulação de informações. Obviamente, o conhecimento existente para promover a restauração ecológica veio da experimentação e da observação dos resultados, o que hoje, no Brasil, é responsabilidade quase que exclusiva das universidades e centros de pesquisa.

O que há de se destacar neste contexto é que ecologia da restauração e a restauração ecológica são coisas bem distintas, e separadas pelo processo da transmissão de conhecimento. A ciência só passa a ser prática em maiores escalas quando a informação é registrada e divulgada e há falhas neste processo. Por outro lado, o conhecimento do plantio total foi adquirido em algum momento da história, e ter se perpetuado e difundido tão amplamente é um atestado da eficiência com que estas informações foram transmitidas. Que elementos, portanto, permitem que determinados saberes se alastrem tanto e que outros permaneçam ignorados?

Como forma de solucionar as falhas na transmissão destes conhecimentos, muitas iniciativas já foram tomadas. Workshops, ciclos de palestras e publicações de manuais sobre restauração de florestas, Campos e Cerrados já foram organizados (como em SPVS, 1996; Moraes *et al.*, 2006; Durigan *et al.*, 2011; Cury & Carvalho Jr., 2011; Durigan & Ramos, 2013

entre outros). Este tipo de iniciativa, porém, nem sempre é a mais eficiente. Fazer esse fluxo de informações funcionar melhor é mais um grande desafio da sociedade.

3.5.5.3. A cultura

A priorização das espécies arbóreas na restauração tem raízes sociológicas e culturais muito fortes. A apreciação do ser humano pelas árvores é secular, como discursos ou lendas que atravessaram os tempos (Perlin, 1992). Em 1800, Reinaldo Oudinot, presidente da Regia Sociedade Portuguesa, escreveu a “Memória sobre a restauração das matas de Portugal”, e numa das passagens conta a tradição da comemoração dos filhos que chegavam: “Hoje entre alguns povos da America, ha o costume de celebrar o nascimento dos Filhos com a plantação de huma arvore” (Oudinot, 1800). Em outra passagem, citando Cícero, coloca o plantio de árvores num posto de agrado divino, e para o aproveitamento das gerações futuras: “Perguntai ao Velho, para quem plantais vós? Elle vos responderá Para os Deuzes Immortaes que quiserão eu me aproveitasse do trabalho de meus antepassados, e que os vindouros se aproveitem dos meus” (Cícero, no tratado da velhice, citado por Oudinot, 1800). Mais recentemente, Theodore Roosevelt decretou que “Para existir como uma nação para prosperar como um estado e para viver como um povo devemos plantar árvores”.

Nosso dendrocentrismo não é apenas um vício, mas uma cultura. E, “no mínimo, isto é tão importante quanto os aspectos ecológico, econômico ou prático de qualquer tipo de manejo da terra. No fim das contas o futuro da natureza neste planeta pode depender do que Aldo Leopold chamou de “nossa ênfase intelectual, lealdades, afeições e convicções. Ou seja, nossos valores” (Jordan & Lubick, 2011).

FIGURAS E TABELAS

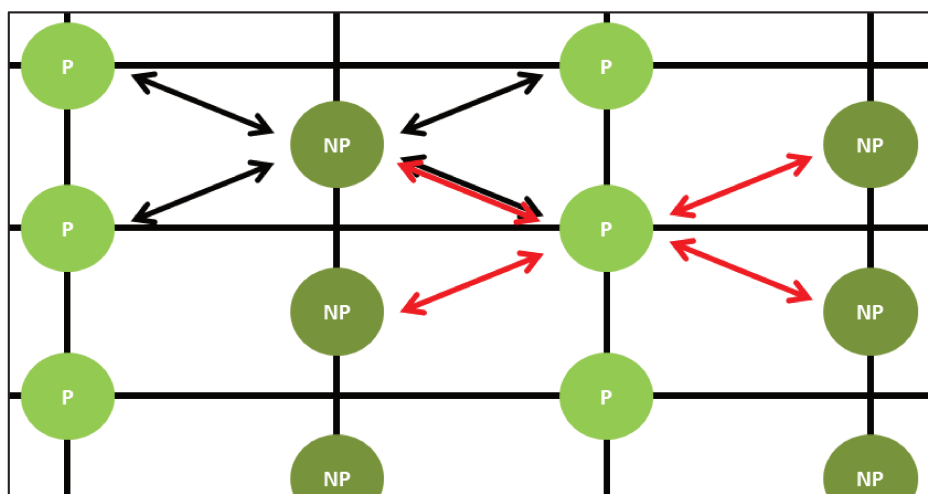


Figura 1. Esquema de plantio total em quincôncio, com espaçamento 3m x 2m, alternando linhas de plantio de espécies pioneiras (P) e não-pioneiras (NP). As setas indicam a interação de um indivíduo de cada grupo com os outros que o circundam.

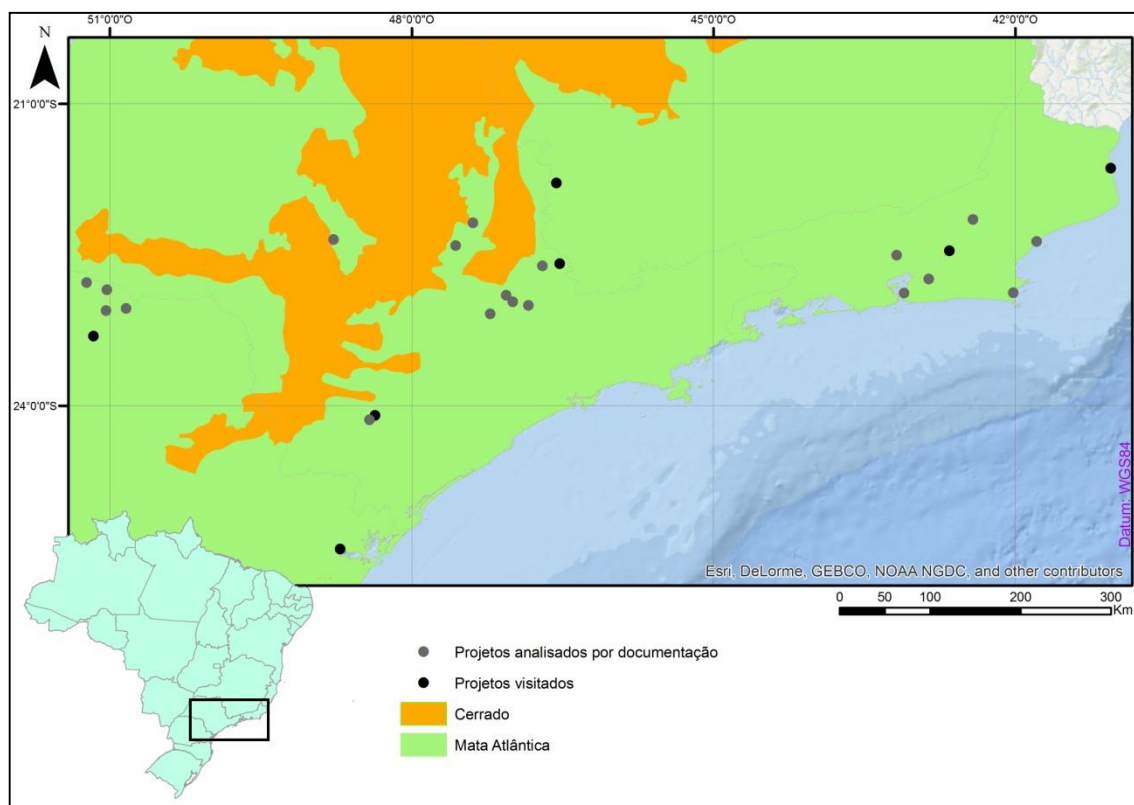


Figura 2. Localização dos projetos de Restauração Ecológica examinados no bioma Mata Atlântica.

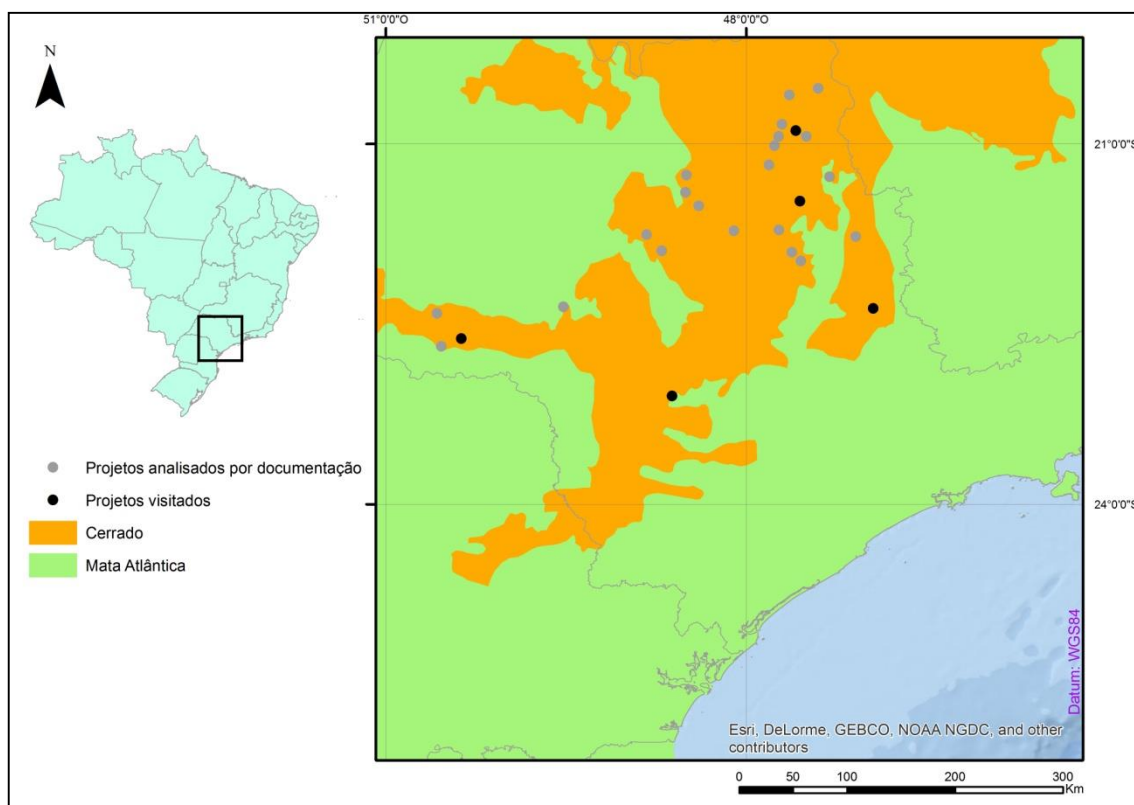


Figura 3. Localização dos projetos visitados no estado de São Paulo - Bioma Cerrado.

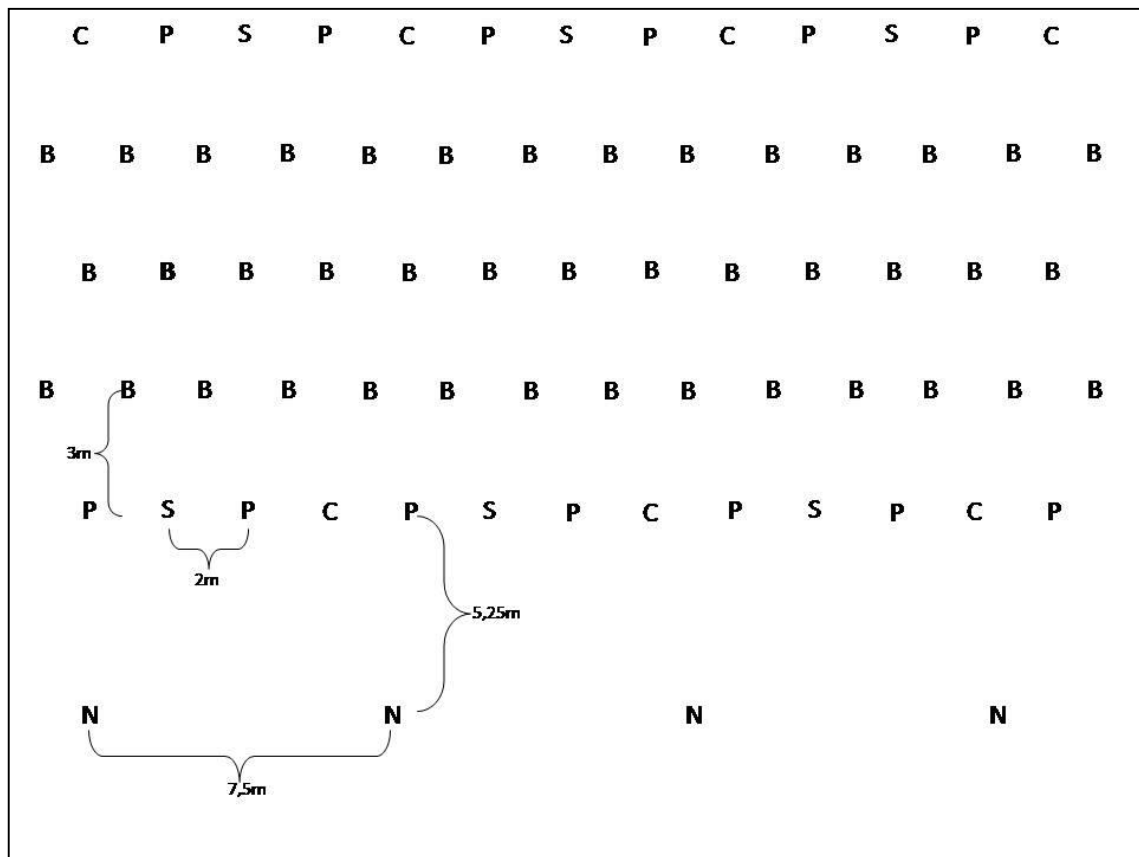


Figura 4: Parte de projeto de restauração submetido à Regional da SMA – SP em Bauru, mostrando o plano de plantio. P = espécie arbórea pioneira; S = espécie arbórea [de sucessão] secundária; C = espécie arbórea Clímax; B = Pupunha; N = Coco.

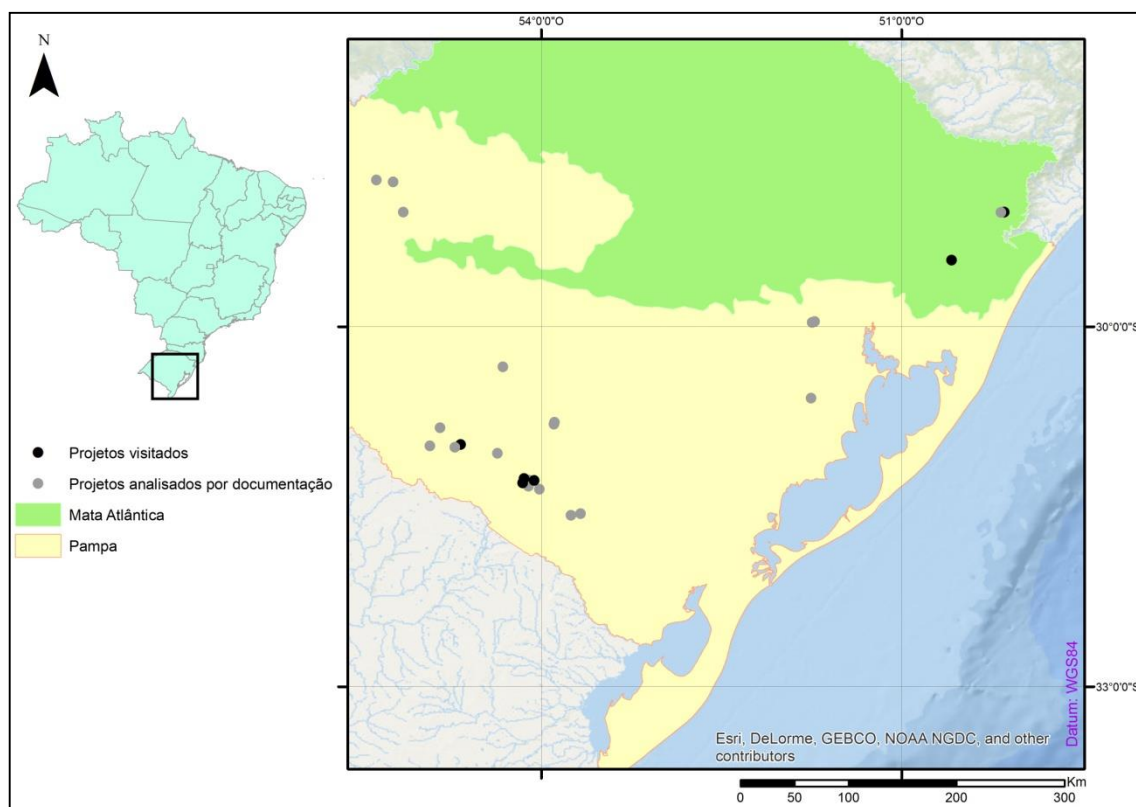


Figura 5: Localização dos projetos de restauração ecológica examinados em ecossistemas campestres no estado do Rio Grande do Sul.

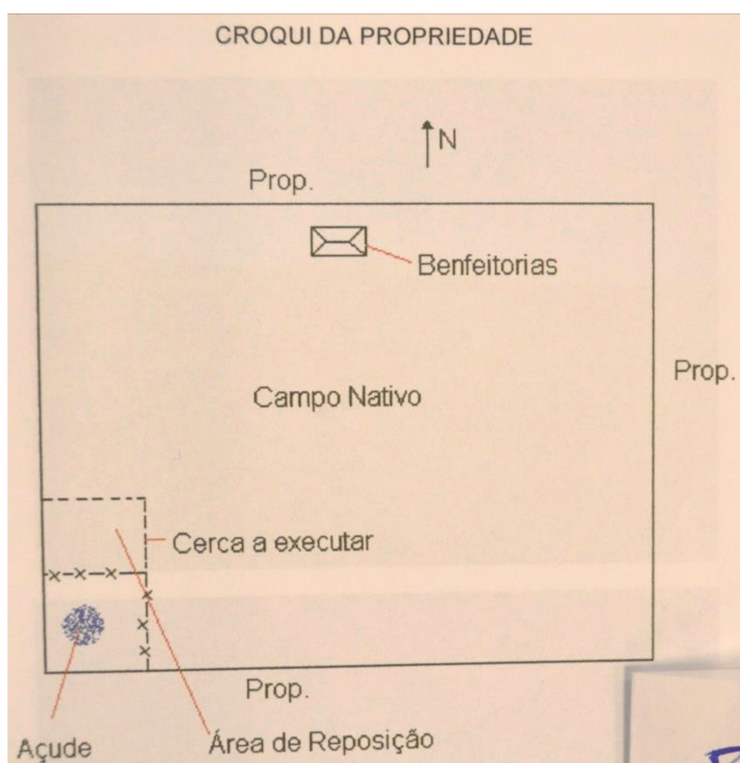


Figura 6. Croqui de propriedade, em projeto submetido à SEMA - RS, no qual o executor ressalta a presença do campo nativo em toda a propriedade e a “área de reposição”, a ser isolada dos animais através de cercas, para o plantio de árvores.

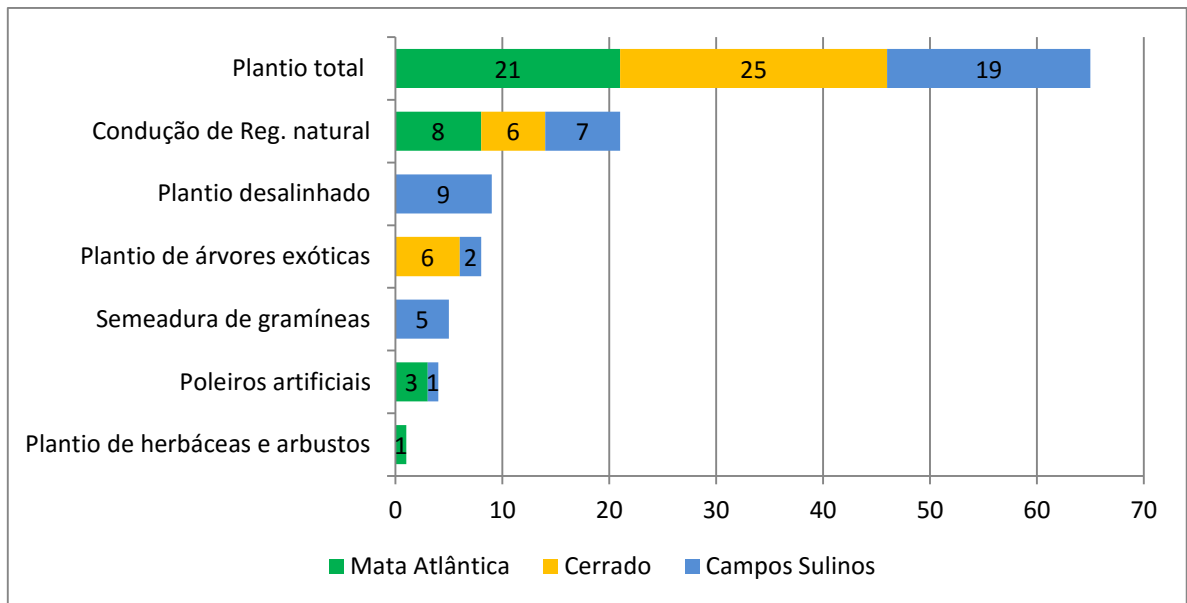


Figura 7. Número de projetos que empregam cada uma das principais técnicas encontradas, comparados por bioma.

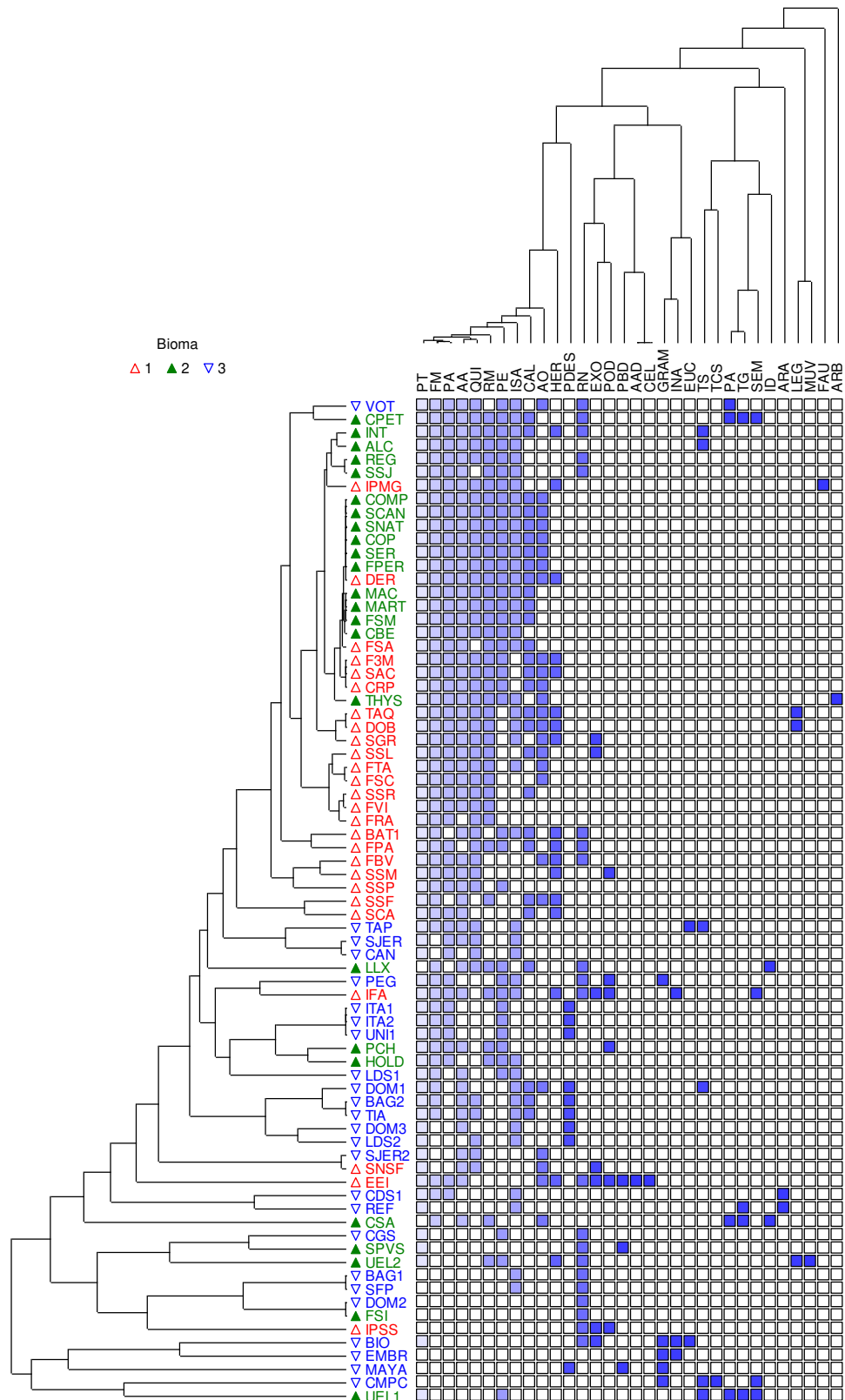


Figura 8. Análises de agrupamento das técnicas aplicadas x projetos de restauração em cada bioma estudado (designados nas colunas e linhas, respectivamente). O bioma de cada projeto está identificado pelos triângulos de diferentes cores (vermelho vazado para Cerrado; Verde preenchido para Mata Atlântica; Azul invertido para Campos Sulinos).

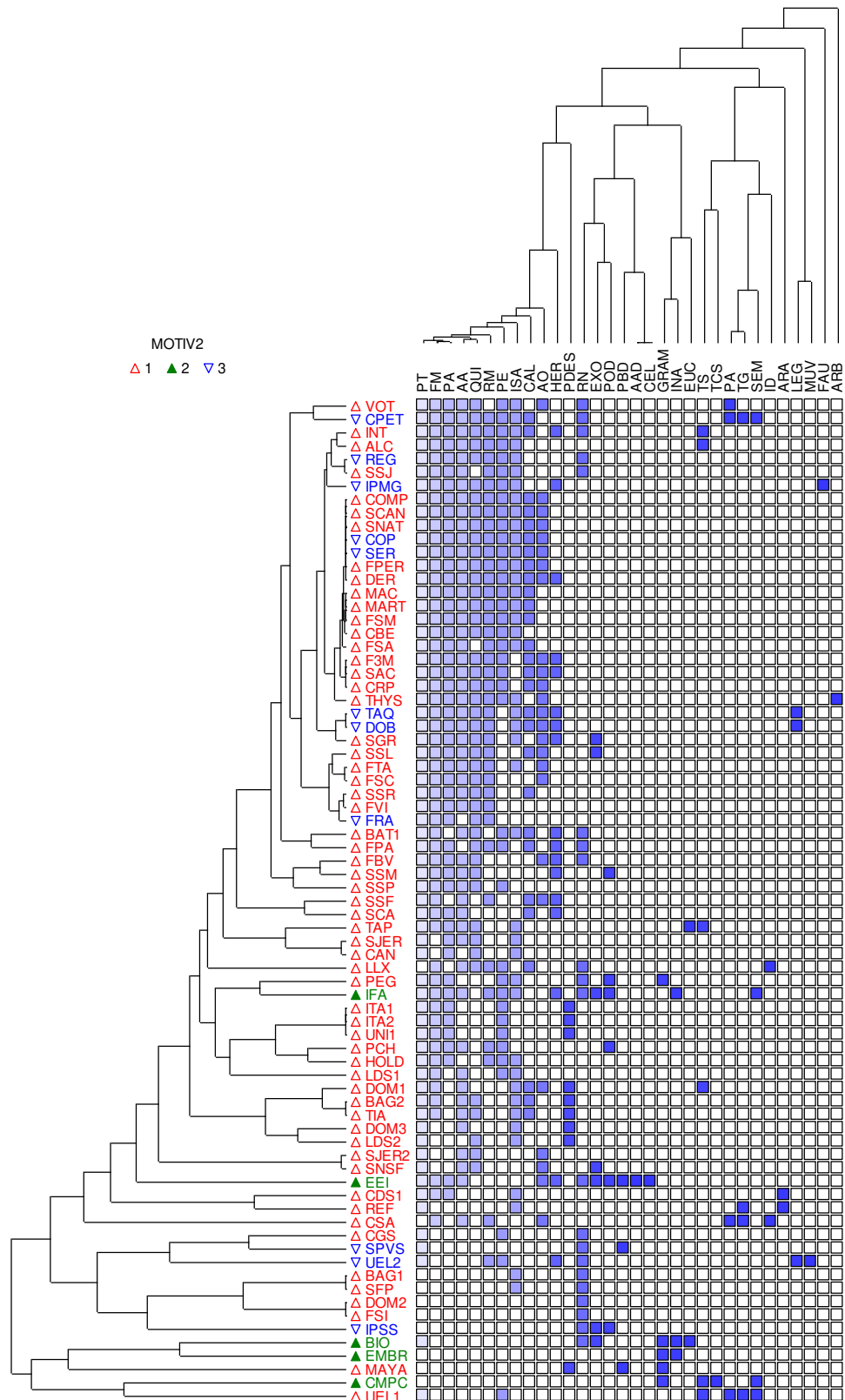


Figura 9. Análises de agrupamento das técnicas aplicadas x projetos de restauração desenvolvidos com diferentes motivações (designados nas colunas e linhas, respectivamente). A motivação de cada projeto está identificada pelos triângulos de diferentes cores (vermelho vazado para projetos desenvolvidos por exigências legais; Verde preenchido para projetos de pesquisa científica; Azul invertido para projetos voluntários).

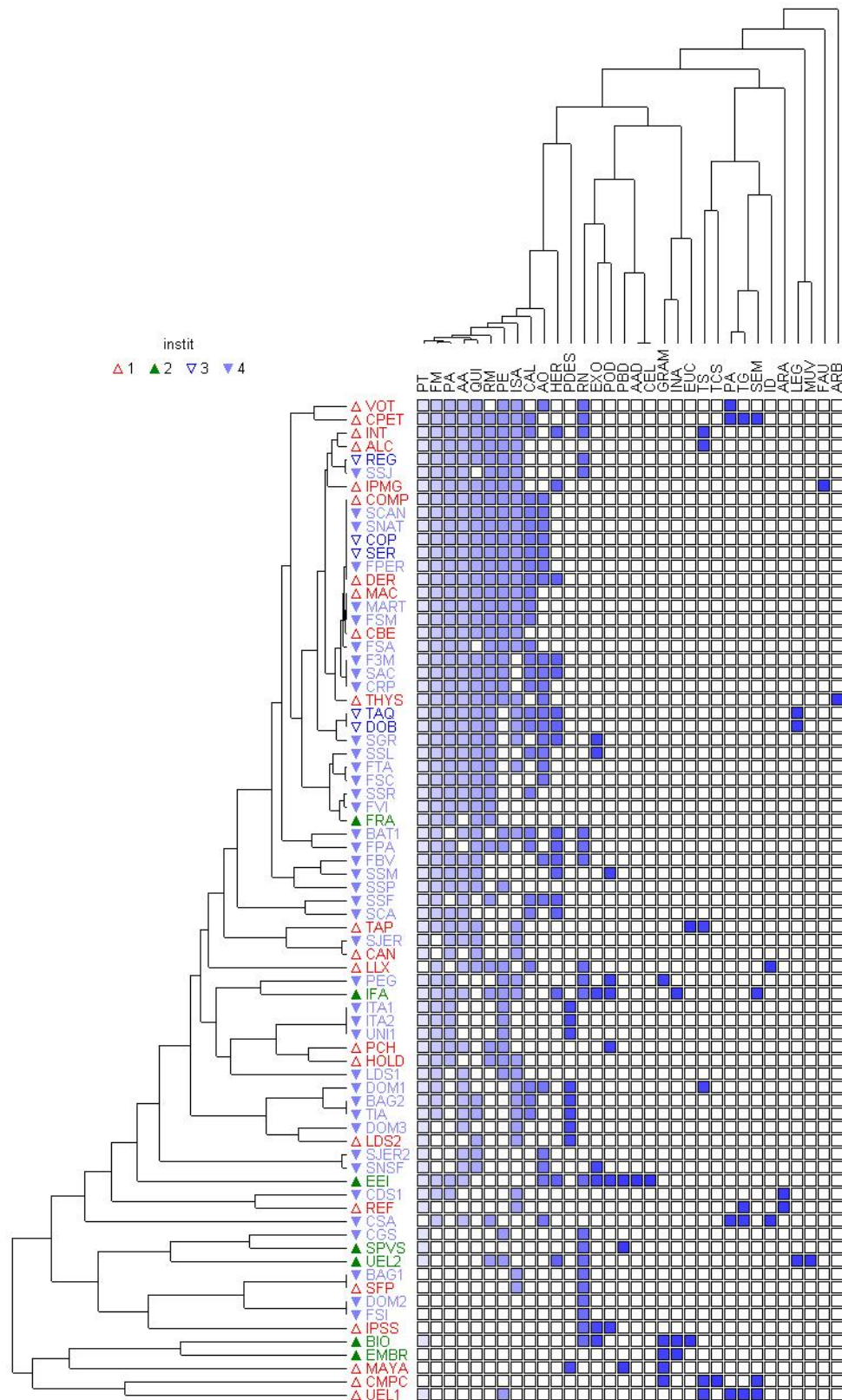


Figura 10. Análises de agrupamento das técnicas aplicadas x projetos de restauração desenvolvidos por diferentes tipos de instituições (designados nas colunas e linhas, respectivamente). O tipo de instituição de cada projeto está identificado pelos triângulos de diferentes cores (vermelho vazado para projetos desenvolvidos por empresas; Verde preenchido para instituições do governo; Azul vazado para ONGs; Azul preenchido para proprietários de terras).



Figura 11. Projeto de restauração de áreas mineradas com foco no manejo dos elementos abióticos e na manutenção da água no ecossistema. Na imagem à esquerda verifica-se o acúmulo da água em função do enleiramento da terra e da galharia transposta de fragmentos adjacentes ou do ecossistema existente em momento anterior ao início da atividade mineradora. Retirado de Tavares *et al.*, 2014.



Figura 12. Distância entre as mudas em comparação com a extensão da sombra em um plantio total de dois meses de idade, com o espaçamento mais comum, 2m x 3m, na Estação Experimental de Itatinga – Esalq/USP. A foto foi feita às 16:20.



Figura 13. Regeneração natural conduzida sobre antigo talhão de eucalipto, na Estação Experimental de Itatinga – USP. O talhão foi suprimido à base de glifosato, antes do início da condução de regeneração.



Figura 14. Restauração entre dois talhões de *Pinus* sp. nos Campos de Cima da Serra, município de São Francisco de Paula, baseada em regeneração natural, com queimadas suspensas e gado isolado por 4 anos.



Figura 15. Pastagem nativa adjacente ao local da Figura 12 nos Campos de Cima da Serra, município de São Francisco de Paula, com realização de queimadas duas vezes por ano e manutenção de uma cabeça de gado a cada dois hectares.



Figura 16. Detalhes do solo em plantios totais com 12 anos de início da restauração. Acima, projeto da ALCOA, município de Poços de Caldas, MG. Mata Atlântica. Abaixo, projeto da International Paper, município de São Simão, SP. Cerrado.



Figura 17. Dossel de áreas de plantio total após 12 anos de restauração. Acima, projeto da ALCOA, município de Poços de Caldas, MG. Mata Atlântica. Abaixo, projeto da International Paper, município de São Simão, SP. Cerrado.

Tabela 1. Número de projetos examinados através de documentação por município no bioma Mata Atlântica.

UF	Município	Fonte de dados	Nº de projetos examinados
PR	Sertaneja, Sertanópolis, Primeiro de Maio e Alvorada do Sul	UEL	1
RJ	Bom Jardim	INEA/RJ	1
RJ	Cabo Frio	INEA/RJ	1
RJ	Itaboraí	INEA/RJ	1
RJ	Itaipava	INEA/RJ	1
RJ	Macaé	INEA/RJ	1
RJ	Niterói	INEA/RJ	1
RJ	Rio Claro	INEA/RJ	1
SP	Campinas	SMA/SP	2
SP	Indaiatuba	SMA/SP	1
SP	Itatiba	SMA/SP	1
SP	Leme	SMA/SP	1
SP	Pederneiras	SMA/SP	1
SP	Ribeirão Grande	SMA/SP	1
SP	Serra Negra	SMA/SP	1
SP	Valinhos	SMA/SP	1
Total			17

Tabela 2. Número de projetos visitados por município no bioma Mata Atlântica.

UF	Município	Contato / Fonte de dados	Nº de projetos visitados
MG	Poços de Caldas	ESALQ/USP	1
PR	Antonina	UFPR	1
PR	Londrina	UEL	1
RJ	Cachoeiras de Macacu	INEA/RJ	1
RJ	São João da Barra	INEA/RJ	1
SP	Ribeirão Grande	SMA/SP	1
SP	Socorro	SMA/SP	1
Total			7

Tabela 3. Relação entre a natureza dos empreendedores e as motivações para o desenvolvimento dos projetos desenvolvidos e examinados na Mata Atlântica.

	Iniciativas voluntárias		Iniciativas motivadas por Exigências Legais				
	Pesquisa científica	Restauração	Condicionantes ambientais	Reserva Legal	Autos de infração	Comp. ambiental	Total
Empresas	0	1	2	3	0	5	11
Proprietários de terras	0	0	0	7	1	0	8
Governo	2	0	0	0	0	0	2
ONGs	0	3	0	0	0	0	3
Total	2	4	2	10	1	5	24

Tabela 4: Uso do solo em momento anterior ao início do projeto de restauração na Mata Atlântica.

Uso anterior do solo	Nº de projetos
Pastagens	12
Cultura de figo + romã	1
Plantações de cana	1
Plantações de soja	1
Plantação de coco	1
Talhões de <i>Eucalyptus sp.</i>	1
Áreas expostas sobre tubulações	1
Mineração	1
Pecuária + mineração	1
Uso diverso, principalmente pastagens	1
N.D.	3

Tabela 5. Frequencia de emprego de diferentes técnicas de restauração ecológica nos projetos examinados na Mata Atlântica.

Plantio total de mudas arbóreas nativas	21
Plantio de enriquecimento	21
Roçadas mecânicas	21
Formicida	20
Adubação Artificial	19
Plantio em linhas	18
Isolamento dos animais	17
Quincôncio/arranjos sucessionais	16
Calagem	12
Condução de Reg. natural	8
Adubação orgânica	8
Poleiros artificiais	3
Transposição de galharia	3
Transposição de solo/serrapilheira	3
Plantio de mudas por semeadura direta	2
Plantio em Ilhas de diversidade	2
Uso de herbicidas	2
Podas - desbaste - condução	1
Plantio de herbáceas e arbustos	1
Plantio de leguminosas	1
Muvuca de sementes	1
Plantio direto de baixa diversidade	1

Tabela 6. Número de projetos examinados através de documentação por município no bioma Cerrado.

UF	Município	Contato / Fonte de dados	Nº de projetos examinados
SP	Américo Brasiliense	SMA/SP	1
SP	Assis	SMA/SP	1
SP	Batatais	SMA/SP	3
SP	Cajuru	SMA/SP	1
SP	Casa Branca	SMA/SP	1
SP	Descalvado	SMA/SP	3
SP	Dobrada	SMA/SP	1
SP	Fernão	SMA/SP	1
SP	Franca	SMA/SP	1
SP	Ibitinga	SMA/SP	2
SP	Jardinópolis	SMA/SP	1
SP	Monte Alto	SMA/SP	1
SP	Paraguaçu Paulista	SMA/SP	1
SP	Ribeirão Preto	SMA/SP	1
SP	São José da Bela Vista	SMA/SP	1
SP	Taquaritinga	SMA/SP	1
Total			21

Tabela 7. Número de projetos visitados por município no bioma Cerrado.

UF	Município	Contato	Nº de projetos visitados
SP	Assis	Instituto Florestal/SP	1
SP	Batatais	Instituto Florestal/SP	1
SP	Itatinga	ESALQ/USP	1
SP	Mogi Guaçu	Instituto Florestal/SP	1
SP	São Simão	Instituto Florestal/SP	1
Total			5

Tabela 8. Relação entre a natureza das instituições e as motivações para o desenvolvimento dos projetos desenvolvidos e examinados no Cerrado paulista

	Iniciativas voluntárias		Iniciativas motivadas por Exigências Legais				Total
	Pesquisa científica	Restauração	Cond. ambientais	Reserva Legal	Autos de infração	Comp. ambiental	
Empresas	2	2	0	0	0	1	5
Proprietários de terras	0	0	17	1	0	0	18
Governo	0	1	0	0	0	0	1
ONGs	0	2	0	0	0	0	2
Total	2	5	17	1	1	2	26

Tabela 9: Uso do solo em momento anterior ao início do projeto de restauração no Cerrado.

Uso anterior do solo	Nº de projetos
Plantações de cana	6
Pastagens	6
Talhões de <i>Eucalyptus sp.</i>	3
Cana + culturas anuais + pastagens	1
Plantação de cana + pastagens	1
Talhões de <i>Pinus sp.</i>	1
Cultura de cítricos + olerícolas	1
Cultura de laranja	1
Diverso	1
N.D.	4

Tabela 10. Técnicas selecionadas para aplicação nos projetos de Restauração Ecológica examinados no Cerrado.

Plantio total de mudas arbóreas nativas	25
Formicida	24
Adubação Artificial	23
Plantio em linhas	22
Quincôncio	20
Roçadas mecânicas	18
Uso de herbicidas	15
Adubação orgânica	14
Calagem	13
Plantio de enriquecimento	10
Isolamento/inclusão dos animais	9/1
Condução de Regeneração natural	6
Utilização de espécies arbóreas exóticas	6
Podas - desbaste - condução	4
Plantio de leguminosas	2
Ausência de adubação	1
Manejo de fauna	1
Semeadura direta	1
Plantio direto de baixa diversidade	1
Placas de celulose	1

Tabela 11. Número de projetos examinados através de documentação por município nos Campos Sulinos.

UF	Município	Contato / Fonte de dados	Nº de projetos examinados
RS	Cambará do Sul	SEMA/RS	1
RS	Bagé	SEMA/RS	3
RS	Candiota	SEMA/RS	2
RS	Cerro Grande do Sul	SEMA/RS	1
RS	Dom Pedrito	SEMA/RS	4
RS	Itacurubi	SEMA/RS	2
RS	Lavras do Sul	SEMA/RS	2
RS	São Gabriel	CMPC Celulose	1
RS	São Jerônimo	SEMA/RS	2
RS	Unistalda	SEMA/RS	1
		Total	19

Tabela 12. Número de projetos visitados por município nos Campos Sulinos.

UF	Município	Contato	Nº de projetos visitados
RS	Bagé	FEPAM/RS; Embrapa Pecuária e SEMA/RS	3
RS	Cambará do Sul	FEPAM/RS	1
RS	Dom Pedrito	SEMA/RS	1
RS	São Francisco de Paula	FEPAM/RS	1
Total			6

Tabela 13. Relação entre a natureza das instituições e as motivações para o desenvolvimento dos projetos desenvolvidos e examinados nos Campos Sulinos.

	Iniciativas voluntárias	Iniciativas motivadas por Exigências Legais				
	Pesquisa científica	Cond. ambientais	Rest. de RL ou APP	Autos de infração	TAC - MPE	Total
Empresas	1	2	3	2	0	8
Proprietários de terras	0	0	2	11	2	15
Governo	2	0	0	0	0	2
ONGs	0	0	0	0	0	0
Total	3	2	5	13	2	25

Tabela 14: Uso do solo em momento anterior ao início do projeto de restauração nos Campos Sulinos.

Uso anterior do solo	Nº de projetos
Pastagens	7
Bovinocultura + plantações	4
Talhões de <i>Pinus</i> sp.	3
Talhões de <i>Eucalyptus</i> sp.	2
Mineração	2
Cultivo de milho + vegetação nativa	1
Talhões de <i>Eucalyptus</i> sp. + <i>Acacia</i> sp.	1
Cultivo de arroz + criação de animais	1
Cultivo de soja	1
N.D.	3

Tabela 15: Técnicas empregadas pelos projetos em restauração selecionados para análise nos Campos Sulinos.

Plantio total de mudas arbóreas nativas	19
Plantio em linhas/desalinhado	9/9
Isolamento/inclusão dos animais	15/2
Formicida	11
Adubação Artificial	9
Quincôncio	8
Plantio de enriquecimento	7
Regeneração natural	7
Semeadura de gramíneas	5
Adubação orgânica	3
Calagem	3
Transposição de solo	3
Plantio de eucalipto	2
Plantio de <i>Araucaria angustifolia</i>	2
Plantio de árvores por semeadura direta	1
Plantio de mudas nativas em baixa densidade	1
Transposição de chuva de sementes	1
Transposição de galharia	1
Podas - desbaste - condução	1
Plantio de frutíferas comerciais	1
Poleiros artificiais	1

Tabela 16. Projetos que não optaram pelo Plantio Total de mudas arbóreas como procedimento central do processo de restauração.

Inst. executora	Bioma	UF	Motivação	Principal técnica
Proprietário de terra	Mata Atlântica	SP	Exigência legal – Reserva Legal	Condução de reg. natural
Proprietário de terra	Mata Atlântica	SP	Exigência legal – Reserva Legal	Plantio em ilhas de diversidade consorciado com transposição de galharia.
Proprietário de terra	Mata Atlântica	RJ	Exigência legal - Compensação	Plantio em ilhas de diversidade – árvores e arbustos
Empresa	Cerrado	SP	Exigência legal – Reserva Legal	Condução de reg. natural
Proprietário de terra	Campos Sulinos	RS	Exigência legal – Rec. de APP	Condução de reg. natural
Proprietário de terra		RS	Exigência legal – Rec. de APP	Condução de reg. natural
EMBRAPA		RS	Pesquisa científica	Diversas
EMBRAPA		RS	Pesquisa científica	Diversas
Empresa		RS	Pesquisa científica	Diversas

REFERÊNCIAS

- Alonso-Amelot, M. E. & Rodulfo-Baechler, S. Comparative spatial distribution, size, biomass and growth rate of two varieties of bracken fern (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) in a neotropical montane habitat. *Vegetatio* 125:137-147
- Archer, S. T. W.; Boutton, K. A. & Hibbard, D. 2000. Trees in grasslands: biochemical consequences of woody plant expansion. Schulze E. D.; Harrison S. P.; Heimann, M.; Holland, E. A.; Lloyd, J.; Prentice, I. C. & Schimel, D. (eds.). *In: Global Biogeochemical Cycles in the Climate System*. Academic Press. San Diego, USA.
- Atkinson, I. Guidelines to the development and monitoring of ecological restoration programmes. 1994. Disponível em <<http://conservation.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/docts07.pdf>>. Acessado em 22/10/2015.
- Bakker, J. P. & Berendse, F. 1999. Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution* 14:63–68
- Bakker, J. P.; Poschlod, P.; Strykstra, R. J.; Bekker, R. M. & Thompson, K. 1996. Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica* 45:461–490
- Baylis, A. D. 2000. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. *Pest Management Science* 56:299–308
- Bond, W. J.; Woodward, F. I. & Midgley, G. F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165:525–538
- Bossuyt, B. & Honnay, O. 2008. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* 19:875–884
- Brancalion, P. H. S.; Augusto, R.; Viani, G.; Rodrigues, R. R. & César, R. G. 2012. Estratégias para auxiliar na conservação de florestas tropicais secundárias inseridas em paisagens alteradas Strategies for supporting the conservation of secondary tropical forests embedded in modified landscapes. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 900:219–234
- BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Brasil. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF. 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasil. Cria o novo Código Florestal. Brasília, DF. 2012.

- Bresnan, D. R.; Rink, G.; Diesel, K. E. & Geyer, W. A., 1994. Black walnut provenance performance in seven 22-year-old plantations. *Silvae Genetica* 43:246–252
- Broadhurst, L. M.; Lowe, A.; Coates, D. J.; Cunningham, S. A.; McDonald, M.; Vesk, P. A. & Yates, C. 2008. Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications* 1:587–597
- Brown, S. & Lugo, A. E. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology* 2: 97–111
- Cavalcanti, R. B. & Joly, C. A. 2002. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region. Oliveira, P. S. & Marquis, R. (eds.). *In: The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York – USA.
- Choi, Y. D. 2004. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. *Ecological Research* 19:75–81
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science, New Series* 199:1302–1310
- Critchley, C. N. R.; Chambers, B. J.; Fowbert, J. A.; Bhogal, A.; Rose, S. C. & Sanderson, R. A. 2002. Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English Environmentally Sensitive Areas. *Grass and Forage Science* 57:82–92
- Cury, R. T. S. & Carvalho Jr., O. 2011. *Manual para Restauração Florestal - Florestas de Transição*. Série Boas Práticas. IPAM. Belém – PA.
- Daronco, C.; Melo, A. C. G. & Durigan, G. 2013. Ecossistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em. *Hoehnea* 40:485–498
- Dean, W. 1995. *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. University of California Press, Berkeley – USA.
- Durigan, G. & Ramos, V. S. 2013. *Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas*. Páginas & Letras, São Paulo – SP.
- Durigan, G.; Melo, A. C. G. Max, J. C. M.; Vilas Boas, O. V.; Contieri, W. A. & Ramos, V. S. 2011. *Manual para recuperação da vegetação de cerrado*. Páginas & Letras. 3ª ed. São Paulo – SP.
- Durigan, G.; Silveira, E. R. & Melo, A. C. G. 2013. Desbaste em plantio de restauração de mata ciliar. Durigan, G. & Ramos, V. S. (orgs.). *In: Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas*. Páginas & Letras, São Paulo – SP.

- Durigan, G.; Silveira, E. R. & Melo, A. C. G. 2013b. Retirada gradual de árvores exóticas plantadas para facilitar a regeneração da vegetação nativa do Cerrado. Durigan, G. & Ramos, V. S. (orgs.). *In: Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas*. Páginas & Letras, São Paulo – SP.
- Ehrenfeld, J. G. 2000. Defining the limits of the need for realistic goals. *Restoration Ecology* 8:2–9
- Everitt, B. S.; Landau, S.; Leese, M. & Stahl, D. 2011. *Cluster Analysis*. 5a. ed. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK.
- Ewel, J. 1980. Tropical Succession: Manifold Routes to Maturity. *Biotropica* 12:2–7
- Freckleton, R. P. 2004. The problems of prediction and scale in applied ecology: The example of fire as a management tool. *Journal of Applied Ecology* 41:599–603
- Gautreau, P. 2010. Rethinking the dynamics of woody vegetation in Uruguayan campos, 1800–2000. *Journal of Historical Geography* 36:194–204
- Gignoux, J.; Clobert, J. & Menaut, J. C. 1997. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. *Oecologia* 110:576–583
- Harrington, C. A. 1999. Forests planted for ecosystem restoration or conservation. *New Forests* 17:175–190
- Higgins, S. I.; Bond, W. J. & Trollope, W. S. W. 2000. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. *Journal of Ecology* 88:213–229
- Hilderbrand, R. H.; Watts, A. C. & Randle A. M. 2005. The myths of restoration ecology. *Ecology and Society* 10(1): 19
- Hobbs R. J.; Arico, S.; Aronson, J.; Baron, J. S.; Bridgewater, P.; Cramer, V. A.; Epstein, P. R.; Ewel, J. J.; Klink, C. A.; Lugo, A. E.; Norton, D.; Ojima D.; Richardson, D. M.; Sanderson, E. W.; Valladares, F.; Vilà, M.; Zamora, R. & Zobel, M. 2006. Novel ecosystems: Theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography* 15:1–7
- Hobbs, R. J. & Harris, J. A. 2001. Restoration Ecology: Repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology* 9:239–246
- Hoffmann, W. A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35:422–433
- Holl, K. D. & Aide, T. M. 2011. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management* 261:1558–1563

IBAMA. 2010. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria nº 14 de 26 de maio de 2010.

Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro. 2011. Resolução INEA nº 36 de 08 de julho de 2011. Aprova o termo de referência para elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas – PRAD. Rio de Janeiro. 2011.

Jesus, F. M.; Pivello, V. R.; Meirelles, S. T.; Franco, G. A. D. C. & Metzger, J. P. 2012. The importance of landscape structure for seed dispersal in rain forest fragments. *Journal of Vegetation Science* 23:1126–1136

Jing, Z.; Cheng, J. & Chen, A. 2013. Assessment of vegetative ecological characteristics and the succession process during three decades of grazing exclusion in a continental steppe grassland. *Ecological Engineering* 57:162–169

Johnson, G. R.; Sorensen, F. C.; St Clair, J. B. & Cronn, R. C. 2004. Pacific Northwest forest tree seed zones: a template for native plants? *Native Plants Journal* 5:131–140

Joly, A. B. 1970. *Conheça a Vegetação Brasileira*. Editora Polígono.

Jordan, W. & Lubick, G. M. 2011. *Making Nature Whole. A history of ecological restoration*. Island Press. Washington DC.

Kauffman, J. B.; Beschta, R. L.; Otting, N. & Lytjens, D. 1997. An ecological perspective of riparian and stream restoration in the western United States. *Fisheries* 22:12-24

Koch, M. A.; Scheriau, C.; Schupfner, M. & Bernhardt, K. G. 2011. Long-term monitoring of the restoration and development of limestone grasslands in north western Germany: Vegetation screening and soil seed bank analysis. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206:52–65

Lamb, D. 2012. Forest restoration — the third big silvicultural challenge. *Journal of Tropical Forest Science* 24:295–299

Le, H. D.; Smith, C.; Herbohn, J. & Harrison, S. 2012. More than just trees: assessing reforestation success in tropical developing countries. *Journal of Rural Studies* 28: 5–19

Leão, R. M. 2000. *A floresta e o homem*. Editora USP & IPEF. São Paulo – SP.

Lieberman, M.; Lieberman, D. & Peralta, R. 1989. Forests are not just swiss cheese: canopy stereogeometry of non-gaps in tropical forests. *Ecology* 70:550–552

Mann, R. & Powell, E. N. 2007. Why oyster restoration goals in the Chesapeake Bay are not and probably cannot be achieved. *Journal of Shellfish Research* 26:905–917

- Mantoani, M. C. & Torezan, J. M. D. 2016. Regeneration response of Brazilian Atlantic Forest woody species to four years of *Megathyrus maximus* removal. *Forest Ecology and Management* 359:141–146
- McCune, B.; Mefford, M. J. 2011. *PC-ORD - Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 6. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.
- Mckay, J. K.; Christian, C. E.; Harrison, S. & Rice, K. J. 2005. “How local is local?” A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology* 13:432–440.
- Medeiros, R. B. & Focht, T. 2007. Invasão, prevenção, controle e utilização do campim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 13:105-114
- Menges, E. S. 2008. Restoration demography and genetics of plants: when is a translocation successful? *Australian Journal of Botany* 56:187-196
- Moffett, M. W. 2000. What’s “Up”? A critical look at the basic terms of canopy biology. *Biotropica* 32:569–596
- Montalvo, A. M.; Williams, S. L.; Buchmann, S. L.; Cory, C.; Handel, S. N. Nabhan, G. P.; Primack, R. & Robichaux, R. H. 1997. Restoration biology: a population biology perspective. *Restoration Ecology* 5:277-290
- Moraes, L. F. D.; Assumpção, J. M.; Pereira, T. S. & Luchiari, C. 2006. *Manual Técnico para a Restauração de Áreas Degradadas no Estado do Rio de Janeiro*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Muller, S.; Dutoit, T.; Alard, D. & Grevilliot, F. 1998. Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology* 6: 94–101
- NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). 2013. *Manual de restauração florestal: Um instrumento de apoio à adequação ambiental de propriedades rurais do Pará*. The Nature Conservancy. Belém – PA.
- Nuttle, T.; Hobbs, R. J.; Temperton, V. M. & Halle, S. 2004. Assembly rules and ecosystem restoration: Where to from where? Temperton, V. M.; Hobbs, R. J.; Nuttle, T. & Halle, S. (eds.). *In: Assembly rules and Restoration Ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press. Washington DC.
- Onofre, F. F. & Engel, V. L. 2013. Retirada de árvores de eucalipto para favorecer a regeneração natural da Floresta Ombrófila densa. Durigan, G. & Ramos, V. S. (orgs.). *In: Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas*. Páginas & Letras, São Paulo. 31-34.

Oudinot, R. Memória sobre a restauração das matas em Portugal. Disponível em Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro – RJ. Manuscritos, I-47, 35, 1.

Overbeck G. E.; Müller, S. C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Pillar, V. D.; Blanco, C. C.; Boldrini, I. I.; Both, R. & Forneck, E. D. 2007. Brazil's neglected biome: The south brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 9: 101–116

Overbeck, G. E.; Müller, S. C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Blanco, C. C.; Boldrini, I. I.; Both, R. & Forneck, E. D. 2009. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A. V. A. (eds.). *In: Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade*, MMA, Brasília.

Overbeck, G. E.; Vélez-Martin, E.; Scarano, F. R.; Lewinsohn, T. M.; Fonseca, C. R.; Meyer, S. T.; Müller, S. C.; Ceotto, P.; Dadalt, L.; Durigan, G.; Ganade, G.; Gossner, M. M.; Guadagnin, D. L.; Lorenzen, K.; Jacobi, C. M.; Weisser, W. W. & Pillar, V. D. 2015. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions* (in press). <http://doi.wiley.com/10.1111/ddi.12380>.

Pacto pela Restauração da Mata Atlântica. 2011. Protocolo de monitoramento para programas/projetos de restauração florestal. Rodrigues, R. R. (Coord.) 40 p.

Pacto pela Restauração da Mata Atlântica. 2013. Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal. Disponível em [http://esalqlastrop.com.br/img/aulas/Texto%20-%20Cumbuca%205\(3\).pdf](http://esalqlastrop.com.br/img/aulas/Texto%20-%20Cumbuca%205(3).pdf). Acessado em 25/12/2015.

Palmer, M. A. ; Ambrose, R. F. & Poff, N. L. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* 5:291-300

Palmer, M. A; Filoso, S. 2009. Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science* 325:575–576

Parr, C. L.; Robertson, H. G.; Biggs, H. C. & Chown, S. L. 2004. Response of African savanna ants to long-term fire regimes. *Journal of Applied Ecology* 41:630–642

Perlin, J. 1992. *História das florestas: a importância da madeira no desenvolvimento da civilização*. Imago. 490p.

Queiroz, G. C. 2010. Avaliação da recuperação da biodiversidade de Collembola (Hexapoda) em plantios de restauração florestal no norte do Espírito Santo, Brasil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

- Recena, M. C. P.; Pires, D. X. & Caldas, E. D. 2006. Acute poisoning with pesticides in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *The Science of the total environment* 357:88–95
- Reis, A.; Bechara, F. C. & Tres, D. R. 2010. Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola* 87:244-250
- Reis, A.; Bechara, F. C.; Espíndola, M. B.; Vieira, N. K. & Souza, L. L. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação* 1:28–36
- Reis, A.; Tres, D. R. & Bechara, F. C. 2006. A *Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica: “Espaço para o Imprevisível”*. Disponível em http://www.lras.ufsc.br/images/stories/nucleacao_trabalho_mais_completo.pdf. Acessado em 18/02/2015.
- Rio Grande do Sul. 1992. Lei nº 9.519, de 21 de janeiro. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre. 1992.
- Rio Grande do Sul. 2010. Decreto nº 47.137, de 30 de março de 2010. Institui o Programa Estadual de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente - APP's - e Reserva Legal, denominado Ambiente Legal, e dá outras providências. Porto Alegre. 2010.
- Rodrigues, R. R.; Lima, R. A. F.; Gandolfi, S. & Nave, A. G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142:1242-1251
- Sampaio, A. B.; Holl, K. D. & Scariot, A. 2007. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? *Restoration Ecology* 15:462–471
- Scarano, F. R. 2014. *Mata Atlântica: uma história do futuro*. Conservação Internacional. Série Biomas Brasileiros. Edições de Janeiro.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SMA – São Paulo. 2008. Resolução SMA nº 08, de 31 de janeiro de 2008. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SMA – São Paulo. 2014. Resolução SMA nº 032, 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.
- Sociedade de Pesquisa Selvagem e Educação Ambiental – SPVS. 1996. *Manual para recuperação da reserva florestal legal*. Tempo Integral Editora. Curitiba – PR.

- Souza, F. M. & Batista, J. L. F. 2004. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: Influence of age and restoration design on forest structure. *Forest Ecology and Management* 191:185–200
- Souza, M. F. & Durigan, G. 2013. Enriquecimento de talhões puros de *Leucena* com espécies nativas. In: *Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas*. Durigan, G. & Ramos, V. S. (orgs.). Páginas & Letras, São Paulo – SP.
- Suding, K. N. & Hobbs, R. J. 2009. Threshold models in restoration and conservation: a developing framework. *Trends in Ecology and Evolution* 24:271-279
- Temperton, V. M.; Hobbs, R. J.; Nettle, T. & Halle, S. (eds.) 2004. *Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice*. Island Press. Washington, USA.
- Thomas, E.; Jalonen, R.; Loo, J.; Boshier, D.; Gallo, L.; Cavers, S.; Bordács, S.; Smith, P. & Bozzano, M. 2014. Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology Management* 333:66–75
- Timbal, J.; Bonneau, M.; Landmann, G.; Trouvilliez, J. & Bouhot-Delduc, L. 2005. European non boreal conifer forests. Andersson, F. A. (ed.). In: *Ecosystems of the world: coniferous forests*. Elsevier, Amsterdam – Netherlands.
- Torezan, J. M. & Mantoani, M. C. 2013. Controle de gramíneas no subosque de florestas em restauração. Durigan, G. & Ramos, V. S. (orgs.). In: *Manejo Adaptativo: primeiras experiências na Restauração de Ecossistemas*. Páginas & Letras Editora e Gráfica. São Paulo – SP.
- Valls, J. F. M.; Boldrini, I.; Longhi-Wagner, H. M. & Miotto, S. T. S. 2009. O patrimônio florístico dos campos. Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S., Jacques, A. V. A. (eds.), In: *Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade*. MMA, Brasília – DF.
- Veldman, J. W.; Overbeck, G. E.; Negreiros, D.; Mahy, G.; Le Stradic, S.; Fernandes, G. W.; Durigan, G.; Buisson, E.; Putz, F. E. & Bond, W. J. 2015. Tyranny of trees in grassy biomes. *Science letters* 347:484-485
- Veldman, J. W.; Overbeck, G. E.; Negreiros, D.; Mahy, G.; Stradic, S. L.; Fernandes, W. F.; Durigan, G.; Buisson, E.; Putz, F. E. & Bond, W. J. 2015b. Where tree planting and forest expansion are bad for biodiversity and ecosystem services. *Bioscience* 20:1-8
- Vieira, D. L. M.; Scariot, A.; Sampaio, A. B. & Holl, K. D. 2006. Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 22:353-357
- Von Blanckenhagen, B. & Poschlod, P. 2005. Restoration of calcareous grasslands: the role of the soil seed bank and seed dispersal for recolonisation processes. *Base* 9:143–149

Wang, C.; Long, R.; Wang, Q.; Liu, W.; Jing, Z. & Zhang, L. 2010. Fertilization and litter effects on the functional group biomass, species diversity of plants, microbial biomass, and enzyme activity of two alpine meadow communities. *Plant and Soil* 331:377–389

Wilkinson, D. M. 2001. Is local provenance important in habitat creation? *Journal of Applied Ecology* 38:1371–1373

Wortley, L.; Hero, J. M. & Howes, M. 2013. Evaluating ecological restoration success: A review of the literature. *Restoration Ecology* 21:537–543

Zhuang, X., Rehabilitation and development of forest on degraded hills of Hong Kong. 1997. *Forestry Ecology and Management* 99:197-201

ANEXO 1

Universidade de Campinas – Unicamp / Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM
Roteiro para entrevistas de trabalho de campo – Restauração Ecológica

Saudações! Eu sou Rolf Bateman, estudante de doutorado da Universidade Estadual de Campinas. Estou desenvolvendo minha tese sobre o tema da Restauração Ecológica, e tenho como objetivo procurar compreender quais são as motivações e as ideias de restauração dos projetos aplicados hoje no Brasil. Sua ajuda é de grande valor para o meu trabalho e para o avanço da ciência neste importante campo do conhecimento. Para que você fique à vontade para responder estas questões, explico que esta pesquisa é realizada apenas para ampliar o conhecimento sobre as questões aqui colocadas, que os fins não são lucrativos e que assumo o compromisso de manter sigilo sobre a sua identidade, os dados de projetos, e sobre as instituições que você pode representar. Agradeço a disponibilidade, a ajuda, e a paciência. Muito obrigado!

Questões:

1. Informações básicas do projeto

- a) Nome do projeto:
- b) Pessoa entrevistada
- c) Função na organização:
- d) Localização do projeto (local; cidade/município):
- e) Bioma ou ambiente original na região:
- f) Qual era o uso da área antes do projeto?(pasto, mineração...):
- g) Idade do projeto (há quanto tempo está sendo realizado, na prática):
- h) Área aproximada do projeto: _____.

2. Motivação

Qual a motivação em desenvolver o projeto? (pode marcar mais de um, se for o caso).

- () Exigências de órgãos ambientais
- () Regularização fundiária (APP, Reserva Legal, etc)
- () Outras questões legais:

Quais: _____

() Pesquisa

() Iniciativa espontânea

() Outros(explique): _____

3. Objetivos/intencionalidade

- a) Como você descreve a principal intenção deste projeto de restauração?
- b) Por quanto tempo a área AINDA ficará sob gestão direta (por exemplo, controlando pragas, plantando mudas, administrando insumos)? _____ anos

4. Execução

- a) O projeto foi planejado com base em...

() ... publicações?Quais?(livro, manual técnico, artigo científico):

() ... consultoria?De quem? (empresas ou orientação de consultor):

() ... outros projetos anteriores? Quais?

() ... projeto próprio (planejado pela equipe).

() ... alguma outra base não citada anteriormente?

- b) Numere, na sequência em que foram iniciados, os métodos e técnicas utilizados no projeto.

() Manejo de fauna

() Poleiros

() Transposição de solo

() Transposição de galharia

() Transposição de chuva de sementes

- () Nucleação
 () Semeadura
 () Plantio direto de mudas (qual(is) técnica(s)?): _____
 () Outros: _____

- c) Em termos técnicos, quais as dificuldades encontradas (compra de materiais, pessoal, plantios, terreno, ferramentas, conhecimento...)?
- d) Em relação à questão anterior, o projeto sofreu modificações por conta destas dificuldades?

5. Fontes de mudas ou sementes

- a) Como foram escolhidas as espécies de plantas?
 () Publicações () Levantamento na região
 () Outros:
- b) No caso de plantio de mudas, qual a sua procedência?
- () Produção própria (coleta na área, viveiro próprio).
 () Fonte externa (compra, produção contratada, doação). De onde? Em qual a proporção foram plantadas?
- () De forma aproximada:
- | | |
|-------------------|----------------|
| ___ % Pioneiras | ___ % Exóticas |
| ___ % Secundárias | ___ % Nativas |
| ___ % Clímax | |
- () Não sei.
 () Posso enviar uma lista das espécies para o e-mail bateman.rolf@gmail.com.

6. Monitoramento

- a) Por quanto tempo a área do projeto deverá ser monitorada? ____.
- b) Enquanto monitorada, quais os elementos da natureza serão observados em campo?
- c) Para você o que está mostrando, ou irá indicar se o projeto está sendo bem sucedido?
- d) Que mais você acha importante ou interessante notar sobre esse projeto?

ANEXO 2 - Exemplos de comunicações entre órgãos e executores, retratando o papel central dos viveiros na restauração ecológica.

1. Campos Sulinos

a. Projeto Tiaraju. Município: Candiota. Fonte: Projeto executivo.

“Espécies a serem utilizadas: dependerão da disponibilidade de encontrar-se mudas de espécies nativas por produtores que produzam na região”.

b. Projeto RECAMP – Embrapa. Município: Bagé. Fonte: Entrevista Maurício Kopp. Responsável técnico.

“A gente usa essa aí, que é uma planta perene, a gente usa com o objetivo de fixar uma vegetação. Agora, não é o nosso final. É pra cobrir o solo. E daí a gente começa a trabalhar com a finalidade de aumentar a diversidade, com as espécies que seriam as naturais dali. Nós usamos a *Paspalum notatum*, que é a única que nós temos semente pra vender. Eu trabalho na área de melhoramento vegetal, então agora eu estou desenvolvendo outros “paspaluns” aí pra gente já partir pelo menos com umas três espécies”.

c. Projeto Dom Pedrito. Fonte: Projeto executivo.

Critérios para escolha das espécies de mudas: “Nativas do sudeste ou Escudo Rio Grandense, especificamente da região da campanha, resistentes ao clima frio, tolerantes a locais úmidos, serem precursoras de matas ciliares e que preferencialmente estejam disponíveis nos viveiros da região”.

2. Cerrado

a. Projeto Batatais I. Fonte: Projeto executivo.

“Caso haja dificuldade para se encontrar algumas das espécies citadas, o proponente poderá utilizar outras, desde que seja do mesmo grupo de sucessão ecológica”.

b. Projeto Batatais II. Fonte: Projeto executivo.

“Na possibilidade de não serem encontradas algumas das espécies acima descritas, as mesmas serão substituídas por espécies que melhor se adaptem à região”.

c. Projeto Batatais III. Fonte: Entrevista Ricardo Braga, consultor.

“A gente tinha uma variedade bem grande de mudas lá. Mas vai de acordo com a região, com o que tem, por que por mais que eles tenham a listagem da SMA lá (no viveiro) é difícil às vezes conseguir muda da espécie. É o que está disponível. A gente procura manter as espécies do bioma, mas às vezes você acaba fugindo um pouquinho. Uma aí que não seja, mas que se adapta à região... Ela não vai ser nativa da região, mas é nativa do país. Porque é difícil às vezes. Por mais que tenha muita gente produzindo, você conseguir a diversidade que eles (a legislação) pedem não é fácil não”.

d. Projeto Fazenda São Miguel. Município: Descalvado. Fonte: Resposta da SMA/SP.

“A localização da propriedade é cerrado, de acordo com o IBGE. Das 29 espécies sugeridas, somente 11 são de ocorrência regional”.

e. Projeto município Pederneiras. Fonte: Projeto executivo.

“Dada a dificuldade na aquisição deste tipo de plantas, o presente projeto não será restritivo a espécies, mas indicará um elenco de espécies apropriadas que serão adquiridas em viveiros da região”.

“É evidente que uma lista desta natureza é meramente indicativa, a real implantação dependerá da disponibilidade destas espécies ou de outras que porventura forem indicadas pelos encarregados dos viveiros regionais, todos idôneos e interessados na reposição florestal”.

ANEXO 3 – Detalhamento das informações obtidas nos projetos analisados na Mata Atlântica

Município	Id. Do Projeto	Plantio total de mudas arbóreas nativas	Isolamento dos animais	Condução de Reg. natural	Poleiros artificiais	Transposição de galharia	Transposição de solo/serrapilheira	Plantio de mudas por semeadura direta	Plantio em ilhas de diversidade	Podas - desbaste - condução	Plantio de herbáceas e arbustos	Plantio de leguminosas	Muvuca de sementes	Plantio direto de baixa diversidade	Área ocupada	Motivação	Tipo de Instituição	Uso do solo anterior
Antonina - PR	UFPR / SPVS	1		1										1	1500	Voluntário	Governo	Pastagem
Bom Jardim - RJ	ENERGISA - PCH Santo Antônio	1								1					44,5	RL	Empresa	Pastagem
Cabo Frio - RJ	Holding Participações	1	1												1,13	RL	Empresa	Coco
Cachoeiras de Macacu - RJ	REGUA	1	1	1											100	Voluntário	ONG	Pastagem
Campinas - SP	Sítio Natureza Essencial	1	1												8,33	RL	Privado	N.D.
Campinas - SP	RL Fazenda São Marcos	1	1												2,89	RL	Privado	N.D.
Indaiatuba - SP	Sítio Canário	1	1												0,42	RL	Privado	N.D.
Itaboraí - RJ	COMPERJ	1	1												171	Condicionante	Empresa	Diversos
Itaipava - RJ	Cervejaria Petrópolis	1	1	1	1	1		1							200	Voluntário	Empresa	Pastagem
Itatiba - SP	RL Fazenda Pereiras	1	1												17,3	RL	Privado	Pastagem
Leme - SP	RL - Fazenda Santa Inácia			1											215	RL	Privado	Eucalipto e pasto
Londrina - PR	UEL - LABRE	1		1								1	1		3	Voluntário	Governo	Pastagem
Macaé - RJ	Macaé Projetos e Serviços Ambientais	1	1												5,15	RL	Empresa	Pastagem
Niterói - RJ	Marco Antonio da Rocha Tristão	1	1												3,4	Autuação	Privado	Pecuária e Mineração
Pederneiras - SP	Sítio São José	1	1	1											6	RL	Privado	Cana
Poços de Caldas - MG	Alcoa	1	1				1								13	Compensação	Empresa	Mineração
Ribeirão Grande - SP	Projeto CBE	1	1												3,5	Compensação	Empresa	Pastagem
Ribeirão Grande - SP	Intermontes	1	1	1			1								160	Compensação	Empresa	Pastagem
Rio Claro - RJ	Thyssenkrup	1	1								1				47,7	Condicionante	Empresa	Antigas tubulações
São João da Barra - RJ	LLX			1					1						1615	Compensação	Empresa	Pastagem
Serra Negra - SP	FEHIDRO	1	1												5	Voluntário	ONG	Pastagem
Socorro - SP	FEHIDRO - Copaíba	1	1												5,1	Voluntário	ONG	Pastagem
Valinhos - SP	RL Chácara Santa Albina				1	1			1						1,97	RL	Privado	Figo e Romã
Vários municípios - PR	UEL - LABRE - Consultoria	1			1	1	1	1							4200	Compensação	Empresa	Soja
	Total	21	17	8	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	347,058			

ANEXO 4 – Detalhamento das informações obtidas nos projetos analisados no Cerrado

Município (todos em SP)	Id. do projeto	Plantio total de mudas arbóreas nativas	Isolamento/Inclusão dos animais	Condução de Regeneração natural	Utilização de espécies arbóreas exóticas	Podas - desbaste - condução	Plantio de leguminosas	Ausência de adubação	Manejo de fauna	Semeadura direta	Plantio direto de baixa diversidade	Placas de celulose	Área ocupada (ha)	Motivação	Tipo de Instituição	Uso do solo anterior
Américo Brasiliense	Fazenda São Carlos	1											17,2	RL	Privado	Cana
Assis	IF Assis	1	1	1	1	1				1			6	Voluntário - pesquisa	Estado	Diversos
Assis	Sítio Águia da Corredeira	1											7,26	RL	Privado	N.D.
Batatais	Reserva Legal 87434	1	1	1									3	RL	Privado	Cana
Batatais	Fazenda Bela Vista	1		1									2	RL APP	Privado	N.D.
Batatais	Fazenda 3 meninos	1											1	Infração	Privado	Cana
Batatais	DER	1	1										120	Compensação	Empresa	Pinus
Cajuru	Fazenda Tangerina	1	1										2	RL APP	Privado	Cana
Casa Branca	Sítio São Pedro	1											1	RL APP	Privado	N.D.
Descalvado	Sítio São Miguel	1				1							2	RL	Privado	Cana
Descalvado	Fazenda Virgínia	1											42,1	RL	Privado	Cana
Descalvado	Fazenda Pau d'alho	1		1									126,4	RL	Privado	Pastagem
Dobrada	FEHIDRO	1	1				1						3	Voluntário - restauração	ONG	Pastagem
Fernão	Sítio N.S. Fátima	1			1								0,22	RL	Privado	Citrus e olerícolas
Franca	FEHIDRO	1											1	Voluntário - restauração	Governo	Pastagem
Ibitinga	Sítio Santa Luzia	1			1								0,8	RL	Privado	Pastagem
Ibitinga	Sítio Graminha	1	1		1								5,8	RL	Privado	Laranja
Itatinga	EE Itatinga	1		1	1	1		1			1	1	2000	Voluntário - pesquisa	Governo	Eucalipto
Jardinópolis	Sítio Santa Rita	1											1	RL APP	Privado	N.D.
Mogi Guaçu	International Paper	1	1						1				3	Volunt. - Certificação	Empresa	Eucalipto
Monte Alto	Sítio São Francisco	1											1	RL APP	Privado	N.D.
Paraguçu Paulista	Sítio Canaã	1											18,8	RL	Privado	Pastagem
Ribeirão Preto	Corrego Ribeirão Preto	1											1	APP	Privado	Cana
São José da Bela Vista	Fazenda Santa Amélia	1	1										2	RL APP	Privado	Pastagem
São Simão	International Paper			1	1	1							3	Volunt. - Certificação	Empresa	Eucalipto
Taquaritinga	FEHIDRO	1	1				1						3	Voluntário - restauração	ONG	Pastagens e cana
Total		25	9/1	6	6	4	2	1	1	1	1	1	91,29			

ANEXO 5 – Detalhamento das informações obtidas nos projetos analisados nos Campos Sulinos

Município (Todos no RS)	Id. do Projeto	Plantio total	Plantio em linhas/desalinhado	Isolamento/inclusão dos pastadores	Regeneração natural	Semeadura de gramíneas	Adubação orgânica	Plantio de eucalipto	Plantio de <i>A. angustifolia</i>	Plantio de árvores por semeadura direta	Plantio de mudas nativas em baixa densidade	Transposição de chuva de sementes	Transposição de galharia	Poda de condução	Plantio de frutíferas comerciais	Técnicas de nucleação	Poleiros	Inclusão dos animais pastadores	Motivação	Tipo de Instituição	Uso do solo
Bagé	075/2006			1	1														TAC MPE	Propr.	Arroz e pecuária
Bagé	284/2008	1		1															Auto de infração	Propr.	Pecuária
Bagé	P&G	1	1	1	1	1								1					TAC MPE	Propr.	Pastagem
Cambará do Sul	5207/13.4	1	1	1					1										Rec APP	Propr.	Milho + vegetação nativa
Candiota	316/2010	1	1	1															Auto de infração	Empresa	Pecuária
Candiota	Tiaraju II	1		1															Auto de infração	Propr.	arroz, pastagem e pecuária
Cerro G. do Sul	5230500/13.8	1			1														Auto de infração	Propr.	eucalipto e acácia
Dom Pedrito	332/2009	1		1			1												Auto de infração	Propr.	Pecuária
Dom Pedrito	404/2009				1														APP	Propr.	Arroz, pecuária, ovinos e equinos
Dom Pedrito	469/2010	1		1															Auto de infração	Propr.	Arroz, pecuária, soja
Dom Pedrito	Biomás	1			1	1		1							1			1	Voluntário - pesquisa	Governo	Soja
Itacurubi	186/0500	1	1																Auto de infração	Propr.	Pecuária
Itacurubi	187/0500	1	1																Auto de infração	Propr.	N.D.
Lavras do Sul	030/2011	1		1															Auto de infração	Propr.	Pastagens nativas
Lavras do Sul	5393/0500	1		1															Auto de infração	Empresa	Agricultura e pecuária
São Gabriel	CMPC Celulose					1				1		1				1			Pesquisa	Empresa	Eucalipto
São Jerônimo	523/0500	1	1	1															Auto de infração	Propr.	N.D.
São Jerônimo	23128/11.4	1					1												Auto de infração	Propr.	Eucalipto
Unistalda	17356/09.1	1	1																Auto de infração	Propr.	N.D.
São F. de Paula	Cascalheira			1	1														RL	Empresa	Pinus
São F. de Paula	Ref. Unidos	1		1					1				1						RL	Empresa	Pinus
Bagé	Recamp - EMBRAPA					1												1	Voluntário - Pesquisa	Governo	Pecuária
Bagé	Genética da Maya					1					1								Condicionante	Empresa	Mineração
Dom Pedrito	Pedreira da Tapera	1	1	1				1											Condicionante	Empresa	Mineração
Bagé	Votorantim	1	1	1	1		1										1		RL	Empresa	Pinus
Total		19	9/9	15/2	7	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2			

Capítulo 4. História da restauração ecológica, seus métodos e heranças

4.1. Introdução

Embora as iniciativas para se consolidar a Ecologia da Restauração como um campo científico tenham se intensificado apenas a partir dos anos 1980, práticas em restauração ecológica são antigas. Há relatos de sua aplicação por diferentes povos e regiões do mundo (Rodrigues & Gandolfi, 2004) desde pelo menos o século XIV, na Floresta Real de Nürnberg, Alemanha (Fischer & Fischer, 2012).

A literatura é consensual quanto à diferença entre restauração antes e depois da década de 1980, indicando que este período marca uma virada significativa nesta história (Allen & Hoekstra, 1992; Rodrigues *et al.*, 2009; Oliveira & Engel, 2011). À primeira vista, as características que separam estas duas fases da restauração ecológica, são absolutas. Na maior parte das publicações estas fases são distinguidas pelo conhecimento científico associado às técnicas, e pela associação com teorias ecológicas (Young *et al.*, 2005; Bellotto *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2009; Durigan & Mello, 2011), em especial com a teoria de sucessão (Dobson *et al.*, 1997; Kageyama & Gandara, 2000).

A literatura frequentemente ressalta, por um lado, aspectos negativos dos projetos desenvolvidos antes de 1980 e, por outro, a evolução constante do conhecimento adquirido com base em projetos mais recentes (como em Hobbs, 1996). Esta visão faz aumentar a distância da restauração antes e depois, e desacredita projetos mais antigos com expressões como “reduzido conhecimento”, “desvinculadas de concepções teóricas”, “visão simplificada dos processos” ou “ausência de suporte científico” (Allen & Hoekstra, 1992; Kageyama e Gandara, 2000; Bellotto *et al.*, 2009).

Como exemplo, Allen & Hoekstra (1992), apontam que “a ecologia da restauração até recentemente tem sido vista como um tipo de jardinagem com espécies selvagens em mosaicos naturais”, enquanto ressaltam que “uma nova ciência autoconsciente da ecologia da restauração emergiu recentemente, e está consubstanciada em Jordan, Gilpin e Aber (1987)” (pág. 350). Kageyama e Gandara (2000) classificam antigas iniciativas como “não muito bem sucedidas”, uma vez que foram baseadas no simples plantio aleatório de árvores, e por não considerarem princípios básicos da sucessão. Bellotto *et al.* (2009) explicam que na primeira fase da restauração no Brasil as “ações eram geralmente definidas apenas com base em aspectos silviculturais, desvinculadas de concepções teóricas” e também “sem planejamento para combinação e disposição das espécies no plantio”.

Em suma, projetos de restauração ecológica desenvolvidos antes de 1980 são descritos na literatura de maneira romântica, com seus personagens heróicos, desbravadores e pioneiros, e guiados por alguns poucos proprietários de terras ou por funcionários do governo “à frente do seu tempo” quanto a preocupações ambientais, com a biodiversidade e com a proteção de bacias hidrográficas (Durigan & Melo, 2011). No entanto, quando analisamos em maior detalhe documentos de época, descrições metodológicas ou relatos sobre as motivações para a restauração de ecossistemas escritos há cerca de um século e meio atrás, a separação técnica, teórica e metodológica entre projetos antes e após 1980 não é tão contundente. Além disso, projetos atuais, aprovados em órgãos estaduais de meio ambiente, também adotam métodos ou concepções total ou parcialmente desvinculados de teorias ecológicas em muitos aspectos. A realidade contemporânea da restauração, portanto, não se distancia tanto de suas fases iniciais como descrito hoje na literatura científica.

Vale ressaltar que o que consideramos aqui como principais práticas aplicadas no Brasil refere-se ao conjunto de técnicas amplamente difundido utilizado em muitos projetos de restauração ecológica em pelo menos três biomas brasileiros atualmente: a Mata Atlântica, o Pampa e o Cerrado, examinados no capítulo 3. Este conjunto de técnicas se baseia no plantio direto de mudas arbóreas, com alta diversidade de espécies, em alinhamento 2m x 3m, com a utilização de herbicidas, formicidas e adubação química e exclusão de gado e outros animais pastadores.

4.2. Objetivos

- Recontar a história mais antiga da restauração ecológica, em especial a brasileira, com foco em seus métodos e partir de artigos científicos retrospectivos e de documentos históricos.
- Verificar semelhanças e diferenças da restauração ecológica no Brasil antes e depois de 1980, e as heranças técnicas influentes para as principais práticas aplicadas nos projetos de restauração atuais.

4.3. Exemplos históricos de outros países

Poucos artigos ou revisões tratam de iniciativas e antigos projetos de restauração ecológica no mundo, anteriores ao estabelecimento formal da ecologia da restauração como campo científico. Os trabalhos encontrados remontam a práticas de cada país e as razões que levaram os governantes de suas épocas a adotarem tais práticas. No entanto, as influências entre naturalistas de diferentes países, e quem eram estas pessoas, ainda parecem ser temas relativamente marginais. Há evidências de que estas interações ocorriam entre restauradores de países europeus e a aplicação em larga escala do que se conhecia de técnicas de restauração ocorreram ainda no século XIX em países como a Espanha (Vallejo, 2005), Hong Kong (Corlett, 1999) e Brasil e no século XVIII em Portugal e na Alemanha, que examinaremos como exemplos.

Muitos destes artigos relatam históricos da arborização urbana, da construção de jardins públicos e privados e das práticas silviculturais para exploração econômica da madeira, distantes do conceito de restauração que tentamos construir hoje. No entanto, historicamente, a origem de práticas como estas parece ter uma origem comum com a restauração ecológica, e neste sentido histórico o esforço em diferenciar restauração e silvicultura não nos seja conveniente. Através destes relatos é possível identificar técnicas, como germinação de sementes e plantio de árvores, aplicadas há mais de 200 anos, que ainda permanecem nas práticas que adotamos no Brasil de hoje.

4.3.1. Hong Kong

Apesar de situada em outro continente e com uma biota muito diferente da brasileira, a comparação entre esses países é interessante porque ambos foram colônias de países europeus

e, além disto, o clima subtropical úmido de Hong Kong se aproxima do clima em grande parte da porção litorânea das regiões sul e sudeste do Brasil.

A prática da silvicultura em Hong Kong teve início em 1871, com a contratação do britânico Charles Ford por recomendação de Joseph Hooker, diretor do Jardim Botânico Real de Kew e um dos mais importantes botânicos da Inglaterra no século XIX. Ford fora designado para assumir o comando dos jardins públicos e do plantio de árvores, tendo redigido uma série de relatórios sobre suas atividades (Corlett, 1999).

Embora muitas árvores, especialmente *Ficus microcarpa*, tenham sido plantadas ao longo de estradas e em jardins desde a fundação de Hong Kong como colônia britânica, a arborização de montanhas logo se tornou prioridade do departamento responsável, o “Government Gardens and Tree Planting Department”. A coleta de sementes e frutos em árvores matrizes se iniciou com equipes de homens munidos com “grandes cestas e longos ganchos de ferro” em incursões aos “vales mais protegidos da ilha” (Price, 1877, *apud* Corlett, 1999).

Inicialmente, Ford determinou a produção de mudas em viveiros, especialmente de *Pinus* nativos como o *Pinus massoniana*, por conta de sua alta capacidade de se estabelecer em lugares inóspitos para a maioria das espécies da região. Nos viveiros, as mudas cresciam por até um ano para então serem transplantadas com as raízes expostas (*bare-rooted seedlings*). Segundo Ford, estas atividades seguiram as práticas comuns, e provavelmente ancestrais, em regiões adjacentes da China continental, para depois serem gradualmente substituídas pela semeadura direta em covas preparadas. Corlett (1999) explica que o custo entre 20 e 25% menor da semeadura direta compensaria as altas taxas de perda das sementes. A dispersão de sementes, sem nenhum preparo prévio do solo além da queima da vegetação preexistente, também foi utilizada, apresentando bons resultados em alguns locais.

Alguns métodos utilizados se assemelham e outros se distanciam do que praticamos em restauração ecológica hoje no Brasil. São semelhantes, por exemplo, as tentativas de plantios com diversidade mediana (por volta de 20 espécies) de mudas arbóreas, nativas e exóticas. Também cultivadas em viveiros e plantadas com idades entre 12 e 24 meses, e mencionadas nos relatos de Ford com grande otimismo, este conjunto de árvores obteve desempenho muito abaixo do esperado. Por exemplo, a substituição *Pinus massoniana* por *Cunninghamia lanceolata*, muito mais valiosa, falhou, apesar de dez anos de tentativas.

Entretanto, mudas exóticas de *Eucalyptus* foram testadas ainda nas fases iniciais da empreitada, escolhidas por suas supostas propriedades antimaláricas. Experimentos anteriores com *E. globulus* haviam demonstrado desempenho muito abaixo do esperado, levando Ford a

importar sementes novas de Queensland, Austrália, onde o clima era similar ao da ilha chinesa. Das 14 espécies testadas, *E. citriodora*, *E. robusta*, foram empregadas nos plantios do século XX. *Cinnamomum camphora* foi a única espécie de interesse econômico que demonstrou relativo sucesso quando plantada em florestas de pinus já estabelecidas. Dentre as nativas, utilizando-se os mesmos métodos, foram utilizadas *Lithocarpus harlandii*, *Quercus neglecta* e *Castanopsis fissa*, mas apenas esta última foi plantada em maior escala.

Os plantios aqui descritos duraram por toda a fase inicial da arborização de Hong Kong, estendendo-se até o ano de 1900. Ao longo das fases seguintes, até 1997, muitas outras espécies foram incorporadas aos plantios. Outros métodos também foram incluídos após a Segunda Guerra mundial até 1965; por exemplo, a técnica anteriormente utilizada para a produção e plantio de mudas, com raízes expostas, foi progressivamente substituída pela utilização de latas reutilizáveis, tubetes e, finalmente, polietileno descartável. Além disso, foram realizados experimentos com fertilizantes e pesticidas químicos, cujo uso veio a se firmar nos anos subsequentes.

Embora os métodos utilizados em Hong Kong nas fases iniciais se distanciem das concepções atuais de restauração ecológica, os objetivos das políticas florestais da época faziam menção a diversos aspectos ambientais dos projetos. No período pós-guerra, por exemplo, tais objetivos foram explícitos: “a fim de controlar a erosão do solo e melhorar o abastecimento de água; para produzir sustentavelmente e com maior eficiência combustível e madeira; e para estimular as atividades florestais privadas”. Na fase seguinte, as premissas de controle da erosão continuaram, porém, “não apenas, mas particularmente, nas áreas de captação de água” e se juntaram a outras como a “conservação da vegetação e da vida selvagem” e “incentivar o uso recreativo das zonas rurais” (Corlett, 1999).

Poucas espécies plantadas em maior escala alcançaram uma alta sobrevivência das mudas. Três espécies de árvores nativas (*Pinus massoniana*, *Schima superba* e *Castanopsis fissa*) e sete exóticas (*Acacia confusa*, *Lophostemon confertus*, *Pinus elliottii* e quatro espécies de *Eucalyptus*) conseguiram se estabelecer em toda a ilha. Outras cinco espécies foram bem sucedidas em alguns locais (*Casuarina equisetifolia*, *Cinnamomum camphora*, *Liquidambar formosana* e *Melaleuca quinquenervia*) e duas espécies de *Acacia* demonstraram sua aptidão em áreas com alto grau de degradação. No total, 17 espécies permanecem amplamente distribuídas nos plantios realizados e Corlett (1999) compara este número às 149 espécies encontradas nas estradas e às 390 espécies nativas da ilha.

Apesar de estes dados de riqueza de espécies distanciarem as práticas realizadas em Hong Kong da concepção de restauração na maioria dos projetos brasileiros estudados nesta

tese, há, hoje, iniciativas experimentais aplicadas com baixa diversidade (1-3 espécies), pela Universidade Federal do Paraná no município de Antonina (PR) e também pela Universidade de São Paulo na Estação Experimental de Itatinga (SP), indicando a possibilidade de aplicação desta técnica para diminuição de custos e complexidade.

A utilização de espécies exóticas na ilha chinesa também difere da prática brasileira, e segue sendo pesquisada e empregada em restauração nos dias de hoje (Zhang *et al.*, 2013), apesar de inconvenientes como a substituição de espécies nativas e vulnerabilidade a patógenos. Em contrapartida, *Bridelia tomentosa*, *Ligustrum sinense*, *Macaranga tanarius*, *Celtis sinensis*, *Rhus succedanea*, *Mallotus apelta* e *Cinnamomum camphora*, todas nativas, se tornaram dominantes ao longo do tempo, o que sugere dispersão espontânea facilitada a partir dos plantios iniciais.

Em suma, o histórico de Corlett (1999) sobre Hong Kong, em comparação, com o Brasil mostra que: [1] Os plantios iniciados ainda no século XVIII em Hong Kong tinham motivações paisagístico-urbanísticas e de proteção do solo, diferentemente do ocorrido na mesma época no Brasil, cujas intenções serão vistas adiante; [2] A restauração ecológica em Hong Kong baseou-se principalmente na utilização da espécie nativa *Pinus massoniana*, o que difere da prática brasileira de utilizar alta diversidade desde o princípio; [3] No Brasil, apesar de espécies exóticas como *Eucalyptus* terem sido utilizadas, em Hong Kong a mesma opção se deu pela alta adaptação e baixa mortalidade destas mudas. A motivação brasileira, além disto, visava o aproveitamento da madeira; [4] De maneira similar, ambos os países investiram na utilização de mudas arbóreas, mesmo em ecossistemas não-florestais, de fisionomias abertas. Corlett ainda menciona, de forma semelhante ao que expusemos no capítulo 3, que a “silvicultura em Hong Kong parece ter sido guiada mais pela crença fundamental na superioridade das florestas sobre outras vegetações do que por outros objetivos definidos” (Corlett, 1999). [5] Defensivos químicos passaram a ser utilizados na segunda metade do século XX nos dois países; [6] Também em ambos, os recipientes para plantio das mudas foram progressivamente ganhando inovações, indo de raízes nuas ao polietileno descartável, passando por latas retornáveis e tubetes plásticos. Além destes, no Brasil, por muitos anos, utilizaram-se pequenos cestos feitos de bambu enterrados junto com as mudas; [7] Há indícios da incorporação de práticas de silvicultura chinesa ancestral. No Brasil, a herança é mais diretamente portuguesa, mas há indícios, nos documentos investigados por este trabalho, da influência do conhecimento de outros países europeus como a Alemanha.

4.3.2. Espanha

Embora os antigos projetos de restauração nos países mediterrâneos não correspondam aos conceitos contemporâneos, muitos de seus objetivos são compartilhados com as iniciativas atuais, como a redução da erosão e aumento da cobertura vegetal. A impressão inicial é que os processos históricos foram muito similares, mesmo em países distantes e com ambiente e histórico de ocupação e uso humano totalmente diferentes. A princípio, a Espanha não desenvolveu práticas muito distintas das adotadas no Brasil.

O primeiro fator em comum é que, apesar de plantios espanhóis de *Pinus* e *Quercus* terem sido realizados ainda na Idade Média, projetos de restauração tiveram seu início no final do século XIX e se consolidaram no decorrer do século XX (Pausas *et al.*, 2004). Os primeiros ensaios de restauração foram motivados pelas frequentes enchentes e deslizamentos das encostas próximas à cidade de Murcia, em Sierra Espuña (Vallejo, 2005). Nesta cidade, por conta da antiga superexploração de recursos madeireiros para a construção de embarcações para a Marinha espanhola, 761 mortes foram registradas em inundações de outubro de 1879. Tal catástrofe impulsionou um projeto de restauração chamado “Trabalhos de Defesa Contra Inundações na Bacia de Murcia”.

A estratégia de plantar espécies nativas, pioneiras e de rápido crescimento, como *Pinus* (*Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster* e *P. pínea*) (Vallejo, 2005) tinha a intenção de facilitar a recolonização posterior por outras espécies que, embora pudessem futuramente prevenir enchentes, eram muito suscetíveis à ação do fogo (Pausas *et al.*, 2004). Também foram plantadas espécies produtoras de madeira de alta qualidade (como *Quercus faginea*, *Ulmus minor*) e outras não-nativas (*Pinus canariensis*, *Acacia* sp., *Abies pinsapo*) (Vallejo, 2005), semelhante ao que se fez nos primórdios da restauração ecológica no Brasil.

O projeto foi iniciado em 1892, e plantou mais de cinco mil hectares, acompanhados da construção de viveiros *in situ*, represas e aceiros. Assim como alguns dos primeiros projetos brasileiros, posteriormente a região foi transformada em unidade de conservação (Parque Regional, estabelecido em 1978).

Nas décadas de 1970 e 1990, com os objetivos de controlar a erosão, compactação do solo e de combater a desertificação, um projeto piloto foi implementado na região leste espanhola, por iniciativa do Ministério do Meio Ambiente e da Administração Regional de Florestas da região de Valencia, e com assessoria técnica do Centro Mediterrâneo para Estudos Ambientais (Fundação CEAM). *Pinus halepensis* foram plantados em terraços, mas sem irrigação, o que resultava numa taxa de sobrevivência das mudas menor que 50%, por conta do clima semi-árido (Vallejo, 2005). No período de 2002 a 2004 um grande número de arbustos, gramíneas e árvores nativos foram plantados (*Olea europaea*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus*

coccifera, *Juniperus oxyce*, *Nerium oleander*, *Pinus halepensis*, *Ceratonia siliqua*, *Rhamnus lycioides*, *Tetraclinis articulata*, *Retama sphaerocarpa*, *Ephedra fragilis*, *Chamaerops humilis*, *Tamarix africana*, *Salsola genistoides*, *Stipa tenacissima*). As mudas eram produzidas em viveiros utilizando dos “mais recentes critérios de controle de qualidade”, solos foram preparados para otimizar a coleta de água, aumentando a sobrevivência e o crescimento das mudas, que após dois anos já haviam atingido 70 cm de altura (Vallejo, 2005).

4.3.3. Portugal e a influência alemã

Um dos personagens da restauração ecológica praticada em Portugal no século XIX José Bonifácio de Andrada e Silva, conhecido como o “Patriarca da Independência” brasileira, foi investido da direção das sementeiras e plantações de um arvoredo na região costeira de Portugal. Posteriormente publicou, pela Academia das Ciências de Lisboa, um extenso trabalho chamado “Memórias sobre a necessidade e utilidade do plantio de novos bosques em Portugal, principalmente de pinhais nos areais de Beira-mar; seu método de sementeira, costeamento e administração” (Silva, 1815).

Bonifácio dirigiu iniciativas de restauração em pelo menos duas cidades portuguesas, Lavos e Leiria. Segundo seu relato, as sementeiras implementadas em Lavos foram as primeiras a darem resultados satisfatórios desde o começo, enquanto as outras resultaram em frustrações e altos gastos. O que motivou tais iniciativas foi a proteção das lavouras “em perigo iminente de ser alagadas e subterradas pelas arêas do mar”. Os avanços e vantagens da empreitada foram brevemente avaliados, apesar da falta de reparos e da “destruição que fizeram os povos fugitivos na ultima invasão, arrancando e queimando toda a estacaria, cobertura e muitos pinheirinhos” (Silva, 1815).

Muitas influências externas se fundam nos estudos de José Bonifácio em outros países nos quais conheceu técnicas de recuperação e seu sucesso. Entre suas influências, José Bonifácio destaca o Conde Friedrich August Ludwig Von Burgsdorff, não apenas como “sábio mestre e collega”, mas também por suas publicações como fonte de conhecimento para as ações de restauração aplicadas em Portugal: “Não se creia porém, que este novo methodo seja parto de mera especulação minha: suas bases se fundão na experiência; e vem recommendadas no excellente Manual do Mateiro do Conde de Burgsdorff, impresso em Francfort em 1801, que só pude obter depois da sua morte em 1807” (Silva, 1815). Na verdade, Burgsdorff falecera em 1802 e houve edições anteriores deste livro a partir de 1788.

O livro referido por José Bonifácio, “Forsthandbuch” é um compêndio didático de silvicultura, escrito por incumbência do Rei Friedrich Wilhelmm II. Este manual contém

principalmente a descrição de espécies utilizadas na silvicultura e agricultura, esquemas, técnicas de plantio e estudos anatômicos das plantas. Na Figura 1, reproduzida deste Manual, é possível identificar técnicas atuais como o tutoramento e o plantio alinhado, escalonado em Ruthen, uma medida que na Prússia equivalia a 3,77 metros (em português, “vara”, equivalente a cerca de 1,1 metros).

A influência alemã na ciência da silvicultura em toda a Europa se deveu em parte à solidez e pioneirismo de seus estudos. A economia do país baseava-se na madeira, combustível das fábricas, do aquecimento das casas e matéria prima da construção civil. O grande desenvolvimento da silvicultura foi profissionalizado com a multiplicação de escolas técnicas florestais a partir da década de 1820. O primeiro tratado que se tem notícia foi *Sylvicultura Economica*, de 1713, publicado na Alemanha por Carl von Carlowitz (Leão, 2000). Em 432 páginas ele descreveu aspectos das florestas alemãs como o significado da moradia dos deuses para os povos ancestrais, a sistemática, as funções das árvores, as sementes nativas e sua capacidade de germinação, revegetação com regeneração natural e plantio direto, adubação, condições dos solos, irrigação, manejo das árvores e processos de colheita. Outras publicações por Georg Ludwig Hartig, em 1791, e de Heinrich Von Cotta, em 1816, estabeleceram as bases da ciência florestal na Europa no século XIX (Leão, 2000).

Nos relatos de José Bonifácio também encontram-se técnicas ainda hoje utilizadas, incluindo algumas não tão usuais quanto as apresentadas no capítulo 3. Assim como no *Forsthandbuch*, há instruções técnicas para o alinhamento dos plantios de mudas, a composição de fileiras de árvores e a abertura de covas em “distância competente”, “de um pé de largura e dois até três de fundo”, para que as raízes “tenham terra fofa o suficiente para se estenderem, sem competirem com as dos outros indivíduos arbóreos”. Também descreve detalhes de cada tipo de semente e de sua coleta, da influência que as árvores plantadas exercem umas sobre as outras (“Se he menor (a quantidade de sementes utilizadas), não se veste todo o chão; e então por estarem pouco bastas, as arvores não crescem para cima, nem se abrigão e apoião mutuamente”), da condução da regeneração natural (“a (semeadura) natural he totalmente obra da natureza, e apenas o homem deve ajudá-la com alguns pequenos trabalhos e disposições preliminares”) e da transposição de serrapilheira (“Aconselho (...) apanhar á enchada a terra superficial, que fica por baixo das arvores, e espalhá-la sobre outra lavrada (...); porque então as sementes (...) nascem e crescem com força”). Há, ainda, passagens sobre os efeitos da adubação natural (utilizando esterco e cinzas de ramagens queimadas) e dos desbastes (Silva, 1815).

Outras publicações sobre restauração constam em arquivos e bibliotecas públicos brasileiros. Destaca-se a “Memória sobre a restauração das matas de Portugal” (Oudinot, 1800), escrito por Reinaldo Oudinot, coronel do Real Corpo dos Engenheiros português e membro da Sociedade Regia Militar Maritima e de Geografia.

No final do século XVII, Oudinot foi encarregado dos trabalhos de “restauração, da conservação e do aproveitamento da Matas”, e “do modo de executar o Plano Geral das Sementeiras, e das Plantações” na cidade de Leiria. Ele relata consequências da remoção de matas, demonstrando noções sobre a influência das florestas “sobre a temperatura do nosso globo”, a redução de fertilidade dos solos, a produção de vapor de água (névoas, orvalhos, chuvas moderadas) pelas árvores e a consequente formação de fontes e rios, e a sua importância para a cultura humana (Oudinot, 1800).

Oudinot também apresenta em suas memórias algumas técnicas em uso atual, como o alinhamento (medido em palmos), o controle da herbivoria (“os coelhos serão destruídos com cuidado”), o manejo por desbastes, diferentes formas de reproduzir árvores e plantá-las em alta diversidade, normalmente através de semeadura direta.

Surpreendentemente, Oudinot prescreve a escolha de algumas espécies por suas características facilitadoras, por formarem microhabitat favorável para outras. Estes trechos evidenciam noções antigas de sucessão e possivelmente a técnica precursora do esquema de plantio sucessional que hoje utilizamos: “Ceifar-se-há o trigo ou a sevada em meia altura de palha para que o colmo que ficar faça abrigo as jovens plantas” e “O tojo grande (*Ulex* de Lineo) e a giesta fazem bom abrigo as plantas novas, e convem que se misturem algumas destas sementes com outras” (Oudinot, 1800).

A biodiversidade aparentemente não é objetivo central na restauração de Portugal à época. A construção de sementeiras e o plantio de restauração, segundo Oudinot (1800), visam a produção madeiras e lenhas, a diminuição da erosão na costa e a restauração da fertilidade do solo para a agricultura. O mesmo vale para o início da experiência brasileira.

4.3.4. Brasil

A história da restauração ecológica no Brasil merece consideração em maior detalhe. Primeiro, pela proximidade que, pressupomos, teoria e prática destes exemplos históricos têm com o quadro atual da restauração em nosso país. Depois, por ser incomum encontrar relatos do início da restauração na literatura científica brasileira, ao contrário de países tratados acima, nos Estados Unidos e na Austrália (Jordan & Lubick, 2011). Em livros nacionais, ou textos

jornalísticos, este retrospecto é mais freqüente (como em Maya, 1966; Drummond, 1988; Cezar & Oliveira, 1992; Heynemann, 1995).

Rever a restauração ecológica no Brasil no século XIX é impossível sem recapitular a atuação de alguns personagens como o Major Manuel Gomes Archer, o Ministro Luís Pedreira do Couto Ferraz, o tenente-coronel Gastão d'Escragnolle, o escritor José de Alencar e os imperadores Dom João VI e Dom Pedro II. Além destes homens, configurou-se personagem importante a própria floresta, a da Tijuca, o objeto mais antigo e central que aqui relatamos, “detectando, em torno deste, mudanças nas atitudes e no discurso sobre a natureza” (Heynemann, 1995). Estes personagens contribuíram não apenas a história da restauração ecológica no Brasil de maneira geral, mas também para a construção da identidade da então capital imperial, e hoje um dos principais centros econômicos do país, o Rio de Janeiro, de forma mais específica.

A Floresta da Tijuca, nosso caso mais célebre e duradouro de ecossistema restaurado, traz, nos relatos técnicos de sua administração, nos reportes ministeriais e até nas obras literárias da época, a continuidade da aplicação dos conhecimentos provavelmente herdados da metrópole, os indícios da origem de práticas, ou até mesmo de vícios, da restauração ecológica atual, além da mera, porém interessante história. Para contá-la, dividimos o texto em partes.

4.3.4.1. Os personagens

O primeiro personagem é a própria Floresta. Esta, como as histórias dos demais personagens, é baseada em Heynemann (1995). O cenário das montanhas cariocas conquistava os viajantes, recebia os montanhistas, naturalistas e nobres, inspirava histórias e obras de arte. E iniciava um declínio que população e governo não puderam ignorar. Em 1832, Charles Darwin visitava a cidade e descrevia “Desta elevação a paisagem atinge seu mais brilhante colorido, e cada forma, cada sombra, tão completamente excede em magnificência tudo o que o europeu sempre viu em seu país de origem que ele não sabe como exprimir as suas sensações. O efeito geral frequentemente lembra as mais alegres cenas de ópera ou dos grandes teatros”.

O que existe nos trabalhos que levaram à restauração da floresta carioca remete, inicialmente, ao primeiro administrador da Floresta Nacional da Tijuca, Manuel Gomes Archer, conhecido como Major Archer.

Sobre ele há poucos dados biográficos, e o título de “major”, que antecede seu nome na literatura, é de proveniência desconhecida. Não existem registros da Guarda Nacional da província na época (Heynemann, 1995), mas sabe-se que não foi oficial do exército brasileiro (Drummond, 1988). Nasceu no Rio de Janeiro e era proprietário e morador da Fazenda

Independência, localizada no atual bairro de Guaratiba, a cerca de 80 quilômetros ao sul do centro da cidade, de onde saíram parte das mudas e sementes plantadas durante a restauração da floresta.

Não havia motivos formais para a nomeação do Major Archer para o cargo, pois não tinha formação técnica que o credenciasse. Ele reconhecia sua falta de “estudos regulares de administração publica e de sciencias naturaes” e a má direção da floresta sob seu comando (Archer, 1873), contradizendo os grandes elogios que recebia. Entretanto, era reconhecido como um praticante da silvicultura e tinha notórios conhecimentos sobre a flora local, especialmente as árvores, mesmo que não fosse um acadêmico das ciências botânicas, (Drummond, 1988; Heynemann, 1995). Por conta destes conhecimentos, o Major Archer foi nomeado, em 18 de dezembro de 1861, para o cargo de administrador da floresta e o exerceu até 1874 quando foi para as serras de Petrópolis para desenvolver trabalho semelhante, voltando à Tijuca dezesseis anos mais tarde, em 1890 (Archer, 1891).

Outro personagem associado à Floresta foi Gastão Luís Henrique d’Escragnolle, tenente coronel do exército brasileiro, residente na Tijuca Imperial, apelido dado à área da serra da Tijuca, que atestava a presença dos “novos, poderosos e ricos habitantes” no bairro (Drummond, 1988). D’Escragnolle foi sucessor do Major Archer de 1877 até 1887 e deu continuidade ao plantio de árvores. Mas, considerando que a maior parte das clareiras e áreas devastadas já haviam sido cobertas pelo plantio coordenado por Archer, concentrou seus esforços na construção de locais de lazer, novas trilhas para passeio e no paisagismo, tornando a Floresta mais atrativa para visitas e passeios.

Os administradores não tinham autonomia ou capacidade de obter recursos financeiros para a missão da Floresta da Tijuca. Era necessário um personagem político que se empenhasse em assegurar apoio e financiamento da restauração e a intenção da criação do sistema florestal brasileiro. É nesta esfera que entra Luís Pedreira do Couto Ferraz, o Visconde do Bom Retiro. Couto Ferraz, além da posição social privilegiada, era membro do Instituto Histórico e Geográfico, da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional e, o que importa diretamente, foi presidente do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura. Como político, foi presidente da província do Rio de Janeiro (1848-1853), senador, membro do Conselho de Estado, ministro do Império e amigo de Dom Pedro II (Heynemann, 1995). Nas palavras de José Augusto Drummond, as desapropriações dos terrenos privados nas encostas da Tijuca, ato necessário para o início das ações de plantio, “só saíram, portanto, a partir da interferência pessoal de um poderoso residente da Tijuca imperial, que gozava ainda da amizade pessoal do imperador” (Drummond, 1988).

Os imperadores Dom João VI e Dom Pedro II contribuíram com as primeiras providências que viriam a viabilizar a futura restauração da Floresta: respectivamente, a restrição das atividades que provocavam o desflorestamento (como a carvoaria) e a desapropriação de áreas estratégicas para os plantios.

O escritor José de Alencar também figura entre os personagens, mesmo com atuação indireta. Sua incessante produção de textos de ode e admiração à Floresta: “O sol ardente de fevereiro dourava as lindas serranias da Tijuca. Que formosa manhã!” (Alencar, 1872), além das cartas com elogios ao trabalho de sua restauração, dirigidas a escritores e artistas, como Machado de Assis, contribuíram para a aceitação popular e de apoio da nobreza, em um grande trabalho de divulgação e propaganda da restauração da Floresta da Tijuca. Sobre ela, dizia Alencar: “Viva imagem da loucura humana! Refazer à custa de anos, trabalho e dispêndio de grande cabedal, o que se destruiu em alguns dias pela cobiça de um lucro insignificante! Aquelas encostas secas e nuas, que uma plantação laboriosa vai cobrindo de plantas emprestadas, se vestiam outrora de matas virgens, de árvores seculares, cujos esqueletos carcomidos às vezes se encontram ainda escondidos em alguma grota (...)” (Alencar, 1872). Além dele, outros escritores que enviaram seus personagens à Floresta da Tijuca em ocasiões especiais incluem Machado de Assis (a lua de mel de Bentinho e Capitu em “Dom Casmurro”, 1899) e Aluísio Azevedo (o descanso de Amâncio, em “Casa de Pensão”, 1884). Assim, a Tijuca conquistava sua posição de paraíso no imaginário social carioca.

4.3.4.2. O cenário

Assim como em Portugal, a influência germânica na silvicultura e na restauração ecológica brasileiras também pode ser verificada através do relatório da comissão do Ministério da Agricultura que em 1873 representou o “Império do Brasil na Exposição Universal de Vienna”. A comissão incluía o Visconde do Bom Retiro, delegado ao Congresso Internacional dos Agrônomos e Ecônomos Florestais, descrevia o “progresso da agricultura” como um produto das bem estabelecidas escolas agrícolas, além de creditar a alguns institutos europeus parte da formação florestal da equipe: “Os institutos florestaes, quaes academias ou eschólas como as que estudamos no ano passado em Mariabrum, na capital d’Austria, e em Tharand, perto de Dresde na Allemanha (...) são o vasto theatro em que se aprende com proveito a sciencia das plantas sylvestres. Ensina-se alli a sylvicultura, pelo que convem e deixa de convir á cada espécie”, e complementa, enumerando tópicos da silvicultura e ecologia de comunidades concernentes às ciências florestais. E finaliza: “Tudo isto faz parte do cabedal instructivo que

se concede na Alemanha aos alunos da *Forstakademie*". Segundo Heynemann (1995), o exemplo do desenvolvimento da silvicultura na Alemanha seria perseguido e evocado no Brasil.

É importante perceber que a restauração da Floresta da Tijuca não foi uma iniciativa isolada, mas uma faceta de um contexto maior e mais complexo. Aspectos e episódios da sociedade e economia carioca à época justificaram o processo da Tijuca.

Parece similar a uma história recente, mas era o início do século XIX e o Rio de Janeiro estava seco, quente e devastado (Figura 2). O desflorestamento era a contrapartida negativa das fortunas formadas pelos ciclos econômicos que se sucederam— extração do pau-brasil e outras madeiras para a construção naval, habitacional e produção de carvão; plantio da cana e do café — e pela ocupação humana no território — urbanização crescente, principalmente a partir da chegada da família real portuguesa, em 1808. O abastecimento de água, fortemente dependente de rios pequenos como o Carioca, o Maracanã e o Cachoeira, e desviados por caimento para aquedutos e chafarizes públicos, começava a ser ameaçado.

A Floresta da Tijuca remanesceu apenas em suas partes mais altas e intangíveis (Bulhões, 1866). Os arredores do Corcovado se encontravam ocupados pelas lavouras cafeicultoras da elite proprietária dos terrenos da "Tijuca Imperial", mas a riqueza gerada pelos grãos cobrou o alto preço da erosão e das sucessivas secas, especialmente acentuadas nos anos de 1824, 1829, 1833 e 1844.

Os prejuízos começavam a aparecer, em oposição à grande riqueza que outrora geravam. Segundo Corrêa *et al.* (2001), citando "um documento oficial" da época, os arredores da serra eram descritos como "roças velhas, morros esgotados de húmus, cobertos de samambaias e capim gordura, completamente ravinados". Em 1843 o surgimento da "borboletinha", violenta praga que atacou os cafezais, fez despencar ainda mais o valor das propriedades e favoreceu a Coroa, que teve que desembolsar apenas "218 contos de réis para desapropriar aquela sucata fundiária" (Corrêa, 2001).

A falência das fazendas tida como decorrência dos problemas ambientais parecia também ser unânime. Sobre a colheita do café, José Agostinho Moreira Guimarães, diretor de Agricultura, Comércio e Indústria explica que "Inquestionavelmente a lavoura do café soffre de ha algum tempo uma irregularidade de colheitas que se não póde attribuir ao mal actual somente, porque ella é anterior (...). As grandes derrubadas das mattas virgens para as grandes plantações têm forçosamente alterado as relações atmosfericas desses logares, e portanto deve ter contribuido grandemente para o desenvolvimento de certas molestias dos vegetaes, assim como contribue para o das que acommettem o homem" (Guimarães, 1862).

A falta de água era tal, que o suprimento baixou a um nível estimado entre 15 e 35% da demanda total da cidade na época. Muitas fazendas foram abandonadas, ao mesmo tempo que as lavouras mais lucrativas do país deslocaram seu rastro de destruição em direção ao Vale do Paraíba (Drummond, 1988). Neste contexto o monarca interveio.

As primeiras iniciativas para a restauração no Brasil foram inauguradas ainda no ano de 1817, com as ordens reais de D. João VI para a interrupção da devastação das florestas da então capital federal, o Rio de Janeiro, nas nascentes próximas à cidade (Drummond, 1988). Outras iniciativas foram endossadas pelo Rei, como estudos para a desapropriação de áreas estratégicas em 1818, seguidas de plantios isolados de mudas nativas em áreas abandonadas e propriedades particulares entre 1845 e 1848. Como parte dos planos, contribuições mais efetivas para o início da restauração ocorreram a partir de 1853, com uma maciça ação de desapropriação influenciada e financiada pelo Visconde de Bom Retiro, então Ministro do Império.

O contexto político era favorável não apenas para a reconstrução de uma floresta na capital, mas também para a criação de instituições correlatas. Grupos políticos manifestavam, desta maneira, seus interesses e influenciavam a destinação dos recursos e das atenções da sociedade carioca. Os caminhos econômicos do novo país, ainda em suas primeiras décadas, e alguns influentes personagens tentavam promover a ideia da silvicultura como fonte de recursos, incluindo Couto Ferraz e o Major Archer. A atmosfera das discussões favoreceu a criação, na segunda metade do século XIX, do Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas (1860; Leão, 2000), dos Imperiais Institutos Fluminense de Agricultura (1860, juntamente com os imperiais Institutos de Agricultura da Bahia, Pernambuco e Sergipe; Bediaga, 2011) e da Associação Brasileira de Aclimação (1872) (Brasil, 1872) além de agregar o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, criado em 1808.

A criação das Florestas da Tijuca e das Paineiras (ambas hoje compreendidas no Parque Nacional da Tijuca) ocorreu em 1861 através da decisão de nº 577 do Ministério de Agricultura, Commercio e Obras Públicas e regulamentada na portaria de 11 de dezembro de 1861, que reproduzimos parcialmente abaixo. A portaria estabelece o plantio de mudas nativas brasileiras, produzidas em viveiros e sementeiras, em linhas (25 x 25 palmos) e a criação do cargo de administrador para cada Floresta (Brasil, 1861). A possibilidade de gratificação para escravos “da nação” que fossem engajados nesse serviço, ainda que quinze vezes menor do que a dos serventes contratados, também revelava que, para além das questões ambientais e florestais. O estatuto legal, social e laboral dos escravos estava sofrendo mudanças, especialmente perceptíveis na capital.

“Decisão 577, na sua integridade e estilo – Agricultura, Commercio e Obras Públicas. Dá instruções para o plantio e conservação das florestas da Tijuca e Paineiras. Sua magestade o Imperador ha por bem approvar as seguintes instruções provisórias para o plantio e conservação das florestas da Tijuca e Paineiras.

Art. 1º. Nos terrenos nacionaes sitos no Tijuca e Paineiras estabelecer-se-ha uma plantação regular de arvoredos do paiz.

Art. 2º. Esta plantação se fará especialmente nos claros das florestas existentes nos ditos lugares pelo systema de mudas, devendo-se estabelecer, nos pontos que forem para isso escolhidos, sementeiras ou viveiros de novas plantas.

Art. 3º. A plantação se fará em linhas rectas parallelas entre si, sendo as de uma direcção perpendiculares ás das outras. O trabalho começará nas margens das nascentes para um e outro lado, com distância de 25 palmos entre uma e outras arvores.

Art. 4º. As mudas que se empregarem não terão menos de três annos, nem mais de 15 de idade, e poderão se colligidas nos matos das Paineiras, devendo a plantação ter lugar na estação própria.

Art. 5º. Para dirigir este serviço haverá um Administrador na floresta da Tijuca e outro na das Paineiras, com vencimento mensal de 90\$000.

Art. 6º. Além destes empregados haverá um feitor em cada floresta, encarregado especialmente da plantação e escolha das mudas, com o vencimento diário de 2\$000, e tantos serventes quanto forem julgados necessarios, conforme o desenvolvimento do serviço com o vencimento tambem diário de 1\$500.

Art. 7º. O Inspector Geral das Obras Públicas poderá empregar neste serviço, como serventes, alguns dos escravos da nação que se achão à sua disposição, com a gratificação de 100 réis diarios, além do sustento e roupa”.

No mesmo cenário político, ainda ocorriam movimentos e solicitações pela criação de um Serviço Florestal brasileiro, com maior autonomia e recursos do que a conferida à Floresta Nacional, subordinada à Inspetoria de Obras Públicas. Segundo o Visconde de Bom Retiro, a Inspetoria nada poderia ter com o Serviço das Florestas, e que o elogiado trabalho de Archer poderia ter rendido o dobro caso ele tivesse “as mãos livres” (Ferraz, 1872). Os pedidos pelo fortalecimento das políticas florestais e ambientais eram enfatizados nos relatórios de atividades do Major Archer e em diversos outros relatórios ministeriais, como nos seguintes trechos de relatórios dos Ministros da Agricultura à época: “Para dar ao serviço florestal o desenvolvimento que exige, é mister desligal-o da Inspectoria de Obras Publicas (...) e incumbil-o a uma administração especial” (Barreto, 1871) e “O serviço florestal ainda não é regulado por um código que previna a devastação das nossas ricas mattas, e concorra para que, nas visinhanças das cidades, se conservem os arvoredos, em benefício dos mananciaes que alimentão o abastecimento d’água á população” (Pereira Jr., 1874).

4.3.4.3. Motivações

A primeira motivação amplamente reconhecida para dar início à restauração da Floresta da Tijuca foi a água, e sem dúvida sua escassez mobilizou a Coroa para buscar soluções. A literatura sobre o Rio de Janeiro imperial e a Floresta da Tijuca mostra como a falta de água tomou proporções alarmantes, e, como já descrito, a correlação com a devastação das matas, reconhecida há muitos séculos na Europa, fundamentou a opção por um projeto de replantio florestal.

Entretanto, como também já apontamos anteriormente, há outros aspectos pertinentes, e a água como única razão para a restauração da floresta é posta em questão por alguns registros. Em 1866 a “Comissão de Estudos para melhorar o abastecimento de água à cidade do Rio de Janeiro”, liderada Inspetor Geral de Obras Públicas, Antonio Maria de Oliveira Bulhões, publicava um relatório que colocava em dúvida se a escassez era de fato tão severa, ou se o sistema de abastecimento era precário e mal planejado. Segundo esse relatório, que contrariava cálculos realizados pela Inspeção Geral de Obras Públicas dois anos antes, as águas que passavam apenas sobre o Aqueduto da Carioca (atualmente os Arcos da Lapa), que abastecia o centro da cidade e arredores, eram fato três vezes o volume que havia sido suposto. Para outros sistemas, como o do Rio da Carioca e as fontes das Paineiras, da Serra do Andarahy Grande e o das Serras da Tijuca, as novas medições também apresentavam disparidades, sempre apontando para uma disponibilidade hídrica maior do que as obtidas nas medições anteriores. Bulhões ainda defende que “as mattas virgens desapareceram ha muito, mas os terrenos generativos das águas estão cobertos de vegetação sufficiente para abriga-las” (Bulhões, 1866). Entre os motivos para o mau serviço de captação e distribuição da água, o relatório apontava açudes e caixas de recepção de tamanho reduzido e encanamentos estreitos e mal conservados. Além disso, havia controvérsias sobre o uso das águas do Tinguá ou das matas da Tijuca para abastecimento da cidade. Os mananciais, mesmo que conservados, não dariam conta da alta média de consumo de 150 litros diários por pessoa, calculada para a população do Rio de Janeiro (Sá, 1865).

De todo modo, a escassez de água assustava o governo imperial, e de fato foi o que mais impulsionou a criação da Floresta Nacional e sua restauração. Outros fatores viriam a reforçar o projeto, como a melhora do clima e da higiene da capital, “uma cidade provinciana e insalubre” (Leão, 2000). Uma série de doenças era associada às estações quentes e chuvosas e à “atmosfera parada e sufocante” e o ambiente inóspito era relatado por muitos, por vezes ilustres, visitantes estrangeiros. Em diversas passagens encontra-se a referência ao Rio de Janeiro como “uma cidade sem árvores” (Luccock, 1942).

Outra explicação envolve a possibilidade da reconstrução da floresta ter favorecido interesses privados, o que também levanta dúvida sobre o caráter da tão aclamada atuação de Couto Ferraz pela causa ambiental. A realização dos trabalhos na Floresta, sob a forte influência do Visconde de Bom Retiro tem sido atribuída ao seu interesse pessoal (Maya, 1966; Drummond, 1988), e, possivelmente, ao da alta aristocracia carioca da “Tijuca Imperial”. Couto Ferraz, proprietário e morador do Açude da Solidão, obteve apoio na luta pelo reflorestamento em vizinhos nobres como a família Taunay, os herdeiros do Conde de Mesquita (Archer, 1891), “D. Theresa”, em cuja casa a administração da floresta realizou serviços de manutenção (Archer, 1873) e José de Alencar, na idéia da busca pelo ambiente florestal como beleza cênica e fonte de cura para diversos males. No entanto, segundo Heynemann (1995), em relação ao Visconde de Bom Retiro, “se a sua trajetória pessoal se confunde, neste momento, com a vida pública, é por representar uma visão de mundo, um projeto que associa natureza e civilização e que corresponderá também a um estilo de vida da classe senhorial que reside ou veraneia na montanha”. Pela ocasião da morte de Couto Ferraz, em 1886, seus préstimos à sociedade, suas virtudes, e sua “candida alma” (Moreira, 1886), a Revista do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura lhe fez diversas homenagens.

Também não se pode excluir a atuação de Archer junto à atmosfera política inclinada para a formação de um serviço florestal, e para a definição da silvicultura como fonte de riquezas para a nação. O plantio de árvores de lei, espécies de crescimento rápido, ou seja, a priorização da produção de madeira, como se verá abaixo, pode ser considerada uma das razões que tornaram a Floresta da Tijuca o cenário de cartão postal que conhecemos hoje.

4.3.4.4. O método

Em janeiro de 1862, menos de um mês depois de nomeado para o cargo, Archer, acompanhado de “quatro africanos livres, tres dos quaes de idade” que foram postos à disposição pelo Ministério da Agricultura, já iniciava os trabalhos de plantio (Silva, 1870). Outros 16 empregados atuaram nas primeiras tarefas, e nos anos seguintes o número de trabalhadores disponíveis variou seguidamente, com cortes feitos pela Inspetoria (16 em 1864; 19, de janeiro a setembro de 1865 e a partir daí somente sete; quatro em 1866).

As mudas, que segundo a Instrução inicial de 1861, deveriam ter entre oito e quinze anos, e entre 1,10 e 1,32 m de altura, eram arrancadas de matas vizinhas e da fazenda do major em Guaratiba, para serem transplantadas para as serras da Tijuca (Silva, 1870). Sem contar com

viveiros ou sementeiras no início do projeto, a escolha de espécies era ditadas por sua abundância e facilidade de transporte e transplante.

A ineficiência do método, atribuída às péssimas condições do solo, aos danos causados às mudas pelo arranquio e transporte de longas distâncias, preocupava o administrador. A mortalidade das árvores chegou a um quarto do total plantado em 1863 e 1865 (Silva, 1870). Em 1866, respondendo também aos cortes do pessoal, 2.999 mudas morreram, de um total de 3.120, praticamente todas.

Em 1867, Archer passou a aplicar um método que revolucionou a restauração da Tijuca e permanece em uso até hoje, ainda que ligeiramente adaptado: as mudas seriam plantadas ainda jovens com o torrão de terra que se prende às raízes, a fim de se conservarem “resguardadas das causas que determinam o definhamento” e de adquirirem “a força necessaria para resistirem as causas deletereas” (Albuquerque, 1870). Os sacos plásticos pretos e os tubetes, hoje em uso, foram precedidos por pequenos cestos feitos de bambu, ou taquara, como Archer costumava reportar. Eufórico, o administrador relata: “É com satisfação que passo a informar a V.S^a que o systema das sementeiras e viveiros vai simplificando o trabalho da floresta e dando o melhor resultado possível, pois que as mudas transplantadas, quando lançadas em bom terreno, rarissimas morrem e desenvolvem-se immediatamente conforme a natureza de seu crescimento, o que não se dava com o systema antigo, isto é, de arrancar as mudas nas matas, o que, além de morrerem quase cento por cento, aquellas que escapavão levavão tempo immenso primeiro que começasse a desenvolver-se”. A descoberta de que os cestos poderiam ser enterrados com as plantas, sem lhes causar problemas de desenvolvimento, segundo Dias (2007), foi um “avanço conseguido com a paciência de um experimentador”.

Contrariando as definições da portaria 577, Archer se opôs à ideia do plantio alinhado, de uso generalizado na silvicultura do Eucalipto. D’Escragnolle, o administrador que sucedeu a Archer, descreveu em 1875, em relatório ao Ministério da Agricultura, que “as árvores são plantadas promiscuamente e não por grupos, o que tornaria monótono o aspecto da floresta” (D’Escragnolle, 1886).

Durante o ano de 1868, Archer combatia outra dificuldade: a obtenção de sementes das espécies nativas mais apreciadas. Um dos trabalhadores foi designado para percorrer as matas de Jacarepaguá e de Guaratiba, a cada quinze dias, a fim de abastecer os estoques de sementes e passar a produzir as mudas em sementeiras e viveiros, interrompendo os arranquios das plantas e reduzindo a dependência do fornecimento de mudas por particulares (relatado em Sousa, 1870).

Em 1872, Archer organizava o trabalho em quatro partes: a aquisição de sementes de árvores de lei, o preparo de canteiros, a semeadura, e o tratamento das sementes germinadas. Havia ainda a divisão dos trabalhos nos viveiros (fabrico dos cestos de taquara, enchimento dos cestos com terra apropriada para diversas espécies, transplante das mudas das sementeiras para os cestos e tratamento das plantas nos viveiros) e nos plantios (preparo do terreno, “derruba do matto silvestre”, plantação de novas árvores, repetidas limpas, tratamento das árvores plantadas e replantio das mudas mortas) (Archer, 1872).

Grandes covas eram abertas com antecedência para que sua exposição à luz, às chuvas e aos “gases” possibilitavam uma “ação benéfica do tempo” no solo cuja qualidade fora comprometida por cultivos agrícolas anteriores. Assim, criava-se um “depósito de fertilidade que nutre a planta em seus primeiros annos, dando força as raízes para estenderem-se e procurar a nutrição que lhes é peculiar” (D’Escragnolle, 1886).

Demonstramos que algumas das técnicas utilizadas pelos portugueses há cerca de dois séculos ou mesmo desenvolvidas na Floresta Nacional, permanecem em uso na grande maioria de nossos projetos de restauração ecológica.

4.3.4.5. As espécies

Em relação às espécies utilizadas, Archer priorizou a alta diversidade e as árvores nativas. Há sete registros com tais informações feitos entre 1865 e 1890, nos arquivos da Biblioteca Nacional, Arquivo Nacional, nos relatórios do Ministério da Agricultura e uma compilação geral dos trabalhos de 1862 a 1869, publicada na Revista de Agricultura (Silva, 1870). Estas espécies estão transcritas nas listas abaixo, de acordo com o ano e nas quantidades em que foram plantadas, quando haviam. A julgar pelos nomes vulgares, as espécies utilizadas à época são semelhantes às dos projetos atuais.

- 1865. Transcrito de Freitas, 1865 – Angelim rosa (191); Araribá rosa (96); Arco de pipa (215); Bicuiba vermelha (4); Cabuy Vinhatico (15); Canella (577); Cangerana (1063); Catucanhé (1435); Cedro Rosa (26); Garapiapunha (181); Garauna (1); Imbiú (19); Ipê (3743); Jacarandá (12); Louro pardo (995); Merendiba (44); Oleo (300); Pequeá (148); Sapucaia (247); Tapinhoã (79); Ubapeba (3); Ubatam (269); Uity (25); Urucurana (1594).

- 1866. Transcrito de “Mapa demonstrativo das arvores plantadas na Floresta da Tijuca no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 1866” (Autor desconhecido). Angelim rosa (200); Arco de pipa (16); Araribá (235); Canella (6); Cangerana (291); Catucanhé (435); Cedro

Rosa (8); Garapiapunha (68); Indaguaçu (3); Ipê (549); Louro Pardo (442); Oleo (629); Sapucaia (75); Tapinhoá (55); Ubatam (38); Urucurana (78).

- 1871. Transcrito de Archer, 1871 – Angelim rosa (205); Canella Batalha (232); Ubapeba (135); Urucurana (114); Guarajuba (52); Oleo de muçutuahiba (38); Louro pardo (36); Oleo de cupahiba (36); Jacarandá (27); Sipipirauna (22); Pao ferro (11); Brasil (7); Garapiapunha (5); Cedro Rosa (3); Ipê (3); Catucanhã (2).

- 1872. Transcrito de Archer, 1872 – Eucalyptus (6 variedades); Angelim rosa; Araribá; Aroeira; Bicuhyba; Cumaru; Canella batalha; Canella limão; Cedro Rosa; Garaúna; Goiabeira cascuda; Guarajuba; Guarapiapunha; Guaretá; Imbú; Jacarandá-tan; Jequitibá; Mangaba; Pao-brazil branco.

- 1873. Transcrito de Archer, 1873 – Angelim Pedra (6); Arapoca amarella (10); Angelim rosa (34); Arco de pipa (1447); Araçaseiro do mato (2); Aroeira do sertão (1); Bacomixá (20); Catucanhê (26); Cangerana (14); Cedro Rosa (564); Canella-batalha (224); Catiuá (4); Catiuá cabeludo (11); Canella saçafrás (2); Canella sotim (1); Canella amarella (7); Eucalyptus (196); Guarajuba (1255); Garapiapunha (244); Guarabu (264); Goiabeira do mato (110); Guaraúna (10); Guaretá (5); Ipê (45); Imbiú-preto (20); Jacarandá-tam (492); Jequitibá (46); Jacuá (16); Jacarandá rosa (10); Jambo do mato (75); Louro pardo (43); Maçaranduba (1); Merendiba (18); Oleo de cupahiba (339); Oleo de jatahy (37); Oleo de becuíba (182); Oleo vermelho (19); Oleo de muçutuahiba (72); Oity (81); Páo Brazil (5); Páo mamão (19); Páo ferro (92); Peroba (2008); Pequía (4); Santa losia (27); Sapocaeiras (13); Sepipirauna (2); Umbú (4); Urucurana (392); Uguacá (4); Ubapeba miúdo (194); Ubapeba sapucaia (7); Palmeira imperial (67).

- 1874. Transcrito de Heynemann, 1995, pág. 67 – Arco de pipa; Aroeira do Paraná; Canella; Cedro roza; Garapiapunha; Guarajuba; Jacarandá roza; Louro; Pao ferro; Peroba.

- 1888. Transcrito de “Levantamento da plantação de arvores, numero de limpas, quantidade de sementeiras, aberturas de covas, confecção de cestos e outros trabalhos executados na Floresta da Tijuca no periodo de janeiro a novembro de 1888” (Autor desconhecido). Arco de pipa; Bananeira de leque; Cedro batata; Cedro Rosa; Cravo do matto; Eucalyptus; Herva doce; Louro pardo; Magnonia silvestre; Óleo vermelho; Pao pereira; Pao reis; Pimenteira do Pará; Sibipiruna; Suinã; Urucurana.

- 1890. Transcrito de Archer, 1891. Araribá (580); Canella apiarella (29); Cangerana (20); Eucalyptus (1241); Genipapo (229); Guarajuba (83); Ipê caboclo (80); Ipê tabaco (326); Jacarandá cabiúna (380); Louro pardo (844); Mirindiba (225); Oleo de copahyba (444); Oleo

pardo de copahyba (743); Oleo vermelho (40); Oleo vinhatico (43); Paineras (157); Santa Luzia (840); Vinhatico (835).

• 1862 – 1869. Retirado de Silva, 1870- Acacia; Angelim rosa; Arapoca; Araribá; Arco de pipa; Cabuy-vinhatico; Canella; Cangerana; Catiguá; Catucanhé; Cedro rosa; Eucalypto da nova hollanda; Grapiapunha; Graúna; Guarajuba; Guarubú; Imbriú; Ipê; Jacarandá; Jaqueira; Jequitibá; Jundiahiba; Lorangeira do mato; Louro pardo; Massaranduba; Milho cosido; Muriçi; Óleo de Bicuíba; Oleo de Copaíba; Pao ferro; Pequiá; Sapucaia; Sepipiruna; Tapinhoam; Ubapeba; Uity; Urucurana; Vinhatico; Xixá.

Há de se ressaltar o surgimento, nos registros, de plantios de eucaliptos no ano de 1872, dez anos após o início dos trabalhos na Tijuca. Nessa época, uma grande quantidade de reportagens e comunicados chamava a atenção sobre o *Eucalyptus globulus*, descrito em 1792 no sul da Austrália. Em artigo publicado na Revista Agrícola, Miguel Antonio da Silva, pesquisador do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura apresentava um verdadeiro tratado sobre a árvore, dissertando sobre o aprofundamento dos estudos e a aclimação da espécie em países como a França, Inglaterra, Estados Unidos, Egito, Portugal e Espanha e relatando euforicamente características como seus diversos usos medicinais, suas “dimensões colossaes”, a aplicação na construção civil entre uma infinidade de outros elogios à planta (Silva, 1874).

Em 1854, M. Ramel, diretor do Jardim Botânico de Melbourne, apresentou *Eucalyptus globulus* a Silva, que ficou “de tal sorte maravilhado” que naturalmente a espécie não demoraria a chegar no Brasil. Em um exagero que hoje causa perplexidade, o autor arremata: “As nossas mattas que vão desaparecendo ou afastando-se para longe (...) podem hoje, como por encanto, reaparecer dentro em alguns annos com o plantio em larga escala do *Eucalyptus*”.

Em 1872, o major Archer recebeu de Ramel, em relação intermediada pelo Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, um pacote sortido de sementes de eucalipto. A despeito da euforia que até D. Pedro II manifestou em relação ao eucalipto, o Major determinou sua plantação apenas nas partes baixas da serra da Tijuca, onde considerou que a maior umidade era mais apropriada para o crescimento acelerado das árvores.

A jaqueira, outra espécie exótica amplamente relatada na literatura como parte dos plantios (Drummond, 1988; Freitas *et al.*, 2006), foi registrada apenas no artigo de Silva (1870), sem ser mencionada em nenhum dos relatórios do Major Archer. É possível que, ao contrário dos relatos citados, a espécie tenha se alastrado não pelos plantios promovidos pela administração da Floresta, mas pelos próprios trabalhadores, cidadãos e dispersa por animais. Apesar de até hoje causar transtornos para a conservação das espécies nativas em todo o Rio de

Janeiro, não foram encontrados indícios de que a própria administração da Floresta Nacional da Tijuca ordenou seu plantio como um método de restauração.

4.3.4.6. As influências

Embora poucas iniciativas para a restauração no Brasil sejam tão conhecidas como a da Floresta da Tijuca, outros projetos foram desenvolvidos subsequentemente. O próprio Archer, após afastar-se da administração da Floresta, realizou trabalho semelhante na serra de Petrópolis (Cezar & Oliveira, 1992). O Parque Nacional de Itatiaia, primeira área protegida com o status de Parque Nacional criada no Brasil, teve boa parte de suas matas recompostas em 1954, inicialmente por preocupações com a cobertura vegetal, já que priorizou espécies arbóreas de crescimento rápido (Rodrigues *et al.*, 2009).

Natural seria esperar que a atuação de Archer na Floresta da Tijuca fosse aumentar o entendimento sobre a restauração, e inspirar iniciativas em outros lugares do país. Em São Paulo, por exemplo, na Usina Ester, na cidade de Cosmópolis, aproximadamente 20 hectares de plantações de cana foram restaurados com espécies nativas e exóticas, “resultando numa exuberante floresta meio século depois” (Durigan & Melo, 2011). Esta expectativa já era tida por Couto Ferraz durante a restauração da Floresta da Tijuca. Em artigo de 1873 dizia que “os resultados obtidos na corte hão de em pouco tempo ser seguidos de outros, nas províncias, em cujas capitães, convém que desde logo se comece a criação de semelhantes florestas, recommendando-se tão importante assumpto aos presidentes e auxiliando-se o governo com os precisos meios” (Ferraz, 1872).

Os “meios”, além da tão requisitada formalização do serviço florestal, eram a formação de profissionais nas ciências naturais. A luta pela criação de escolas agrícolas e institutos de pesquisa também vinha a público através de artigos de opinião ou relatórios técnicos. Para seus defensores, “não basta, porem, a simples fundação d’esses estabelecimentos de criação vegetal, o plantio e cultivo material sem attenção ás regras scientificas, sem a direcção systematica dada aos trabalhos; cumpre alliar á pratica e a experiencia o conhecimento technico, a educação scientifica dada aos cultivadores. D’ahi decorre a necessidade (...) da criação de instituto de ensino florestal, modeladas (...) nos paizes europeos, onde os cultivadores bebessem os conhecimentos technicos, rudimentos de botanica, sua applicação pratica e a arte da silvicultura – institutos, d’onde saissem com uma orientação mais ou menos perfeita dos principios cientificos que regem o plantio, a cultura, a classificação das arvores, e dos processos” (Archer, 1891).

Desta forma, foi criada a Escola Agrícola de Juiz de Fora em 1869, cuja intenção era que se ensinasse gratuitamente os métodos aperfeiçoados de lavoura e da criação de animais domésticos (Barretto, 1874). Apesar de seu precoce fracasso, a criação da escola sinalizava a expansão e difusão das práticas e teorias associadas ao cultivo agrícola e à silvicultura. Objetivo semelhante pode ser visto na introdução dos cursos de química analítica e de biologia industrial na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, fundada em 1874 (Heynemann, 1995). A abertura dos cursos ocorreu de fato em 1878, incluindo o ensino de “agricultura em geral e com aplicação no Brasil; conservação das matas e corte de madeiras (...)”.

De acordo com Dias (2007), a Tijuca foi a primeira grande escola prática da silvicultura no país, que hoje, devido aos resultados de longo prazo associados à intervenção do homem, enxergamos como tendo originado a restauração ecológica no país. No começo do século XX, ambas, silvicultura e restauração, pareciam ter se dissociado para sempre, uma moldada sob a ótica da produtividade e do lucro das madeiras, e outra de forma a proteger recursos naturais considerados úteis e, posteriormente, conservar a biodiversidade. No entanto, o objetivo de produção de madeira em florestas replantadas se estendeu à I Conferência Brasileira de Proteção à Natureza, em 1934 e, pelo menos, até a fundação do IBDF nos anos 1960. Ainda hoje, na prática, as duas atividades frequentemente se associam e se confundem.

4.4. Conclusões

Sugerimos, com este capítulo, que as técnicas utilizadas nos primórdios da restauração no Brasil encontram raízes na restauração praticada na Floresta da Tijuca há cerca de 150 anos continuam sendo reproduzidas. Nos projetos de restauração ecológica atuais também é possível reconhecer técnicas desenvolvidas em países europeus ainda em séculos anteriores, embora não seja possível, através dos documentos analisados, atestar as transferências diretas ou indiretas destes conhecimentos para o Brasil na época. Além disso, as bibliografias e os registros históricos de restauração ecológica realizada em ecossistemas não-florestais também descrevem o plantio de árvores. Como nos dias de hoje, projetos antigos não mencionam espécies vegetais não-arbóreas nos documentos encontrados, o que reforça que a Ditação da Floresta é uma prática antiga.

FIGURAS

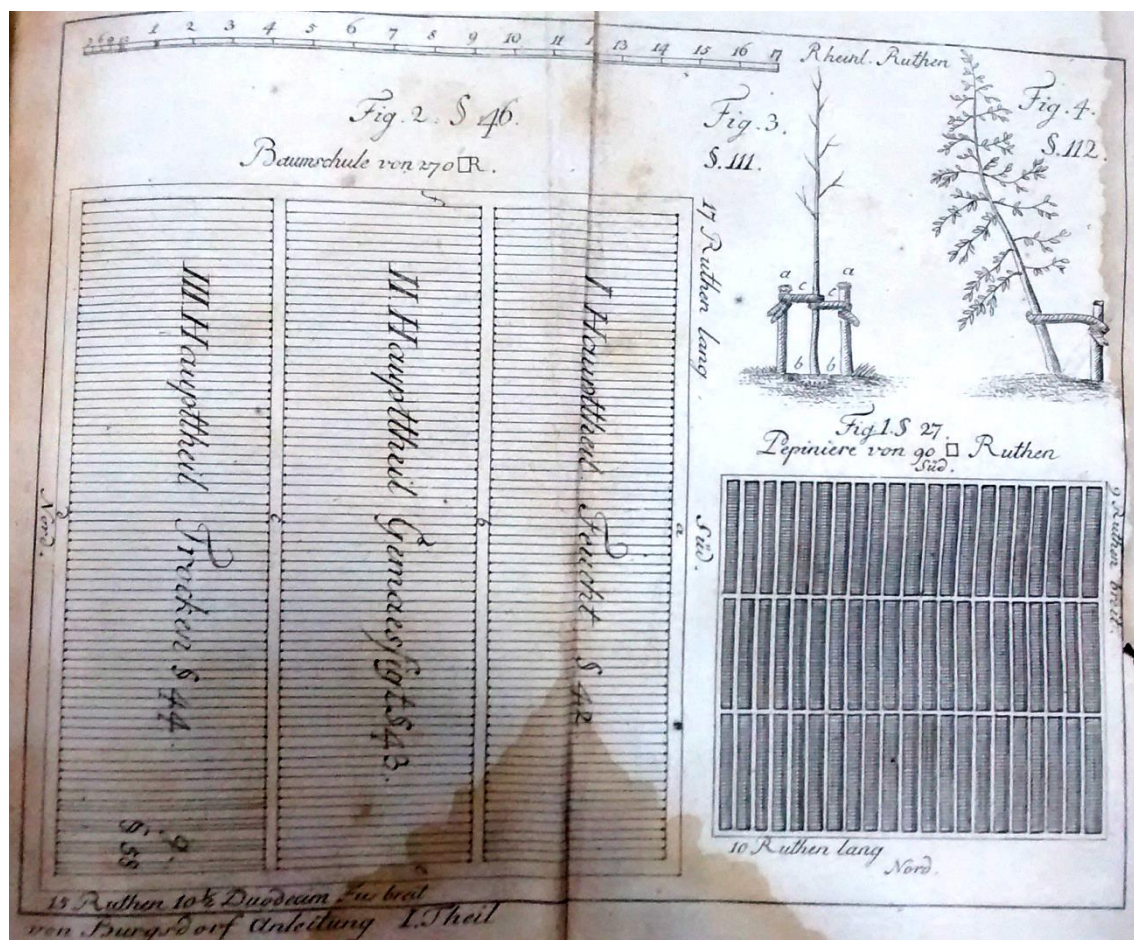


Figura 1: Esquemas de plantio em linhas e a técnica do tutoramento, no Manual de Silvicultura de Burgsdorff utilizados ainda hoje nos projetos de plantio total. Reproduzido de Burgsdorff, 1796.

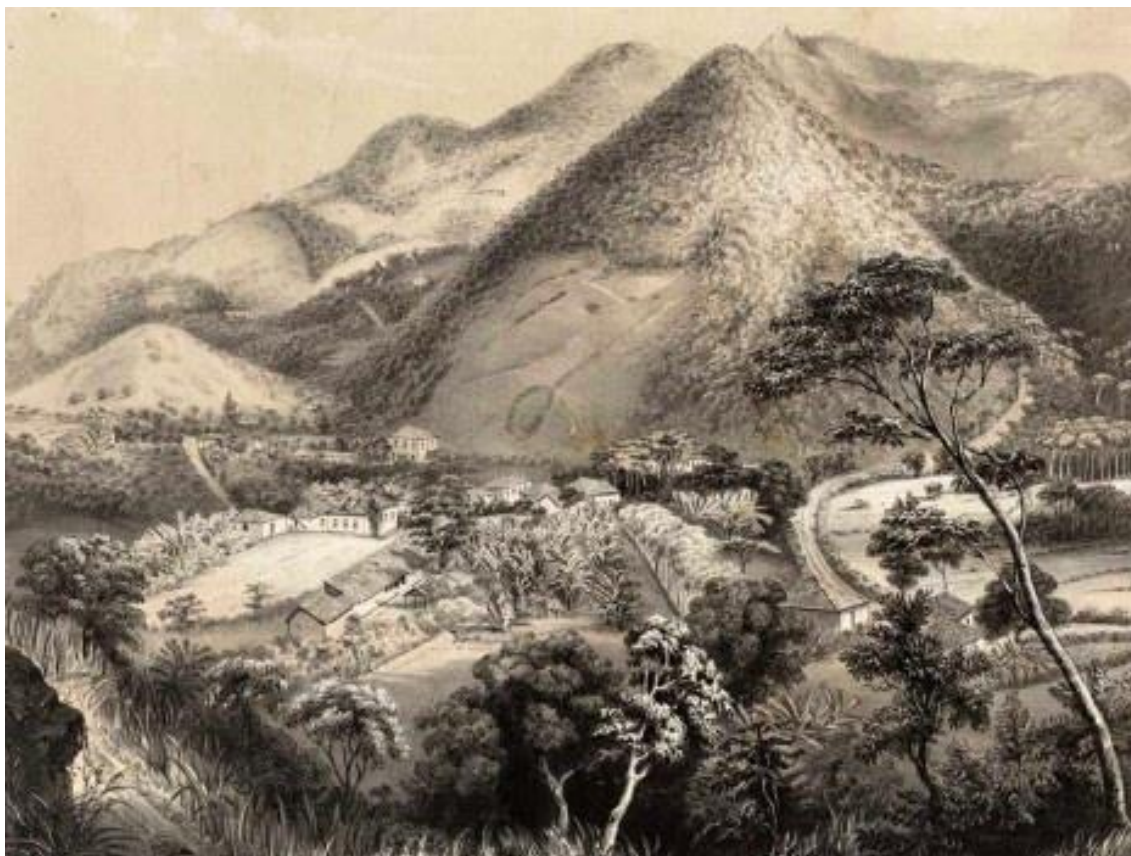


Figura 2: “Serra da Tijuca, Bella Vista”. Litografia de Alfred Martinet (1849), mostrando as encostas desmatadas e os remanescentes florestais nas áreas não alcançadas pela agricultura (Fundação Biblioteca Nacional).

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, D. V. C. 1870. Silvicultura. *In: Relatório dos negócios da Agricultura, commercio e obras publicas*. Anexo W. Typographya Universal de E. & H. Laemmert. Rio de Janeiro.
- Alencar, J. 1872. Sonhos D'oro. Disponível em <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/bv000141.pdf>. Acessado em 08/07/2015.
- Allen, T. F. H. & Hoekstra, T. W. 1992. Restoration: simplified management and a test of theory. *In: Toward a unified ecology*. Columbia University Press, Nova Iorque. 265-268p.
- Archer, M. G. 1871. Arrolamento dos serviços realizados na Floresta da Tijuca durante maio de 1871. Manuscrito disponível no Arquivo Nacional, Rio de Janeiro. BR NA, Rio TA.0.0.050.
- Archer, M. G. 1872. Serviço Florestal da Tijuca. *In: Relatório dos negócios da Agricultura, commercio e obras publicas*. Anexo W. Typographya Commercial. Rio de Janeiro. Disponível em <http://brazil.crl.edu/bsd/bsd/u1959/000709.html>. Acessado em 19/03/2015.
- Archer, M. G. 1873. Relação dos trabalhos executados no mes de fevereiro de 1873 na conservação dos caminhos do Alto da Cascatinha até a Floresta da Tijuca. Manuscrito disponível no Arquivo Nacional, Rio de Janeiro. BR NA, Rio TA.0.0.112.
- Archer, M. G. 1873b. Relatório do administrador da Floresta Nacional da Tijuca. Disponível em <http://brazil.crl.edu/bsd/bsd/u1960/001072.html>.
- Archer, M. G. 1891. Relatório dos trabalhos executados na Floresta Nacional da Tijuca de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 1890. Disponível na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro. Manuscritos, II-35, 04, 025.
- Azevedo, J. A. 1873. Eucalyptus globulus. Sua utilidade e cultura. *Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura* 18:51-54
- Barreto, F. R. B. 1871. Relatório do anno de 1871 do Ministerio da Agricultura, Commercio e Obras Publicas. Disponível em <http://brazil.crl.edu/bsd/bsd/u1957/000001.html>. Acessado em 19/12/2015.
- Barretto, R. M. 1874. Escola agrícola em Juiz de Fora. Relatório do anno de 1874 do Ministerio da Agricultura, Commercio e Obras Publicas. Disponível em <http://brazil.crl.edu/bsd/bsd/u1960/000001.html>. Acessado em 19/12/2015.
- Bediaga, B. E. H. 2011. Marcado pela própria natureza: o Imperial Instituto Fluminense de Agricultura e as ciências agrícolas (1860-1891). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas* 6:629-629

- Bellotto, A.; Gandolfi, S. & Rodrigues, R. R. 2009. Fase 1: Restauração fundamentada no plantio de árvores, sem critérios ecológicos para a escolha e combinação das espécies. Rodrigues, R. R.; Brancalion, P. H. S.; Isernhagen, I. (orgs.). *In: Pacto para a restauração da Mata Atlântica. Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. Instituto BioAtlântica. São Paulo. 15-17pp.
- Brasil, 1861. Portaria nº 577, do Ministério da Agricultura, Commercio e Obras Públicas de 11 de dezembro de 1861. Dá instruções para o plantio e conservação das florestas da Tijuca e Paineiras. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/34948311/Ato-de-criacao-da-Primeira-Area-Protegida-no-Brasil-1861-Act-of-the-first-Brazil-s-Protected-Area-1861#scribd>. Acessado em 19/12/2015.
- Brasil. 1872. Decreto nº 5.136 de 13 de novembro de 1872. Concede á Associação Brasileira de Acclimação autorização para funcionar, e a aprovação dos seus estatutos. Disponível em <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=61061&norma=76939>, acessado em 01/07/2015.
- Burgsdorff, F. A. L. V. 1788-96. *Forsthandbuch. Allgemeiner theoretisch-praktischer Lehrbegriff sämtlicher Försterwissenschaften*. 2 volumes. Ed. Verfasser [editado pelo autor]. Berlim.
- Bulhões, A. M. O. 1866. Considerações sobre o abastecimento d'aguas da cidade do Rio de Janeiro. *In: Relatorio dos negocios da Agricultura, Commercio e Obras Publicas*. Anexo P. Rio de Janeiro.
- Cezar, P. B & Oliveira, R. R. 1992. Reconstruindo a floresta e os problemas do futuro. Cezar, P. B & Oliveira, R. R. (orgs.). *In: A Floresta da Tijuca e a cidade do Rio de Janeiro*. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 37-52 pp.
- Corlett, R. T. 1999. Environmental forestry in Hong Kong: 1871-1997. *Forest Ecology and Management* 116: 93-105
- Corrêa, M. S.; Martinelli, G. & Menezes, P. C. 2001. *Parque Nacional de Tijuca: 140 Anos de Reconstrução de uma Floresta*. Editora Ouro Sobre Azul. Rio de Janeiro.
- D'Escragnolle, G. H. 1886. Informações acerca do serviço da floresta nacional da Tijuca. Disponível no Arquivo Nacional, Rio de Janeiro. BR AN, RIO TA.0.0.185.
- Dias, C. R. S. 2007. Geografia Histórica ambiental: uma geografia das matas brasileiras. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense. Niterói – RJ.
- Dobson, A. P.; Bradshaw, A. D. & Baker, A. J. M. 1997. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology. *Science* 277:515–522

Durigan, G. & Melo, C. G. 2011. An overview of public policies and research on ecological restoration in the state of São Paulo, Brazil. *In: Biodiversity Conservation in the Americas: Lessons and Policy Recommendation*. Figueroa, E. B. (Ed.) Editorial FEN, Universidad de Chile. Santiago.

Drummond, J. A. 1988. O Jardim Dentro da Máquina. *Estudos Históricos* 1:276–298

Ferraz, L. P. C. 1872. Carta ao Imperador Pedro II. Disponível no Arquivo do Museu Imperial de Petrópolis, Petrópolis – RJ. Maço 164, documento 7585.

Fischer, A. & Fischer, H. 2012. *Restoration of Temperate Forests: An European Approach*, in *Restoration Ecology: The New Frontier*. Van Andel, J. & Aronson, J. (eds.). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.

Freitas, F. J. 1866. Mappa demonstrativo das arvores plantadas na Floresta da Tijuca desde o 1º de janeiro até 31 de Outubro de 1865. *In: Relatório apresentado a assembléa geral legislativa na quarta sessão da decima segunda legislatura pelo ministro e secretario de estado dos negócios da agricultura, commercio e obras publicas*. Anexo O. Pág. 43. Tipographya Perseverança. Rio de Janeiro. Disponível em <http://brazil.crl.edu/bsd/bsd/u1950/000370.html>. Acessado em 21/12/2015.

Freitas, S. R.; Neves, C. L. & Chernicharo, P. Tijuca National Park: two pionering restorationist initiatives in Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 66:975-982

Guimarães, J. A. M. 1862. Cultura do Café. *In: Relatório apresentado ao Ilum. e exm. Sr. general Pedro de Alcântara Bellegarde do Conselho de S. M. o imperador ministro e secretario de estado dos negócios da agricultura, commercio e obras publicas*. 11-13 pp.
<http://brazil.crl.edu/bsd/bsd/u1943/000059.html>. Acessado em 19/12/2015.

Heynemann, C. 1995. *Floresta da Tijuca Natureza e Civilização no Rio de Janeiro – século XIX*. Coleção Biblioteca Carioca. Secretaria Municipal de Cultura.

Hobbs, R 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4:93-110

Jordan, W. & Lubick, G. M. 2011. *Making Nature Whole. A history of ecological restoration*. Aronson, J.; Holl, K. D.; Falk, D. A.; & Palmer, M. A. (Eds.). Island Press, Washington DC.

Leão, R. M. 2000. A floresta e o homem. Editora USP. IPEF. São Paulo.

Levantamento da plantação de arvores, numero de limpas, quantidade de sementeiras, aberturas de covas, confecção de cestos e outros trabalhos executados na Floresta da Tijuca no periodo de janeiro a novembro de 1888. Disponível em http://imagem.arquivonacional.gov.br/sian/arquivos/1091328_11458.pdf. Acessado em 01/03/2016.

Luccock, J. 1942. Notas sôbre o Rio-de-Janeiro e partes meridionais do Brasil: tomadas durante uma estada de dez anos nesse país, de 1808 a 1818. Livraria Martins. São Paulo.

Mapa demonstrativo das arvores plantadas na Floresta da Tijuca no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 1866. Disponível em http://imagem.arquivonacional.gov.br/sian/arquivos/1091158_11291.pdf. Acessado em 01/03/2016.

Maya, B. O. C. 1966. *A Floresta da Tijuca*. Edições Bloch. Rio de Janeiro.

Moreira, N. J. 1886. O Visconde de Bom Retiro. *Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura* 17:121-122

Oliveira, R. E. & Engel, V. L. 2011. A Restauração ecológica em destaque: Um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. *Oecologia Australis* 15:303-315

Oudinot, R. 1800. Memória sobre a restauração das matas de Portugal. Disponível na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro. Manuscritos, I-47, 35, 1.

Pádua, J. A. 2002. *Um sopro de destruição: Pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista, 1786-1888*. Editora Jorge Zahar. Rio de Janeiro.

Pausas, J. G.; Bladé, C.; Valdecantos, A.; Seva, J. P.; Fuentes, D.; Alloza, J. A.; Vilagrosa, A.; Bautista, S.; Cortina, J. & Vallejo, R. 2004. Pines and oaks in the restoration of mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice — a review. *Plant Ecology* 171:209-220

Pereira Jr., J. F. C. 1874. Florestas. *Relatorio dos negocios da Agricultura, commercio e obras publicas*. Typographia Americana. Rio de Janeiro. Pág. 231.

Rodrigues, R. R. & Gandolfi, S. 2004. Conceitos, Tendências e Ações para a Recuperação de Florestas Ciliares. In: *Rodrigues, R. R.; Leitão-Filho, H. F. (orgs.). Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. 3ª edição. EDUSP. São Paulo. 235-247.

Rodrigues, R. R.; Lima, R. A. F.; Gandolfi, S. & Nave, A. G.. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142:1242–1251

Sá, J. M. O. 1865. Abastecimento d'agua. In: *Relatorio da repartição dos negocios d'Agricultura, commercio e obras publicas*. Anexo R Typographia Universal de Laemmert. Rio de Janeiro.

- Silva, J. B. A. 1815. Memoria sobre a necessidade e utilidades do plantio de novos bosques em Portugal. Academia das Ciências de Lisboa. Lisboa. Disponível em Biblioteca Nacional. Manuscritos, I-47, 34, 19.
- Silva, M. A. 1870. Silvicultura Brasileira: trabalhos da Floresta Nacional da Tijuca. *Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura* 5:29-33
- Silva, M. A. 1874. Eucalyptus Globulus. Sua descoberta e Introdução. *Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura* 5:11-47
- Sousa, A. J. 1870. Ofício de Antonio José de Sousa a Manuel Gomes Archer, remetendo vagens de semente de pau-de-ferro, vindas de Campos, para serem plantadas na Floresta da Tijuca. Disponível no Arquivo Nacional, Rio de Janeiro. BR AN, Rio TA.0.0.034.
- Vallejo, R. Restoring mediterranean forests. 2005. Mansourian, S. & Vallauri, D. (orgs.). *In: Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*. Springer. New York.
- Young, T. P.; Petersen, D. A. & Clary, J. J. 2005. The ecology of restoration: Historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters* 8:662–673
- Zhang, H.; Zhuang, X.; & Chu, L. M. 2013. Plant recruitment in early development stages on rehabilitated quarries in Hong Kong. *Restoration Ecology* 21:166-173

Considerações Finais da Tese

No capítulo 1 verificamos que existe um amplo arcabouço teórico que pode dar suporte à restauração ecológica, mas que é apenas parcialmente utilizado. As ações de restauração não de valem plenamente de teorias e estudos experimentais que poderiam contribuir para a adequação dos métodos aos diferentes ecossistemas, em seu planejamento. Neste sentido, avanços da ciência no campo teórico da restauração ficam distanciados das práticas, aquém de sua contribuição potencial para preservação de paisagens, funções e serviços ecossistêmicos e da diversidade biológica.

No capítulo 2 demonstramos que a ditadura da floresta se manifesta no arcabouço jurídico relativo à restauração no Brasil, que resulta em indução do plantio de árvores, com destaque para instrumentos legais recentes no estado de São Paulo. Além disso, explicitamos que a diversidade de termos e falta de um padrão terminológico e conceitual podem dificultar a comunicação entre instituições e, conseqüentemente, contribuem para manter métodos nem sempre adequados de restauração, dentre os quais ressaltamos o plantio de árvores em ecossistemas não florestais.

No capítulo 3 evidenciamos que as técnicas de restauração, mesmo em biomas não florestais, têm sido totalmente baseadas nas regras da silvicultura, resultando em ecossistemas muito diferentes dos que existiam anteriormente, modificando a paisagem e comprometendo a biodiversidade local. Métodos, tanto os utilizados propriamente para a restauração das áreas, quanto os aplicados para verificação de sucesso e determinação de indicadores de monitoramento, priorizam as árvores em detrimento a outros organismos, favorecendo a formação e/ou expansão das florestas sobre campos e cerrados. Sugerimos que há forças motrizes de ordem econômica, histórica e legal para isto e que precisam ser reconhecidas e confrontadas.

No capítulo 4 resgatamos o histórico das plantações florestais no mundo, mas não encontramos precedentes de restauração de vegetações não-florestais. Hipotetizamos que esta tradição pode ser uma das explicações para a ditadura da floresta, pela repetição, pela ausência de pensamento crítico sobre técnicas há muito desenvolvidas e pela conveniência em se propagar o que há de pronto e consolidado.

Esta pesquisa conclui que apesar da restauração ecológica crescer em importância na sociedade brasileira e ter metas audazes em acordos ambientais internacionais, a prática pode estar comprometendo a biodiversidade em alguns ecossistemas campestres e savânicos por

conta da consagração e disseminação do plantio total entre restauradores. De forma a subsidiar novas políticas para a restauração, apontamos aspectos que podem ser aprimorados em diferentes instituições:

1. É possível que existam lacunas na formação dos profissionais da área ambiental principalmente no nível superior. A restauração ecológica, bem como as características próprias dos diferentes biomas brasileiros, parecem não ser apresentadas aos estudantes universitários nos cursos correlatos.

2. É válido analisar os arranjos políticos da elaboração de leis, normas técnicas e instruções normativas relacionadas à restauração ecológica. Não é conveniente que interesses econômicos privados direcionem este processo. O balisamento científico também é imprescindível na formulação destes requisitos legais e por isso sugerimos uma maior e mais efetiva proximidade institucional em diferentes instâncias e eventos, valorizando os biomas menos conhecidos.

3. É necessário ampliar o fomento e as pesquisas científicas em todos os ecossistemas, mas em especial para a ecologia e a biodiversidade de campos e cerrados, além da produção de sementes de gramíneas e arbustos nativos em larga escala. A utilização de instrumentos “não convencionais” como os animais pastadores, o fogo, as árvores exóticas e a introdução de fauna também deve ser alvo de estudos adicionais.