



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

AVALIAÇÃO DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS EM RESTAURAÇÃO NO  
CORREDOR ECOLÓGICO DA FAZENDA ROSANELA, PONTAL DO  
PARANAPANEMA, SP, POR MEIO DE LEVANTAMENTO DE CAMPO E LIDAR

Por

RAPHAELA CANTARINO RIBEIRO

NAZARÉ PAULISTA, 2017



## **ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS EM RESTAURAÇÃO NO  
CORREDOR ECOLÓGICO DA FAZENDA ROSANELA, PONTAL DO  
PARANAPANEMA, SP, POR MEIO DE LEVANTAMENTO DE CAMPO E LIDAR**

Por

**RAPHAELA CANTARINO RIBEIRO**

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO**

**PROF. DR. LAURY CULLEN JUNIOR**

**PROF. DR. ALEXANDRE UEZU**

**PROF. DRA. GISELDA DURIGAN**

**TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO  
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

### **Ficha Catalográfica**

Cantarino Ribeiro, Raphaela

Avaliação de áreas em processo de restauração no Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela, Pontal do Paranapanema, SP, 2017. 84 pp.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas

1. Ecologia da Restauração
  2. Avaliação e Monitoramento
  3. Indicadores
- I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

### **BANCA EXAMINADORA**

NAZARÉ PAULISTA, 07 de agosto de 2017

---

Prof. Dr. Laury Cullen Junior

---

Prof. Dr. Alexandre Uezu

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giselda Durigan

Dedicado à minha família, meus maiores incentivadores.

## AGRADECIMENTOS

O caminho percorrido até a conclusão deste trabalho não foi fácil, mas o aprendizado foi gratificante. Por isso, agradeço a todos que me ajudaram e estiveram ao meu lado neste momento!

Agradeço primeiramente a Deus por todas as oportunidades de crescimento pessoal e profissional e realizações.

Aos meus amados pais, Solange e Gilmar, e meu irmão Igor por toda dedicação, amor e compreensão. Sem o seu apoio, jamais teria conseguido concluir essa jornada.

À minha querida amiga Mariana, quem me deu O empurrão para eu dar início a essa caminhada em busca do conhecimento. Obrigada por tornar São Paulo uma cidade mais leve de se viver e por me ajudar em tantos outros momentos da vida.

Ao meu companheiro Mauro Rufato, pelo amor, parceria e carinho, por estar sempre presente, tornando esta jornada mais leve e divertida, e por me incentivar e ajudar sempre que possível.

Aos meus orientadores, por tantos ensinamentos, dedicação e confiança. Ao Dr. Alexandre Uezu por todo o auxílio com a parte estatística. Ao Dr. Laury Cullen, por toda dedicação, sabedoria e palavras de incentivo. À Dra. Giselda Durigan, por ter disponibilizado seu tempo para ensinar a técnica de avaliação e monitoramento da SMA 32 e pelas ricas contribuições que fez ao longo do trabalho. Ao Dr. Carlos Eduardo Cerri por tantos ensinamentos e contribuições para a construção deste trabalho.m

À ESCAS por proporcionar a experiência do Mestrado Profissional e ao IPÊ por ter me possibilitado conhecer um pouco do belíssimo trabalho que desenvolvem pelo Brasil.

Aos meus queridos colegas de turma, em especial ao Vitor, Anália, Nat e Marina que viveram comigo essa aventura. Levo todos no coração e agradeço cada minuto que compartilhamos.

À equipe do IPÊ do Pontal do Paranapanema, foram essenciais para concluirmos o trabalho de campo.

Ao Grupo CTG por terem investido no projeto “Desenvolvimento de Tecnologias para Valoração de Serviços Ecossistêmicos e do Capital Natural em Programas de Meio Ambiente” e disponibilizado as bolsas de estudo para os alunos de mestrado.

Ao Parque Estadual Morro do Diabo por viabilizar a hospedagem.

Ao proprietário da Fazenda Rosanela, por disponibilizar a área de estudo.

Ao LAMEROA, pessoas queridas com quem eu trabalho obrigada pelo apoio e compreensão.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, muito obrigada!

# SUMÁRIO

## Conteúdo

AGRADECIMENTOS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	5
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	11
1.1. Área de Estudo .....	16
1.2. Referências .....	21
CAPÍTULO 01 .....	27
Avaliação do sucesso do Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela, Pontal do Paranapanema, SP segundo os critérios estabelecidos pela Resolução SMA 32 ..	27
1.INTRODUÇÃO .....	27
2.OBJETIVOS .....	29
3.MATERIAL E MÉTODO.....	30
<b>(1) Cobertura do solo com vegetação nativa.....</b>	<b>32</b>
<b>(2) Densidade de indivíduos nativos regenerantes.....</b>	<b>33</b>
<b>(3) Número de espécies nativas regenerantes .....</b>	<b>34</b>
4.RESULTADOS .....	36
5.DISSCUSSÃO .....	39
6.CONCLUSÃO.....	43
7.REFERÊNCIAS .....	44
CAPÍTULO 02 .....	47
Influência de fatores edáficos, distância de fragmento fonte e fatores de perturbações sobre o sucesso da restauração no corredor ecológico .....	47
1.INTRODUÇÃO .....	47
2.OBJETIVOS .....	50
3.MATERIAL E MÉTODOS .....	51
4.RESULTADOS .....	56
5.DISSCUSSÃO .....	70
6.CONCLUSÕES .....	73
7.REFERÊNCIAS .....	74
ANEXO A .....	76
LISTA DE ESPÉCIES REGENERANTES.....	76

ANEXO B .....	79
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO.....	79
ANEXO C .....	81
RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO .....	81
ANEXO D .....	83
RESULTADOS DA ANÁLISE FÍSICA DO SOLO .....	83
ANEXO E .....	85
RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DOS FATORES DE DEGRADAÇÃO .....	85

## LISTA DE TABELAS

### Tabela

página

Tabela 1. Valores intermediários de referência para monitoramento dos projetos de restauração ecológica para o tipo Florestal Estacional. Fonte: São Paulo, 2014. ....	35
Tabela 2. Resultados dos indicadores de monitoramento do corredor ecológico do Pontal do Paranapanema, SP. Legenda: VR= Valor de Referência, VO= Valor Obtido, DP = Desvio Padrão, CV = Coeficiente de Variação, IC= Intervalo de Confiança, Julgam.= Julgamento, Adeq= Adequado, Min= Mínimo.....	38
Tabela 3. Parâmetros analisados no solo coletado.....	52
Tabela 4. Variáveis edáficas e da paisagem para os quinze modelos de regressão linear propostos para o índice de cobertura do solo por vegetação nativa, o índice de densidade de espécies nativas regenerantes, o número de espécies nativas regenerantes, o número de espécies zoocóricas nativas regenerantes e o número de espécies autocóricas nativas regenerantes. x1= PC1 dos dados físicos do solo; x2= PC1 dos dados químicos do solo; x3= Distância euclidiana da parcela em relação ao Parque Estadual Morro do Diabo. Pontal do Paranapanema, SP.....	55
Tabela 5. Melhores modelos de regressão na explicação das variações no Número de Espécies nativas Regenerantes (NER), Densidade de Indivíduos nativos Regenerantes (DIR), Percentual de Cobertura do solo (PC), Número de Espécies zoocóricas nativas Regenerantes (NER ZOOCORICA) e Número de Espécies autocóricas nativas Regenerantes nas áreas amostradas no corredor ecológico do Pontal do Paranapanema, SP, usando o Akaike's information criteria. As colunas representam: var – variáveis analisadas (x1= PC1 dos dados físicos do solo; x2= PC1 dos dados químicos do solo; x3= Distância euclidiana da parcela em relação ao Parque Estadual Morro do Diabo; x4= Altura média de dossel); n – n amostral; aicc – estimativa da distância relativa ao modelo "real"; $\Delta_i$ AIC – diferença relativa ao menor valor de aic; peso – chance do modelo ser selecionado (w AIC); Razão de evidência – razão relativa ao maior valor de w AIC.....	63
Tabela 6. Importância relativa das variáveis independentes para os quinze modelos propostos: soma dos w AIC (chance do modelo ser selecionado, que varia de 0 a 1) de todos os modelos em que uma determinada variável estava presente. Os valores mais altos expressam maior importância da variável. Para cada variável estão destacados em negrito os resultados mais elevados. As colunas representam: PC – percentual de cobertura do solo por vegetação nativa; DIR – densidade de indivíduos regenerantes; NER – número de espécies regenerantes; NER ZOOCORICA – número de espécies zoocóricas. Pontal do Paranapanema, SP.....	64

Tabela 7. Correlações de Pearson entre as variáveis explicativas (Argila com dispersante, Silte, Areia grossa (AG), Areia Total (AT), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentagem de Saturação por Bases (V%) e Distância Euclidiana (Dist.Eucli) e as variáveis resposta (Cobertura do solo por vegetação nativa (PC), Número de espécies regenerantes (NER), Densidade de indivíduos regenerantes (DIR) e Altura média de Dossel).....	65
Tabela 8. Espécies regenerantes identificadas. P = pioneira ou secundária inicial, NP = secundária tardia ou clímax. Em negrito são as espécies que não constam na lista de espécies plantadas. ....	76
Tabela 9. Resultados encontrados da análise química do solo para cada parcela amostral. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo. ....	81
Tabela 10. Resultados encontrados da análise química do solo para cada parcela amostral. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo. ....	83
Tabela 11. Fatores externos que podem comprometer o sucesso da restauração. Dados coletados nos polígonos com plantio no ano de 2011 e 2012, no corredor ecológico da Fazenda Rosanela. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo.....	85

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>página</u>
Figura 1. Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela conectando as Unidades de Conservação Estação Ecológica do Mico Leão Preto ao Parque Estadual Morro do Diabo. O corredor está localizado na região do Pontal do Paranapanema, extremo oeste de São Paulo. Em destaque colorido no mapa está o trecho estudado. ....	18
Figura 2. A esquerda, como era a paisagem próximo ao Parque Estadual Morro do Diabo. A direita, trecho do Corredor Ecológico plantado em 2011, às margens do rio Paranapanema. Fonte: Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2016. ....	19
Figura 3. Pontos centrais das parcelas amostrais do plantio do ano de 2011. ....	31
Figura 4. Pontos centrais das parcelas amostrais do plantio do ano de 2012. ....	32
Figura 5. Levantamento da cobertura do solo com vegetação nativa. Fonte: (SMA, 2014). ....	33
Figura 6. Levantamento da densidade de indivíduos nativos regenerantes. Fonte: (SMA, 2014). ....	34
Figura 7. Levantamento do número de espécies nativas regenerantes. Fonte: (SMA, 2014). ....	34
Figura 8. Imagens das atividades de campo: A. Medindo um indivíduo regenerante. B. Verificação do número de indivíduos regenerantes na parcela. C. Pré-identificação da espécie/morfoespécie. D. Prensagem dos indivíduos regenerantes. ....	36
Figura 9. Cobertura do solo por vegetação nativa (A), densidade de indivíduos nativos regenerantes (B) e número de espécies nativas regenerantes por parcela (C), em unidades amostrais com plantio realizado em 2011 e em 2012. Boxplot entre os valores médios obtidos para cada ano de plantio.....	37
Figura 10. Figuras A e C representam os melhores resultados para os anos de plantio 2011 e 2012, respectivamente. As figuras B e D representam os piores resultados para os anos de plantio 2011 e 2012, respectivamente. ....	40
Figura 11. Parcela 5 do plantio de 2011. Destaque para a alta densidade de uma única espécie ( <i>Dictyoloma vandellianum</i> ) regenerante. ....	41

Figura 12. Parcelas amostrais. Em marrom a parcela amostral de solo, medindo 20 x 20 m, em verde a parcela amostral da vegetação, medindo 25 x 4m, em vermelho os pontos de coleta de subamostra de solo.....	52
Figura 13. A. Presença de gramínea invasora na parcela 14 (ano de plantio 2011). B. Presença de formiga cortadeira na parcela 1 (ano de plantio 2011). C. Presença de indícios de gado na parcela 6 (ano de plantio 2012). D. Presença de cupim na parcela 5 (ano de plantio 2011). .....	56
Figura 14. Cobertura do solo por vegetação nativa (A), densidade de indivíduos nativos regenerantes (B) e número de espécies nativas regenerantes por parcela (C), em unidades amostrais com e sem gramíneas invasoras. Boxplot entre os valores médios obtidos para as duas categorias. A linha horizontal mais escura representa a mediana, o retângulo a variação entre os quantis (25-75%) e a linha pontilhada o intervalo de confiança dos dados (95%).....	57
Figura 15. Densidade de indivíduos regenerantes nas parcelas com ou sem formigas cortadeiras. Boxplot dos valores médios obtidos para as duas categorias. A linha horizontal mais escura representa a mediana, o retângulo a variação entre os quantis (25-75%) e a linha pontilhada o intervalo de confiança dos dados (95%).....	58
Figura 16. Cobertura do solo por vegetação nativa nas parcelas com e sem gado. Boxplot dos valores médios obtidos para as duas categorias. A linha horizontal mais escura representa a mediana, o retângulo a variação entre os quantis (25-75%) e a linha pontilhada o intervalo de confiança dos dados (95%).....	58
Figura 17. Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) das unidades amostrais geradas a partir de nove variáveis químicas do solo. Os vetores indicam a intensidade das variáveis aos eixos. Legenda de siglas: ph = pH, ca = cálcio, v = v%, sb = soma de bases, mg = magnésio, ctc = capacidade de troca de cátions, p = fósforo, k = potássio, alumínio = acidez potencial. As cores representam as classes de altura média de dossel: Verde = muito alto, Azul = alto, Amarelo = médio, Vermelho = baixo, Preto = muito baixo. ....	60
Figura 18. Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) das unidades amostrais geradas a partir de quatro variáveis físicas do solo. Os vetores indicam a intensidade das variáveis aos eixos. Legenda de siglas: ag = areia grossa, af = areia fina. As cores representam as classes de altura média de dossel: Verde = muito alto, Azul = alto, Amarelo = médio, Vermelho = baixo, Preto = muito baixo.....	61
Figura 19. Correlação entre a distância euclidiana da área fonte de sementes e o número de espécies regenerantes. ....	65

Figura 20. Correlação entre a distância euclidiana da área fonte de sementes e a altura média de dossel. ....	65
Figura 21. Correlação entre a altura média de dossel e o teor de areia grossa.....	66
Figura 22. Correlação entre número de espécies nativas regenerantes e o eixo PC1f das variáveis físicas do solo. ....	66
Figura 23. Correlação entre percentual de cobertura do solo por vegetação nativa e o eixo PC1f das variáveis físicas. ....	66
Figura 24. Correlação entre a densidade de indivíduos nativos regenerantes e o eixo PC1f das variáveis físicas. ....	66
Figura 25. Correlação entre o número de espécies regenerantes e o eixo PC1q das variáveis químicas. ....	68
Figura 26. Correlação entre o percentual de cobertura do solo por vegetação nativa e o eixo PC1q das variáveis químicas. ....	68

## LISTA DE ABREVIACOES

ACP	Análise dos Componentes Principais
AIC	Critério de Informao de Akaike
APP	rea de Preservao Permanente
DIR	ndice de densidade de indivíduos regenerantes
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
ESECMLP	Estao Ecológica do Mico Leão Preto
GLM	Generalized Linear Model
IP	Instituto de Pesquisas Ecológicas
NER	ndice de número de espécies nativas regenerantes
PC	ndice de cobertura do solo por vegetao nativa
PCA	Análise dos Componentes Principais
PEMD	Parque Estadual Morro do Diabo
UC	Unidade de Conservao
USP	Universidade de São Paulo

## RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

AVALIAÇÃO DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS EM RESTAURAÇÃO NO  
CORREDOR ECOLÓGICO DA FAZENDA ROSANELA, PONTAL DO  
PARANAPANEMA, SP, POR MEIO DE LEVANTAMENTO DE CAMPO E LIDAR

Por

RAPHAELA CANTARINO RIBEIRO

Agosto, 2017

Orientador: Prof. Dr. Laury Cullen Junior

O objetivo deste estudo foi realizar a avaliação de área em processo de restauração florestal no Corredor Ecológico localizado no Pontal do Paranapanema, SP, e indicar ações preventivas e corretivas quando necessário. Além disso, verificou-se a influência dos fatores de perturbação, das variáveis edáficas e da distância da fonte de sementes sobre a restauração. Foram estudadas 30 parcelas de 100m<sup>2</sup> com plantios realizados nos anos de 2011 e 2012. A avaliação da restauração se deu por meio da metodologia descrita na Portaria CBRN 01/2015 da SMA 32 (São Paulo, 2014), que considera três indicadores para monitoramento de Florestas Estacionais: Cobertura do solo por vegetação nativa (%), densidade de indivíduos nativos regenerantes (ind/ha) e número de espécies regenerantes. Além disso, foram coletadas informações por meio de observação e registro fotográfico dos fatores de perturbação, foram medidas as distâncias euclidianas do ponto central da parcela em relação ao PEMD por meio do ArcMap 10.3.1 e foram coletadas amostras compostas de solo a 20cm de profundidade dentro das parcelas de florística para analisar as características químicas e físicas do solo. As análises consistiram em Teste de Bartlett e Teste T para verificar a influência dos fatores de perturbação sobre a restauração, Correlação de Pearson para verificar a relação entre as variáveis resposta e preditoras, Análise dos Componentes Principais para reduzir a dimensionalidade das características físicas e químicas do solo, e a

criação de Modelos Lineares Generalizados. Foram sugeridos quinze modelos estatísticos e foram selecionados os que melhor se ajustam por meio do Critério de Informação de Akaike, AIC. Os resultados apontam que a restauração foi bem-sucedida e está em condições de evoluir adequadamente, contribuindo para que os serviços ecossistêmicos de uma área anteriormente degradada sejam recuperados. O aparecimento de espécies regenerantes diferentes das espécies plantadas e predominantemente com síndrome de dispersão zoocórica, é um indício do restabelecimento dos processos de dispersão e colonização. Entretanto, parte das parcelas do plantio realizado em 2011 requerem ações de manejo adaptativo para que haja adequação do indicador de cobertura do solo por espécies nativas, diferente das parcelas do plantio realizado em 2012, que apresentam valores intermediários adequados para os três indicadores analisados. Para a restauração é importante levar em consideração as características do solo para a escolha de espécies resistentes a fim de reduzir a morte das plântulas e das regenerantes pelos filtros naturais. As variáveis físicas e químicas do solo que mais se destacaram foram: teor de areia grossa atuando negativamente sobre a restauração e ctc e v% atuando positivamente sobre a restauração. A altura média de dossel se mostrou uma variável resposta redundante com os indicadores de cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos regenerantes e número de espécies regenerantes, dessa forma é possível que seja utilizada para representar esses três indicadores.

## **ABSTRACT**

Abstract do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### **EVALUATION OF FORESTRY ECOSYSTEMS IN RESTORATION IN THE ECOLOGICAL CORRIDOR OF FAZENDA ROSANELA, PONTAL DO PARANAPANEMA, SP, BY MEANS OF FIELD SURVEY AND LIDAR**

By

**RAPHAELA CANTARINO RIBEIRO**

August, 2017

Advisor: Prof. Dr. Laury Cullen Junior

The objective of this study was to carry out an evaluation of the area under forest restoration process in the Ecological Corridor located in Pontal do Paranapanema, State of São Paulo, SP, and to indicate preventive and corrective actions when necessary. In addition, an influence of the disturbance factors, edaphic variables and seed source distance on a restoration was verified. A total of 30 plots of 100m<sup>2</sup> were studied with plantations carried out in 2011 and 2012. An evaluation of the restoration took place through the methodology described in Portaria CBRN 01/2015 of SMA 32 (São Paulo, 2014), which considers three indicators for monitoring Seasonal forests: (1) Ground coverage with native vegetation; (2) density of native plants spontaneously regenerating; and (3) number of spontaneously regenerating native plant species. In addition, information was collected through observation and photographic recording of disturbing factors, also measured Euclidean distances from the central point of the plot in relation to the seed source area by means of ArcMap 10.3.1. Besides it composed soil samples were collected at 20 cm depth within the plots of floristic to analyze both chemical and physical characteristics of the soil. The statistic analyzes were Bartlett's Test and T-Test to verify the influence of disturbing factors on the restoration, Pearson's

correlation to verify the correlation between the direct and indirect variables, Principal Components Analysis to reduce dimensionality of physical and chemical characteristics of the soil, and creation of Generalized Linear Models. Fifteen statistical models were suggested and selected by Akaike Information Criteria, AIC, the ones that best adjusted. The results point out that restoration was successful and it is in a position to evolve properly, contributing to the ecosystem services of an area being degraded and recovered. The appearance of spontaneous regenerating species different from the planted species and predominantly with zoocoric dispersion syndrome is an indication of the reestablishment of the processes of dispersion and colonization. However, part of the plots with five years requires adaptive adaptation measures to ensure that the ground cover with native species indicator is adjusted, different from plots with four years, which compared adequate intermediate values for all three indicators analyzed. For a restoration it is important to take into account soil characteristics for a choice of resistant species in order to reduce seedling and spontaneous regeneration death because of natural filters. The most important soil variables are: coarse sand content acting negatively on a restoration and ctc and v% acting positively on a restoration. The average canopy height showed a redundant response variable with ground cover by native vegetation, density of native plants spontaneously regenerating and number of spontaneously regenerating native plant species, so it is possible to be used to represent these three indicators.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o domínio que mais sofreu os impactos ambientais provocados pela ocupação humana historicamente, foi a Mata Atlântica, que é considerada Patrimônio Nacional pela Constituição Federal e se estende total ou parcialmente por dezessete Estados brasileiros (SOS Mata Atlântica/INPE, 2001; SOS Mata Atlântica & INPE, 2016). Constituindo um dos domínios mais ricos em biodiversidade do mundo (Brasil, 2002; Galindo-Leal & Câmara, 2003).

Dados da Fundação SOS Mata Atlântica & INPE (2016) mostram que desde 1985 até 2014 foram desmatados 1.869.163 ha, restando uma mata extremamente fragmentada, predominada por florestas secundárias em estágios iniciais e médios de sucessão, comprometendo a sobrevivência de populações e provocando a ameaça de extinção a várias espécies (Ribeiro et al., 2009; Metzger et al., 2009). Segundo Ribeiro et al. (2009) os atuais esforços para conservação ainda são insuficientes para manutenção em longo prazo da Mata Atlântica, ações de conservação e restauração são necessárias para mitigar os impactos sobre este bioma.

Alguns ecossistemas degradados, danificados, transformados ou totalmente destruídos como resultado direto ou indireto das atividades humanas podem não se restabelecer por conta própria, conforme seu estado anterior à alteração ou à sua trajetória de desenvolvimento (SER, 2004) dessa forma a restauração ecológica muitas vezes torna-se necessária. Essa atividade inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade (SER, 2004). Sob o ponto de vista ecológico, a restauração intencional promove adequabilidade do ambiente físico para dar suporte à biota e suscitar a conectividade da paisagem (Clewel & Aronson, 2007).

A restauração das matas ciliares é parte das exigências legais e baseia-se no conhecimento de que essa vegetação exerce as funções de proteger os recursos hídricos (Steinblums et al. 1984, Lima, 1989; Lima & Zakia, 2000; Kageyama & Gandara, 2000; Young, 2000; Lima & Zakia, 2000) e de aumentar a conectividade da paisagem, funcionando como corredores biológicos, interligando fragmentos antes isolados na paisagem (Metzger, 2003; Metzger, 2009; Brancalion et al., 2010). Espera-se que as matas ciliares contribuam para aumentar as chances de sobrevivência e de

reprodução de animais e plantas, auxiliando assim na manutenção do fluxo gênico entre populações (Harper et al., 1992; Marinho-filho & Gastal, 2000; Suganuma, 2013).

Os corredores ecológicos desempenham papel fundamental para conexão dos fragmentos, promoção do fluxo gênico e movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies, manutenção de populações e a recolonização de áreas degradadas (Haddad, 1999; Baum et al., 2004; Damschen et al., 2006; Uezu, 2006; Tabarelli et al., 2008). Além disso, propicia incremento dos serviços ecossistêmicos, que são a interface entre o capital natural e o bem-estar humano, ou seja, são os benefícios diretos e indiretos gerados a partir das complexas interações ecossistêmicas (Andrade, 2010).

A supressão e fragmentação florestal causam a perda de muitos serviços ecossistêmicos essenciais, como a provisão da água (Costanza et al. 1997; Balmford et al. 2002). Para reverter esses processos que são globais, há pelo menos dois caminhos que são complementares: 1. a restauração ecológica, buscando recuperar parte dos ecossistemas florestais que foram suprimidos e 2. a adoção de práticas sustentáveis de uso do solo, buscando atividades econômicas que conservem a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos no meio produtivo. A combinação dessas duas ações se faz necessária para a criação de paisagens sustentáveis, que aliem a conservação ambiental com os ganhos econômicos para as comunidades locais.

A Ecologia da Restauração é uma ciência recente que ainda possui necessidade de aprimoramento técnico-científico para obter maior efetividade. Estudos recentes apontam que a restauração ecológica tem capacidade de recuperar paisagens degradadas, aumentar a resiliência e a biodiversidade e promover importantes serviços ecossistêmicos (Chapman, Chapman, 1996; Aide et al., 2000; Souza & Batista, 2004; Chazdon, 2008; Letcher & Chazdon, 2009; Holl & Aide, 2011; Sansevero et al., 2011; Wortley et al., 2013; Suganuma & Durigan, 2015).

Definir o objetivo da restauração, ou seja, o que se espera obter por meio das ações intencionais que iniciam ou aceleram a recuperação de um ecossistema quanto à sua saúde, integridade e sustentabilidade é o ponto de partida (SER, 2004a, 2004b). Para determinar se os objetivos inicialmente propostos para a restauração foram atingidos

recorre-se à avaliação e ao monitoramento.

Contudo, iniciativas de monitoramento periódico ainda são escassas e recentes (Parrotta et al., 1997; Silveira & Durigan, 2004; Pulitano & Durigan, 2004; Souza & Batista, 2004; Melo & Durigan, 2007; Rodrigues, Brancalion & Iserneiagen, 2009; São Paulo, 2015; Sukanuma & Durigan, 2015; Chaves et al, 2016), deixando lacunas de conhecimento acerca do desenvolvimento e da sustentabilidade dos plantios de restauração florestal, além de conhecimentos acerca da importância de cada atributo a ser avaliado para determinar se a área restaurada teve seus processos ecológicos recuperados e sua biodiversidade restabelecida ao longo do tempo (Brancalion et al, 2012).

As áreas restauradas são laboratórios a céu aberto (Rodrigues & Gandolfi, 2004). Com a ausência de uma prática de monitoramento sistemático dessas áreas perde-se a oportunidade de ampliar os conhecimentos acerca dos inúmeros processos e fatores envolvidos na recolonização e restabelecimento de comunidades vegetais e animais (Siqueira & Mesquisa, 2007), como por exemplo, a relação entre os atributos edáficos e o restabelecimento de comunidades vegetais. A restauração florestal tem ação direta sobre os atributos edáficos podendo modificar padrões de ciclagem de seus nutrientes recuperando suas funções progressivamente, à medida que o processo de sucessão evolui (Cunha, 1997; Davidson et al., 2007). Estudos sobre fatores que influenciam o sucesso da restauração são importantes por gerar respaldo científico para o desenvolvimento contínuo de conhecimento nesta área.

Dessa forma, a proposta central deste estudo foi verificar como características do solo, proximidade de áreas fontes de sementes e fatores de perturbação influenciam no sucesso da restauração do Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela, no Pontal do Paranapanema, SP (Capítulo 2), realizando primeiramente uma avaliação da área de estudo (Capítulo 1). Os resultados gerados proporcionarão subsídio para o planejamento e implantação de futuros projetos de restauração.

## 1.1. Área de Estudo

Este estudo faz parte do projeto “Desenvolvimento de Tecnologias para Valoração de Serviços Ecossistêmicos e do Capital Natural em Programas de Meio Ambiente” elaborado e desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas – IPÊ em parceria com a ESALQ-USP e financiado pelo Grupo China Three Gorges Corporation.

A área de estudo deste projeto (UTM 352507,3336, 7500395,602) localiza-se nos municípios de Teodoro Sampaio e Euclides da Cunha Paulista, no extremo oeste paulista, e está inserida em um polígono de 31,8 km<sup>2</sup> de território inserido no bioma Mata Atlântica. A região é denominada Pontal do Paranapanema, que se limita ao Sul com o rio Paranapanema e a Oeste com o rio Paraná e recebe esse nome por se situar na confluência desses rios. Nessa região destacam-se as unidades de proteção integral Estação Ecológica do Mico-Leão-Preto e Parque Estadual Morro do Diabo, criadas para conservar remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual e de populações do Mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) (São Paulo, 2006), espécie endêmica da Mata Atlântica do interior de SP, que já foi considerada extinta por muitos anos e que atualmente se encontra na lista vermelha de espécies ameaçadas (IUCN, 2014).

Especificamente, a Estação Ecológica do Mico-Leão-Preto (ESECMLP) foi criada em julho de 2002, com limites redefinidos em maio de 2004 e área total de 5,5 mil hectares. Em dezembro de 2007 foi concluído o Plano de Manejo, em que se propõe um zoneamento interno e uma zona de amortecimento (Brasil, 2008). Complementarmente, estabeleceu-se um projeto de restauração florestal que abrange 800 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs) para formar o maior corredor de biodiversidade implantado no Bioma Mata Atlântica. Esse corredor conecta a ESEC Mico-Leão-Preto ao Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD).

O citado corredor constitui-se na área de estudo alvo do projeto “Desenvolvimento de Tecnologias para Valoração de Serviços Ecossistêmicos e do capital Natural em programas de Meio Ambiente”. É nessa área que, a partir de uma parceria entre o

Grupo CTG, o IPÊ e a ESALQ, foram lançadas as parcelas amostrais para o efetivo monitoramento da restauração vegetal que estão sendo desenvolvidos pela equipe de pesquisadores envolvida no projeto.

O Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela (Figura 1) foi implantado em diferentes etapas (anos) por frentes de plantio organizadas pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ) e Grupo VICAR, conectando duas importantes unidades de conservação da região, a Estação Ecológica do Mico-Leão-Preto e o Parque Estadual do Morro do Diabo. O trecho do Corredor estudado (Figuras 1 e 2) contempla área de preservação permanente, denominada floresta ripária, que é a vegetação que acompanha as margens de rios e mananciais. Sua conservação e recuperação são importantes, pois constituem um corredor natural, conectando fragmentos maiores e possibilitando a sobrevivência e manutenção do fluxo gênico entre populações (Harper et al., 1992).

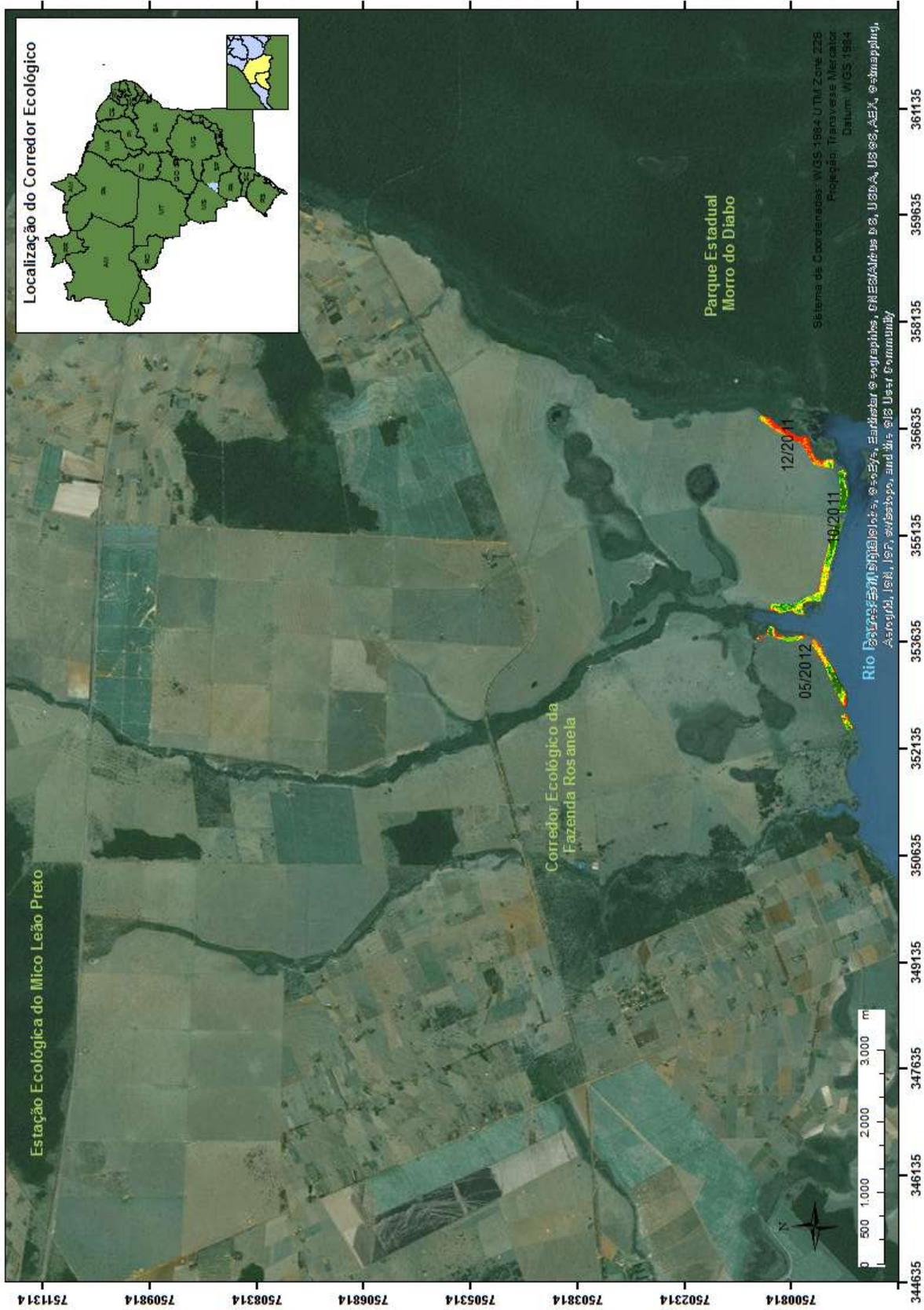


Figura 1. Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela conectando as Unidades de Conservação Estação Ecológica do Mico Leão Preto ao Parque Estadual Morro do Diabo. O corredor está localizado na região do Pontal do Paranapanema, extremo oeste de São Paulo. Em destaque colorido no mapa está o trecho estudado.



**Figura 2. A esquerda, como era a paisagem próximo ao Parque Estadual Morro do Diabo. A direita, trecho do Corredor Ecológico plantado em 2011, às margens do rio Paranapanema. Fonte: Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2016.**

A vegetação típica da região, enquadra-se no tipo Floresta Estacional Semidecidual (Veloso *et al.*, 1991; Oliveira-Filho & Fontes, 2000, Veloso *et al.*, 2012), que se caracteriza pela ausência de coníferas e pela perda parcial de folhas em decorrência da baixa precipitação pluviométrica no inverno (São Paulo, 2006), sendo que entre 20 a 50% das árvores são caducifólias.

O regime de chuvas da região é regulado pela predominância de massas de ar e pelo relevo. No verão aflui a Massa Equatorial Continental quente, úmida e muito instável, que ocasiona chuvas intensas e frequentes. No inverno, a região é ocupada pelas Massas “Tropical Atlântica” e “Equatorial Atlântica”, secas e instáveis, produzindo um período seco bem definido (São Paulo, 2006). A pluviosidade apresenta valores entre 1.100 mm e 1.300 mm anuais. As temperaturas oscilam entre uma média de 13°C (maio a agosto) e 32°C (janeiro a março). O relevo é uniforme, suave ondulado, com declividade de 1 a 3 graus e altitudes que decrescem em direção ao rio Paranapanema (figura 2). A drenagem é de baixa densidade, com vales abertos e planícies aluviais. O ponto mais alto da região é o Morro do Diabo que está a 599,5 m acima do nível do mar (São Paulo, 2006).

Os solos são originários do arenito Bauru, sendo o Latossolo o tipo predominante. São solos profundos, de boa permeabilidade, fortemente ácidos, arenosos, bem drenados, de cor variando de vermelho a vermelho escuro, sem cimento calcário (São Paulo, 2006).

O Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela começou a ser implantado no ano de 2005, os trechos estudados foram implantados entre 2011 e 2012 por meio do plantio de mudas utilizando-se 95 espécies arbóreas, em densidade aproximada de 2000 mudas por hectare (70% das mudas são provenientes dos viveiros comunitários da região e 30% oriundas de viveiros de mudas da CESP – Companhia Energética de São Paulo). O plantio foi realizado em 2 x 2,5 m, sendo plantadas 50% espécies pioneiras e 50% espécies não pioneiras. A manutenção consistiu em capina mecânica para controle de invasoras durante os seis primeiros meses e controle químico de linha durante os dois primeiros anos. Já se passaram cinco anos desde o plantio nas áreas estudadas, portanto é importante realizar uma avaliação da restauração para verificar o sucesso e gerar respaldo científico para o desenvolvimento contínuo de conhecimento nesta área.

## 1.2. Referências

Aide, T.M.; Zimmerman, J.K.; Pascarella, J.B.; Rivera, L.; Marcano-Vega, H. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration Ecology*, Tucson, v. 8, n. 4, p. 328-338, 2000.

Andrade, D.C. Modelagem e valoração de serviços ecossistêmicos: uma contribuição da economia ecológica/ Daniel Caixeta Andrade. 2010. 261 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente). Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas, SP, 2010.

Baum, K.A.; Haynes, K.J.; Dilleuth, F.P.; Cronin, J.T. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85, 2672-2675, 2004.

Brançalion, P.H.S.; Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S.; Kageyama, P.Y.; Nave, A.G.; Gandara, F.B.; Barbosa, L.M.; Tabarelli, M. Legal instruments can enhance high-diversity tropical forest restoration. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

Brançalion, P.H.S.; Viani, R.A.G.; Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Editor Sebastião Venancio Martins. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 293p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2002. Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis. Estação Ecológica Mico-Leão-Preto: Plano de Manejo. Brasília, p. 261, nov. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis, Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite: Monitoramento do Bioma Mata Atlântica 2008 a 2009. 101p. 2012a.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1. p1. 2012b.

Chapman, C.A.; Chapman, L.J. Exotic tree plantation and the regeneration of natural forest in Kibale National Park, Uganda. *Biological Conservation*, Kidlington, v. 76, n. 3, p. 1301-1311, 1996.

Chaves, R.B.; Durigan, G.; Brancalion, P.H.S.; Aronson, J. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). *Restoration Ecology*, v. 23, n. 6, pp. 754-759, 2015.

Chazdon, R.L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, Washington, v. 320, n. 5882, p. 1458-1460, 2008.

Clewell, A. F.; Aronson, J. (Ed.). *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. 2nd ed. Washington, D.C.: Island Press, 2013.

Crestana, M.S.M.; Toledo Filho, D.V.; Campos, J.B. *Florestas – Sistemas de recuperação com essências nativas*. Campinas: CATI, 60 p. 1993.

Cunha, G.C. Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, 1997. 86p. (Dissertação de Mestrado).

Damschen, E.I.; Haddad, N.M.; Orrock, J.L.; Tewksbury, J.J.; Levey, D.J. Corridors increase plant species richness at large scale. *Science* 313, 1284-1286, 2006.

Davidson, E.A.; Carvalho, C.J.R.; Figueira, M.; Yshida, F.Y.; Vieira, I.; Martinelli, L.A. Recuperation in nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. *Nature*, v.447, p.995-996, 2007.

Haddad, N.M. Corridor and distance effects on interpatch movements: a landscape experiment with butterflies. *Ecological Applications* 9, 612-622, 1999.

Harper, K.T.; Sanderson, S.C.; McArthur, E.D. Riparian ecology in tion National Park, Utah. USDA. Forest Service. INT general technical report, n. 298, p. 32-42, 1992.

Holl, K.D.; Aide, T.M. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 261, p. 1558-1563, 2011.

IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature, Cambridge, UK, 2007. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>> Acesso em: 13 jun. 2016.

Kageyama, P.Y.; Gandara, F.B. (2000) Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão – Filho, H.F.

Letcher, S.G.; Chazdon, R.L. Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in northeastern Costa Rica. *Biotropica*, Lawrence, v. 41, n. 5, p. 608-617, 2009.

Lima, W. de P. Função hidrológica da mata ciliar. In: Anais do Simpósio sobre mata ciliar, v. 1, p. 25-42, 1989.

Lima, W. De P.; Zakia, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão – Filho, H.F., ed. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. Edusp, São Paulo, p. 33-44, 2000.

Marinho-Filho, J.; Gastal, M.L. 2000. Mamíferos das matas ciliares dos cerrados do Brasil Central. In: Rodrigues, R.R.; Leitão-Filho, H.F., Ed. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAPESP, p. 209-222.

Melo, A.C.G.; Durigan, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 73, p. 101-111, 2007.

Metzger, J.P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: In: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (Org.). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: Editora Fepaf, p.51-76, 2003.

Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Dixo, M.; Bernacci, L.C.; Ribeiro, M.C.; Teixeira, A.M.G.; Pardini, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biological Conservation* 142, 1166-1177. 2009.

Oliveira Filho, A.T.; Fontes, M.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32:793-810. 2000.

Parrota, J.A.; Knowles, O.H.; Wunderle, Jr.J.M. Development of floristic diversity in 10 years-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management, Amsterdam*, v. 99, n. 1-2, p. 21-42, 1997.

Pulitano, F.M.; Durigan, G.; Dias, L.E. A mata ciliar da Fazenda Cananéia: estrutura e composição florística em dois setores com idades diferentes. In: Bôas, O.V.; Durigan, G. (Orgs.). *Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão*. São Paulo: Páginas e Letras, 2004, v.1, p. 419-445.

Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J.; Hirota, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142, p 1141-1153. 2009.

Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão-Filho, H. de F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

Rodrigues, R.R.; Brancalion, P.H.S.; Isenhagen, I. (Org). *Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. 1 ed. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. v.1, p. 128-146.

Sansevero, J.B.B.; Prieto, P.V.; Moraes, L.F.D.; Rodrigues, J.F.P. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic Forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. *Restoration Ecology, Tucson*, v. 19, n. 3, p. 379-389, 2011.

SÃO PAULO. 2006. *Parque Estadual Morro do Diabo: Plano de Manejo*. Editora Viena.

SÃO PAULO. 2014. Resolução SMA Nº 32, de 03 de abril de 2014 estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo - Meio Ambiente.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Portaria CBRN 01/2015 - Anexo I - Protocolo de monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. 2015, p. 1–10.

SER – Society for Ecological Restoration International e Policy Working Group. The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org) e Tucson: Society for Ecological Restoration International. 2004a.

SER - Society for Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International's primer of ecological restoration. 2004b. Disponível em: <[https://c.yimcdn.com/sites/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER\\_Primer/ser-primer-portuguese.pdf](https://c.yimcdn.com/sites/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-portuguese.pdf)>.

Silveira, E.R.; Durigan, G. Recuperação de matas ciliares: estrutura da floresta e regeneração natural aos 10 anos em diferentes modelos de plantio na Fazenda Canaçu, Tarumã, SP. In: Vilas Boas, O. Durigan, G. Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: Resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas e Letras, 2004. p. 347-370.

Siqueira, L.P. de; Mesquita, C.A.B. Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007. 188p.

SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. 2001. Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica, período 1995-2000. São Paulo.

SOS Mata Atlântica/INPE. 2016. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 2014–2015. São Paulo.

Souza, F.M.; Batista, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 191, n. 1-3, p. 185-200, 2004.

Steinblums, I.J.; Froehlich H.A.; J.K. Lyons, 1984. Designing stable buffer strips for stream protection. *Journal of Forestry*, 82 (1): 49-52.

Suganuma, M.S. Trajetórias sucessionais e fatores condicionantes na restauração de matas ciliares em região de floresta estacional Semidecidual. 2013. 149 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Suganuma, M. S.; Durigan, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238–251, 2015.

Tabarelli, M.; Lopes, A.V.; Peres, C.A. Edge-effects Drive Tropical Forest Fragments towards an Early-Successional System. *Biotropica*, 40(6), 657-661, 2008.

Uezu, A. Da fragmentação florestal à restauração da paisagem: aliando conhecimento científico e oportunidades legais para a conservação. 2006. 193 p. Tese (Doutorado em Ciências, Ecologia). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

Wortley, L.; Hero, J.M.; Homes, M. Evaluating ecological restoration success: A review of the literature. *Restoration Ecology*, Tucson, v. 21, n. 5, p. 537-543, 2013.

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

# CAPÍTULO 01

## **Avaliação do sucesso do Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela, Pontal do Paranapanema, SP segundo os critérios estabelecidos pela Resolução SMA 32**

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos ecossistemas que formam o bioma Mata Atlântica é a Floresta Estacional Semidecidual, conhecida como Mata Atlântica de Interior, que ocorre no planalto brasileiro, mais expressivamente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul, com fragmentos menores em outros Estados (Ramos et al. 2008; Ribeiro, 2009). Em 2008, a área total remanescente desse tipo de floresta no Estado de São Paulo correspondia a menos de 5% da área existente no fim do século XIX, sendo o tipo de vegetação que foi mais severamente destruído para a expansão da agropecuária (Ramos et al. 2008; Ribeiro, 2009) no Brasil.

O Pontal do Paranapanema, localizado no extremo oeste de São Paulo, fazendo divisa com Mato Grosso do Sul e o Paraná, também sofreu com a ocupação das áreas de Mata Atlântica por razões econômicas e políticas. Atualmente abriga fragmentos florestais que variam de 1 a 36.000 ha, sendo o pasto a unidade da paisagem predominante. Essa região abriga o Parque Estadual Morro do Diabo, Unidade de Conservação composta por cerca de 34.000 ha de Floresta Estacional Semidecidual, o maior remanescente dessa formação vegetal no Estado de São Paulo (São Paulo, 2006).

Os remanescentes de Mata Atlântica são fragmentos espalhados e isolados, ocasionando a fragmentação de habitats. Essa fragmentação pode levar à diminuição ou até extinção de diversas espécies. Isso se dá pelo motivo da fragmentação diminuir as áreas conectadas e conseqüentemente a área de habitat, muitas vezes impedindo fluxo gênico entre populações de uma mesma espécie, tornando-a vulnerável a fatores externos. (Kerr and Deguise, 2004; Fahrig, 2003). Uma maneira de garantir a conectividade das áreas fragmentadas é através da restauração florestal, sendo capaz de promover o intercâmbio e fluxo gênico entre populações, além da manutenção dos

processos ecossistêmicos como a sucessão ecológica, ciclo hidrológico, ciclo de nutrientes e outros processos (MMA 2006).

O Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela faz parte do projeto Mapa dos Sonhos, elaborado e desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas – IPÊ, e visa conectar duas Unidades de Conservação: Parque Estadual Morro do Diabo e Estação Ecológica do Mico Leão Preto, importantes fragmentos de vegetação para a conservação de espécies ameaçadas. O corredor começou a ser implantado no ano de 2005, tendo o último plantio ocorrido no ano de 2012. Ao longo de sua extensão é possível observar um gradiente de altura de dossel e variações na densidade e composição do sub-bosque dentro de um mesmo ano de plantio.

A prática de avaliação e monitoramento sistemático dessas áreas é uma oportunidade de expandir os conhecimentos acerca dos inúmeros processos e fatores envolvidos na recolonização e restabelecimento de comunidades vegetais e animais (Siqueira & Mesquisa, 2007; Suganuma, 2013). A partir desta prática é possível refletir e analisar a trajetória ambiental da área em processo de restauração e caso apresente declínio ou evidências de baixo potencial de sustentabilidade futura, é possível redefinir sua trajetória. Além disso, é possível averiguar em campo se o projeto técnico foi adequadamente executado (Brancaion et al., 2012).

A Resolução SMA Nº 32, de 03 de abril de 2014 determina orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo e dá providências correlatas, estabelecendo o protocolo de monitoramento e avaliação dos ecossistemas em restauração e apresenta os indicadores e seus respectivos níveis de adequação de acordo com o tempo desde o plantio, possibilitando acompanhar a evolução da restauração e elaborar ações preventivas e corretivas, fazendo o manejo adaptativo (Zedler; Callaway, 2003), visando o sucesso.

Para a Floresta Estacional, a legislação estabelece o uso de três indicadores para monitoramento e avaliação do ecossistema em restauração, que são: (1) cobertura do solo por vegetação nativa; (2) densidade de indivíduos nativos regenerantes e (3) número de espécies nativas regenerantes (São Paulo, 2014). Para Suganuma (2015)

esses indicadores são recomendados como indicadores ecológicos para monitorar restaurações e avaliar o sucesso em florestas tropicais.

A cobertura do solo promovida pelo dossel controla a distribuição da luz, determinando níveis diferenciados de umidade do ar, temperatura e condições de umidade do solo (Jennings et al., 1999), além de promover a interceptação das chuvas, reduzindo o impacto direto sobre o solo. Dessa forma, a cobertura é o maior determinante do “micro-habitat” interno da floresta, afetando o crescimento e sobrevivência de plântulas, determinando a composição florística da comunidade, afetando processos de oxidação da matéria orgânica, promovendo o controle de processos erosivos e de mato-competição (Guilherme, 2000; Martins et al., 2004), além de funcionar como indicador para avaliação, seguindo um modelo que possibilita sua predição em função da idade da restauração (Melo, Miranda e Durigan, 2007; Suganuma, 2013; Suganuma e Durigan, 2015; Chaves et al, 2015).

A densidade de regenerantes remete à resiliência do ambiente. Ao quantificar o estoque de plantas do sub-bosque obtém-se uma representatividade do grau de restabelecimento dos processos sucessionais e de dinâmica da comunidade. É o indicador que aponta diretamente para um possível sucesso da restauração (Suganuma & Durigan, 2015; Chaves et al, 2015) e indiretamente para indicar que as condições ambientais necessárias ao estabelecimento das plântulas foram restabelecidas (Kabakoff; Chazdon, 1996; Parrotta et al., 1997; Chaves, 2015).

O número de espécies regenerantes representa a reprodução e a persistência das espécies e o restabelecimento dos processos de dispersão e colonização (Suding, 2011; Suganuma; Durigan, 2015; Chaves et al., 2015) é o melhor indicador para atestar a recuperação efetiva da diversidade no ecossistema (Suganuma, 2013; Suganuma e Durigan, 2015; Chaves et al., 2015).

## 2. OBJETIVOS

- Verificar se o plantio de restauração do Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela está seguindo a trajetória esperada para florestas estacionais semidecíduais em restauração;

- Indicar ações corretivas para melhorar o ecossistema em restauração.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1. *Local de estudo*

A área de estudo deste projeto (352507,3336, 7500395,602; WGS 1984 UTM Zone 22S; Figura 1.) localiza-se nos municípios de Teodoro Sampaio e Euclides da Cunha Paulista, no extremo oeste paulista. A região é denominada Pontal do Paranapanema, onde se destacam as unidades de proteção integral Estação Ecológica do Mico-Leão-Preto e Parque Estadual Morro do Diabo.

O Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela conecta a ESEC Mico-Leão-Preto ao Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD), o local de estudo configura um trecho do Corredor, conforme descrito na sessão Área de estudo.

#### 3.2. *Parcelas Amostrais*

Para amostragem da vegetação foram lançadas parcelas amostrais em quantidade proporcional a extensão da área analisada e ao gradiente de altura média de dossel. Foram utilizadas as imagens aéreas do LiDAR, que é uma tecnologia óptica de detecção remota que mensura propriedades da luz refletida de modo a obter a distância e/ou outra informação a respeito de um determinado objeto. Então foi gerada uma nuvem de pontos e a partir dela criou-se um raster com os valores de superfície, de terreno e de altura da vegetação. Para cada ponto do levantamento foi gerado um raster de saída, que representou a média das alturas de dossel de todos os pontos vizinhos num raio de 20 metros do ponto central e então as médias de altura de dossel foram divididas em 5 classes de altura (Figura 3 e 4) com quebras naturais, separadamente para o plantio realizado em 2011 e em 2012.

Embora o método de plantio e manejo em todo o corredor tenham sido iguais, imagens aéreas do LiDAR apontaram a existência de um gradiente de altura de dossel dentro do mesmo ano de plantio resultando em um mosaico a ser detectado pela amostragem (figuras 3 e 4). Foram estabelecidas duas ou quatro parcelas por

classe de altura média de dossel de acordo com o tamanho total da área. Dessa forma, foram selecionadas vinte parcelas para o plantio de cinco anos e dez parcelas para o plantio de quatro anos, totalizando trinta parcelas ao longo de um trecho do corredor. As Figuras 3 e 4 apresentam os pontos centrais das parcelas amostrais. As parcelas medem 100 m<sup>2</sup>, sendo 25 m comprimento e 4 m de largura. Cada parcela da vegetação foi posicionada diagonalmente às linhas de plantio.

### Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela Polígonos Selecionados - 2011

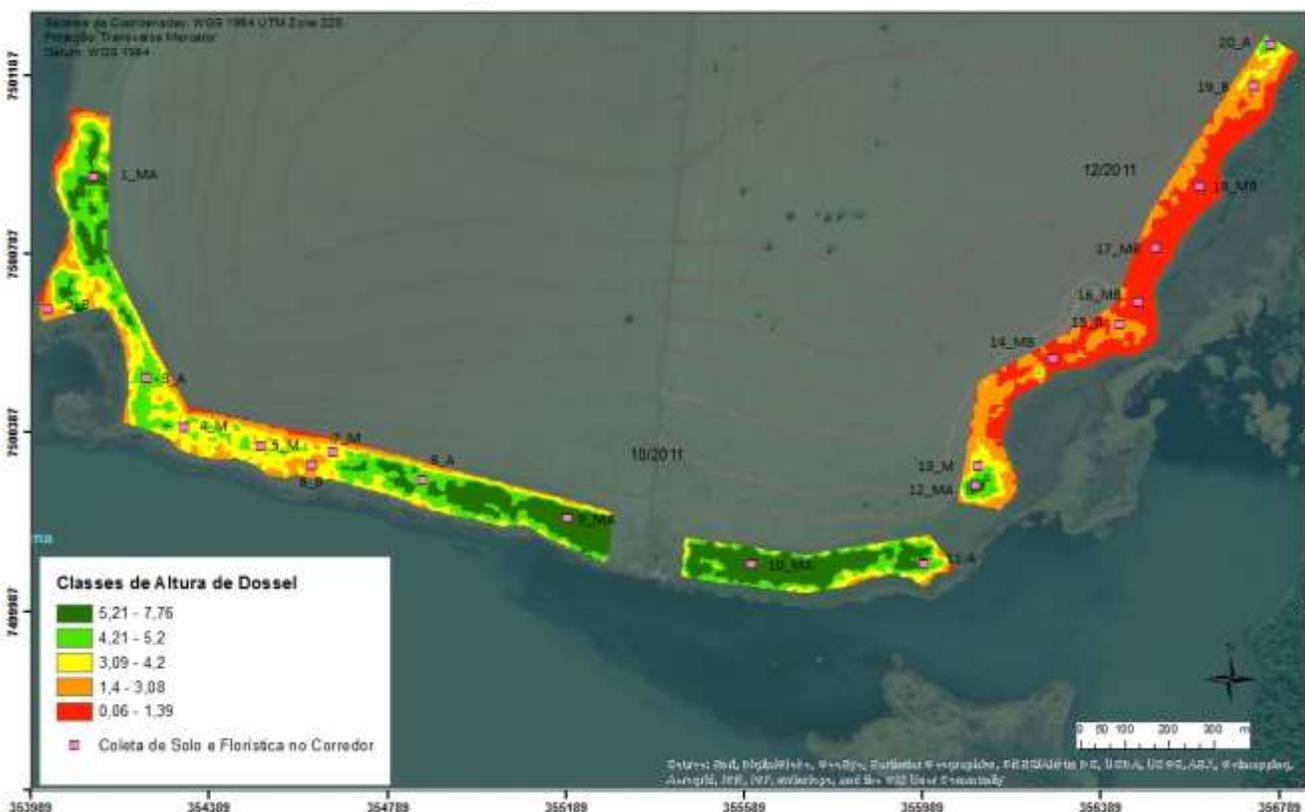


Figura 3. Pontos centrais das parcelas amostrais do plantio do ano de 2011.

## Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela Polígonos Seleccionados - 2012

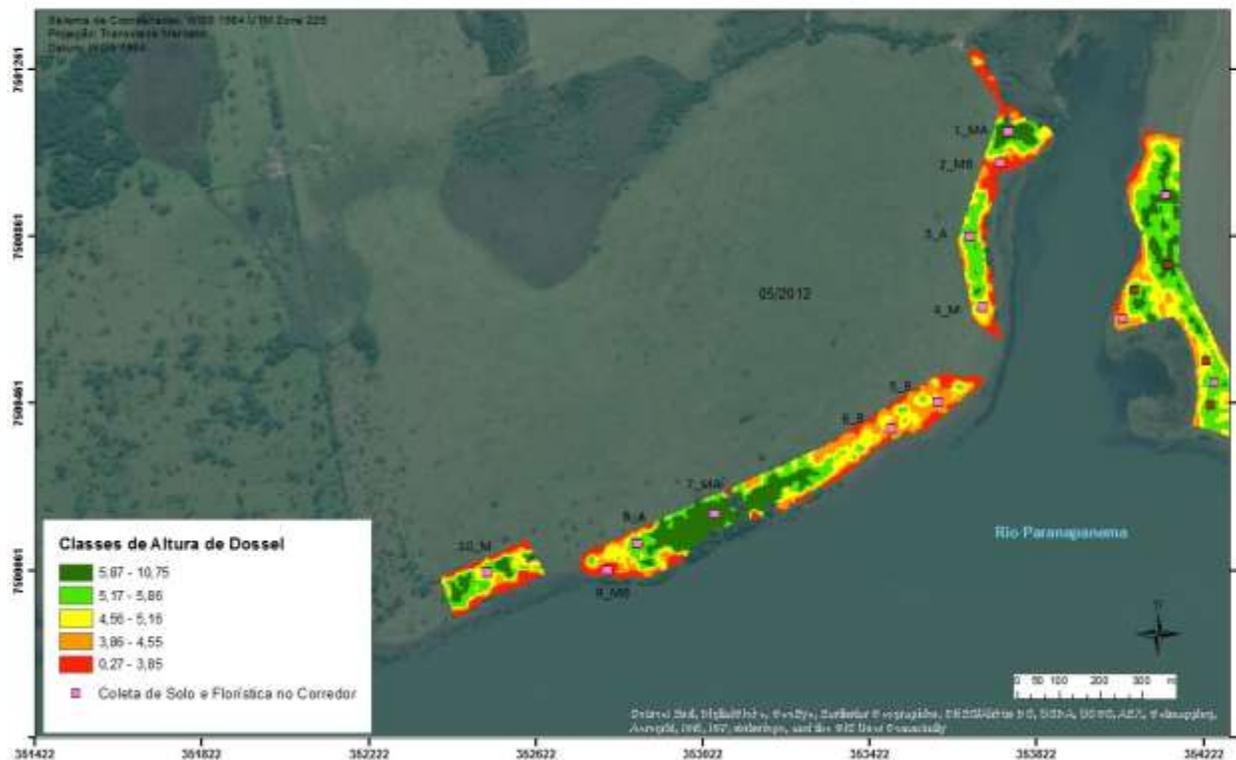


Figura 4. Pontos centrais das parcelas amostrais do plantio do ano de 2012.

### 3.3. Indicadores para avaliação dos ecossistemas em restauração

Os indicadores de avaliação da restauração em Floresta Estacional sugeridos pela SMA 32 (2014) e Suganuma & Durigan (2015) utilizados pelo presente são: (1) Cobertura do solo com vegetação nativa; (2) Densidade de indivíduos nativos regenerantes; (3) Número de espécies nativas regenerantes.

#### (1) Cobertura do solo com vegetação nativa

Este indicador é medido por meio da porcentagem de solo coberto por espécies nativas. A cobertura foi quantificada pelo método de linhas (Confield, 1941). O levantamento foi obtido por meio da soma das medidas dos trechos da linha amostral (linha central da parcela) cobertos por vegetação nativa, em metros, em relação ao comprimento da linha (25m), conforme Figura 5. Foi seguido o protocolo para

florestas ombrófilas e estacionais (SMA, 2014). Quando havia árvores sem folhas (caducifólias), foi contada a extensão dos galhos e troncos que estavam acima da linha amostral.

O somatório dos trechos em relação ao comprimento total da parcela (25m) foi usado para calcular a porcentagem (%) de cobertura da parcela. O valor do indicador é a cobertura média considerando todas as parcelas, expressa em porcentagem, conforme fórmulas abaixo:

$$\text{Cobertura em cada parcela (\%)} = \frac{(\text{trecho1} + \text{trecho2} + \dots + \text{trecho n}) \times 100}{25}$$

$$\text{Indicador cobertura (\%)} = \frac{(\text{cobertura parcela 1} + \text{cob. parc. 2} + \dots + \text{cob. parc. N})}{N}$$

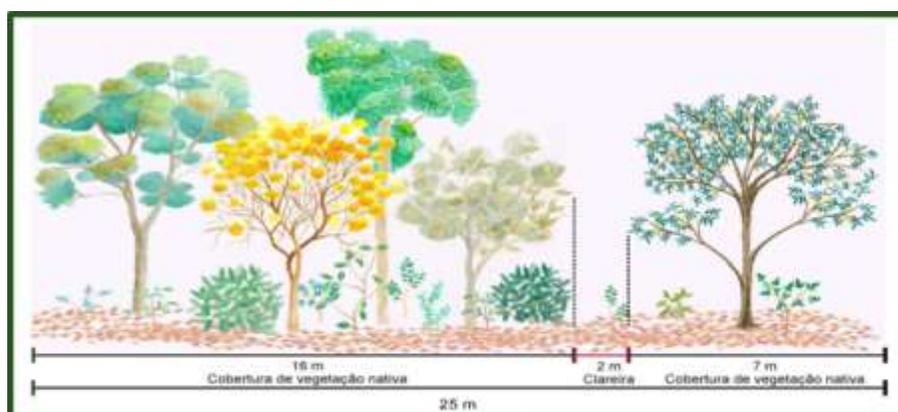


Figura 5. Levantamento da cobertura do solo com vegetação nativa. Fonte: (SMA, 2014).

## (2) Densidade de indivíduos nativos regenerantes

Este indicador mede a quantidade de indivíduos nativos regenerantes de espécies lenhosas (arbustivas ou arbóreas) nativas por hectare (Figura 6). Foram contados apenas os indivíduos com altura (H) igual ou maior que 50 cm e com Circunferência à Altura do Peito (CAP) menor que 15 cm ou inexistente ( $H \geq 50$  cm e  $CAP < 15$  cm).

Foram contados todos os exemplares lenhosos nativos que estão dentro da parcela, e este número foi convertido para número de indivíduos por hectare (ind./ha), dividindo-se o número de indivíduos na parcela pela área da parcela em hectares. O valor deste indicador é a média das parcelas, conforme fórmulas abaixo:

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

Indicador **densidade** (ind./ha) =  $\frac{\text{dens. parc. 1} + \text{dens. parc. 2} + \dots + \text{dens. parc. N}}{N}$

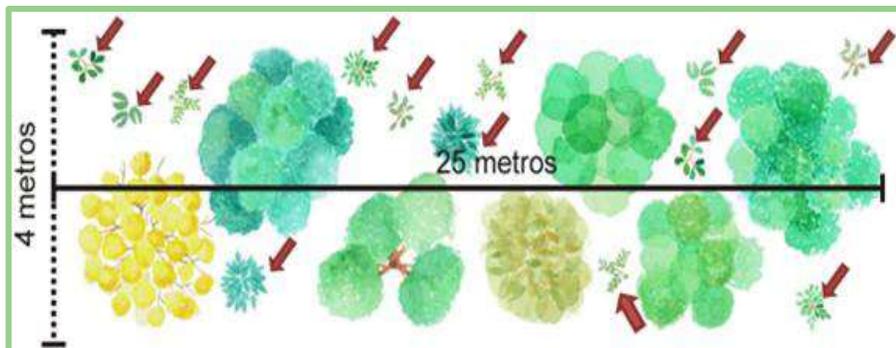


Figura 6. Levantamento da densidade de indivíduos nativos regenerantes. Fonte: (SMA, 2014).

### (3) Número de espécies nativas regenerantes

Este indicador mede a quantidade total de espécies lenhosas de regenerantes nativas encontradas nas parcelas (Figura 7).

Contou-se apenas indivíduos com altura igual ou maior a 50 cm e com CAP menor que 15 cm ou inexistente ( $H \geq 50 \text{ cm}$  e  $CAP < 15 \text{ cm}$ ). Cada espécie foi contada uma única vez mesmo que ela ocorresse em várias parcelas. O levantamento de espécies gerou uma única lista de espécies ou morfoespécies.

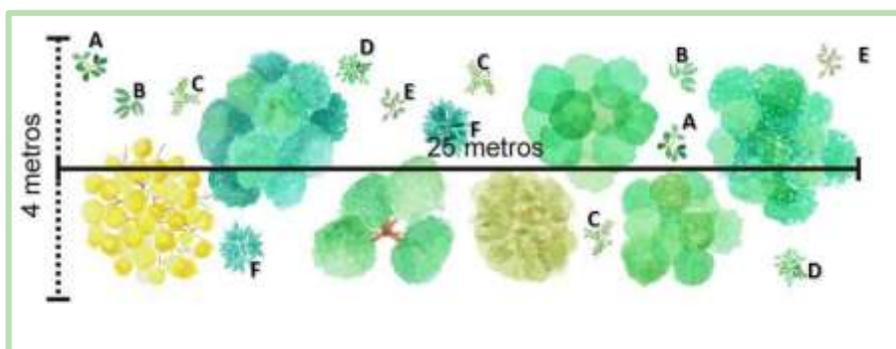


Figura 7. Levantamento do número de espécies nativas regenerantes. Fonte: (SMA, 2014).

### 3.4. Método de Avaliação da Restauração

Foram coletados dados sobre os atributos da comunidade vegetal para avaliar o sucesso da restauração, com base na metodologia descrita pela Portaria CBRN 01/2015 da Resolução SMA nº32 de abril de 2014, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo, que estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. O protocolo define a metodologia de coleta de dados que deverá ser usada pelos restauradores, no estado de São Paulo, para aferição dos indicadores ecológicos, de acordo com cada tipo de vegetação.

O levantamento florístico e dos indicadores do sucesso da restauração aconteceram no mês de setembro de 2016. Foram utilizados os indicadores para a formação vegetal tipo Floresta Estacional (Tabela 1). Os índices foram agrupados por idade do plantio.

**Tabela 1. Valores intermediários de referência para monitoramento dos projetos de restauração ecológica para o tipo Floresta Estacional. Fonte: São Paulo, 2014.**

Florestas Ombrófilas e Estacionais ** / Restinga Florestal ** / Mata Ciliar em região de Cerrado **										
Indicador	Cobertura do solo com vegetação nativa (%) <sup>†</sup>			Densidade de indivíduos nativos regenerantes (ind./ha) <sup>***</sup>			No. de espécies nativas regenerantes (n° spp.) <sup>***</sup>			
	Nível de adequação	crítico	mínimo	adequado	crítico	mínimo	adequado	crítico	mínimo	adequado
Valores intermediários de referência	3 anos	0 a 15	15 a 80	acima de 80	-	0 a 200	acima de 200	-	0 a 3	acima de 3
	5 anos	0 a 30	30 a 80	acima de 80	0 a 200	200 a 1000	acima de 1000	0 a 3	3 a 10	acima de 10
	10 anos	0 a 50	50 a 80	acima de 80	0 a 1000	1000 a 2000	acima de 2000	0 a 10	10 a 20	acima de 20
	15 anos	0 a 70	70 a 80	acima de 80	0 a 2000	2000 a 2500	acima de 2500	0 a 20	20 a 25	acima de 25
Valores utilizados para atestar recomposição	20 anos	0 a 80	-	acima de 80	0 a 3000	-	acima de 3000	0 a 30	-	acima de 30

### 3.5. Identificação das espécies

Para identificação das espécies foi coletado um ramo de cada morfoespécie encontrada dentro dos limites da parcela, e então foi realizada a pré-identificação da família, gênero e espécie, quando possível, e em seguida a contagem de indivíduos por parcela. Ainda em campo, foi realizada a prensagem de cada espécie/morfoespécie para montagem das exsiccatas posteriormente (Figura 8). O material herborizado foi identificado especialista. Para avaliar a restauração os dados coletados foram confrontados com os valores de referência apresentados na Tabela 1.



**Figura 8. Imagens das atividades de campo: A. Medindo um indivíduo regenerante. B. Verificação do número de indivíduos regenerantes na parcela. C. Pré-identificação da espécie/morfoespécie. D. Prensagem dos indivíduos regenerantes.**

#### 4. RESULTADOS

Dentre as 30 parcelas amostradas, analisando individualmente cada uma (Anexo B), a percentagem de cobertura do solo variou de 1,6% a 100%, mantendo uma média de 83,3% (Figura 9.A.).

Na área em restauração, foram encontradas 36 morfoespécies nativas regenerantes, em que foram identificadas 32 em nível de espécie, 02 em nível de gênero e 02 em nível de família (Anexo A). A grande maioria das espécies identificadas foi classificada como pioneiras. O número de espécies regenerantes por parcela variou de 0 a 14 espécies, sendo a média de 6,5 espécies por parcela amostral (Figura 9.C.), por sua vez, a densidade de indivíduos regenerantes variou de 0 a 31.700 indivíduos por hectare, sendo a média de 6.120 indivíduos por hectare (Figura 9.B.), mas 9 parcelas apresentaram densidade de regenerantes abaixo de 1000 ind/ha. Das 36 espécies ou morfoespécies regenerantes identificadas no corredor 47,2% não fazem parte das espécies que foram plantadas no corredor. Dentre as espécies que não estão na lista de espécies plantadas, 52% possuem síndrome de dispersão zoocórica (Anexo A).

Analisando o plantio de 2011, como um todo, foram obtidos 76,6% de Cobertura do solo por vegetação nativa (PC), 6810 indivíduos nativos regenerantes por hectare (DIR) e 32 morfoespécies nativas regenerantes (NER). Já o plantio de 2012, como um todo, obteve 96,6% de Cobertura do solo por vegetação nativa (PC), 4740 indivíduos nativos regenerantes por hectare (DIR) e 25 morfoespécies nativas regenerantes (NER).

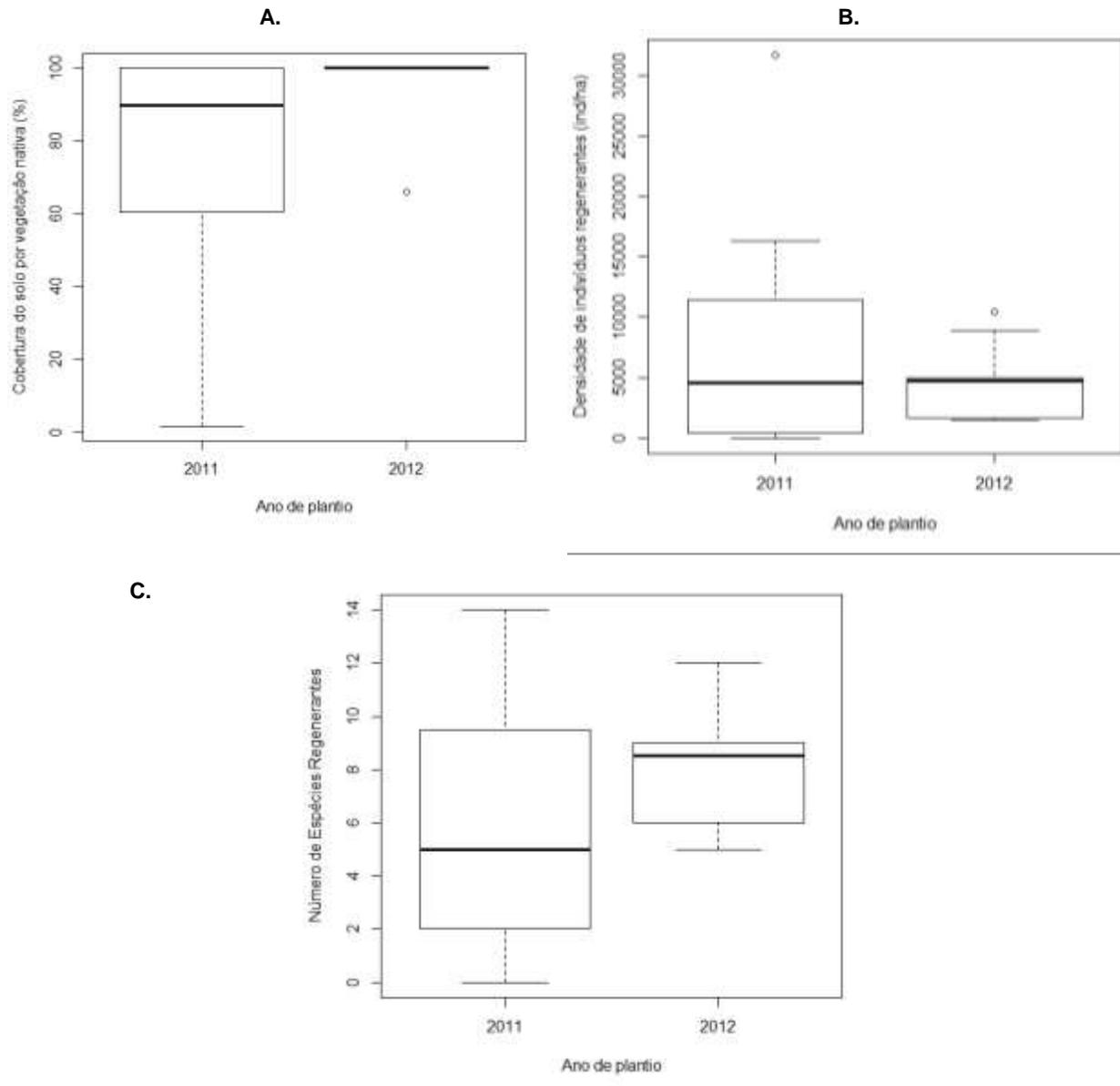


Figura 9. Cobertura do solo por vegetação nativa (A), densidade de indivíduos nativos regenerantes (B) e número de espécies nativas regenerantes por parcela (C), em unidades amostrais com plantio realizado em 2011 e em 2012. Boxplot entre os valores médios obtidos para cada ano de plantio.

Conforme dados apresentados na Tabela 2, para o índice Cobertura do solo por vegetação nativa (PC), o plantio do ano de 2011 obteve o valor intermediário mínimo esperado (entre 30 a 80%) para um plantio com 5 anos de idade, como aponta Tabela 2. Os índices de Densidade de Indivíduos Nativos Regenerantes (DIR) e o Número de Indivíduos Nativos Regenerantes (NER) apresentaram valores intermediários adequados (acima de 1000 e de 10, respectivamente), de acordo com a Tabela 1, que consta na Resolução SMA 32 (2014). Para o plantio do ano de 2012 todos os índices analisados apresentaram valores intermediários adequados (Tabela 2).

**Tabela 2. Resultados dos indicadores de monitoramento do corredor ecológico do Pontal do Paranapanema, SP. Legenda: VR= Valor de Referência, VO= Valor Obtido, DP = Desvio Padrão, CV = Coeficiente de Variação, IC= Intervalo de Confiança, Julgam.= Julgamento, Adeq= Adequado, Min= Mínimo.**

Indicadores de monitoramento	VR (SMA 32)	2011: VO	DP	CV (%)	IC*	Julgam. (SMA 32)	2012: VO	DP	CV (%)	IC*	Julgam. (SMA 32)
Cobertura do solo com vegetação nativa (%)	30 a 80	76,64	29,33	0,32	12,85	Mín.	96,6	10,2	0,10	6,32	Adeq.
Densidade de indivíduos regenerantes (ind/ha) (DIR)	>1000	6810	4,24	0,84	1,86	Adeq.	4740	2,11	0,24	1,31	Adeq.
Número de espécies regenerantes (NER)	> 10	32	7842,51	1,72	3437,07	Adeq.	25	2816,1	0,59	1745,4	Adeq.

\*Intervalo de Confiança ( $\alpha=0,05$ ).

## 5. DISCUSSÃO

O recrutamento das regenerantes (densidade/riqueza) são indicadores frequentemente avaliados para definir o sucesso da restauração (SER, 2004; Rigueira; Mariano-Neto, 2013; Suganuma, 2013; Chaves et al., 2015). Os resultados do presente estudo indicam que a regeneração está ocorrendo na área que passou por intervenção de restauração ecológica há 4 a 5 anos. Tanto espécies que foram, quanto as que não foram plantadas estão regenerando na área. O levantamento florístico das regenerantes apontou que das 36 espécies ou morfoespécies identificadas no corredor, 17 não fazem parte das espécies que foram plantadas no Corredor (Anexo A) e dentre elas 09 possuem síndrome de dispersão zoocórica, ou seja, provavelmente houve dispersão de sementes provenientes da área fonte (Parque Estadual Morro do Diabo), possivelmente através de animais que já utilizam o corredor ecológico para se deslocar entre o PEMD e a EEMLP.

Com relação à densidade de indivíduos regenerantes, a parcela 10 apresentou densidade de 11900 ind/ha, este número foi encontrado em área de regeneração natural avançada no Plano de Manejo da RPPN Pedra D'anta (2012), além disso, valores de densidade acima de 3000 ind/ha são valores utilizados pela Resolução SMA 32 (2014) para atestar a recomposição em restaurações acima de 20 anos de idade a partir do plantio. A figura 10 apresenta os melhores e piores resultados encontrados em campos.

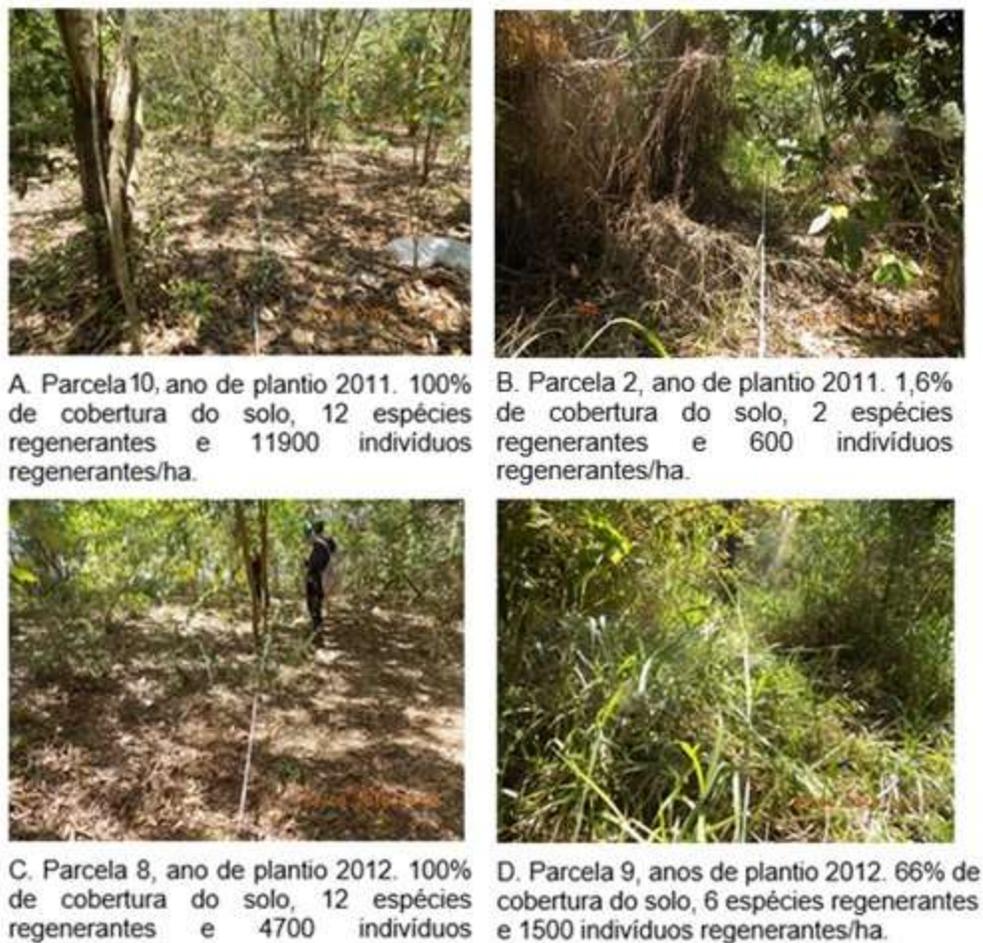


Figura 10. Figuras A e C representam os melhores resultados para os anos de plantio 2011 e 2012, respectivamente. As figuras B e D representam os piores resultados para os anos de plantio 2011 e 2012, respectivamente.

Na parcela 5 do plantio realizado em 2012, por exemplo, foi encontrada uma densidade de 31.700 indivíduos nativos regenerantes por hectare, pertencentes a 6 espécies, predominando a espécie *Dictyoloma vandellianum*, conhecida popularmente como Tingui (Figura 11). É uma espécie pioneira, importante para a sucessão, ainda assim é aconselhado monitorar a restauração a fim de assegurar a continuidade da regeneração com a presença de maior proporção de espécies secundárias e tardias, conforme indica estudo realizado em floresta estacional semidecidual (Neto et al., 2007), uma vez que a maior parte das regenerantes encontradas são pioneiras. Os indicadores densidade de indivíduos regenerantes e número de espécies regenerantes são indicadores excelentes para avaliar a trajetória da restauração, pois representam o

grau de restabelecimento dos processos sucessionais e de dinâmica da comunidade, além de indicar o restabelecimento dos processos de dispersão e colonização (SUDING, 2011; SUGANUMA; DURIGAN, 2015; SUGANUMA & DURIGAN, 2015), porém esses indicadores se tornam mais relevantes após os primeiros anos de plantio, quando o processo de sucessão evolui. Para os primeiros anos de plantio o indicador mais importante é a cobertura do solo por vegetação nativa (SUGANUMA & DURIGAN, 2015).



**Figura 11. Parcela 5 do plantio de 2011. Destaque para a alta densidade de uma única espécie (*Dictyoloma vandellianum*) regenerante.**

Dentre os indicadores analisados (cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos nativos regenerantes e número de espécies nativas regenerantes), o que não apresentou valores adequados foi “cobertura do solo por vegetação nativa” (SMA 32, 2014; Durigan, Suganuma & Melo, 2016) para o plantio do ano de 2011 (tabela 2). Neste plantio, através de imagens do LiDAR, observou-se uma mancha de vegetação (mancha vermelha na Figura 3), indicando que esse trecho apresenta altura média de dossel muito baixa, variando de 0,52 metros a 2,18 metros, o que aumentou a luminosidade incidente no solo, tornando o local ideal para o aparecimento e domínio por gramíneas exóticas invasoras, o que pode ter comprometido a germinação do banco de sementes regenerantes nesta área, pois a gramínea encobre o solo impedindo a entrada de luz, além de ser um competidor por nutrientes com as mudas plantadas, impedindo seu crescimento (Guilherme, 2000; Martins et al., 2004).

Este trecho do plantio de 2011, que vai da parcela 14 à parcela 18, o número de espécies nativas regenerantes foi muito pequeno ou igual a zero, apesar de serem

parcelas inseridas entre outras parcelas que apresentaram todos os índices adequados. O que sugere que outros fatores, tais como características do solo e fatores ambientais, possam ter interferido no crescimento das espécies plantadas. Para esse trecho do plantio, será necessária a utilização de herbicida para controle de invasoras e o plantio de algumas espécies pioneiras de rápido crescimento a fim de ampliar a cobertura do solo por vegetação nativa, controlando a mato-competição (Guilherme, 2000; Martins et al., 2004). Neste trecho é importante o plantio de poucas espécies nativas presentes na região que resistam aos filtros abióticos presentes nos primeiros anos de plantio (Rodrigues, 2013), visto que são espécies que colonizam e se estabelecem no sistema e têm um período de vida curto, mas que durante o período em que estão presentes desempenham o papel de facilitadoras, possibilitando o estabelecimento de outras espécies (Lockwoods; Samuels, 2004).

Pode-se considerar bem sucedida a restauração quando o monitoramento apontar que os indicadores avaliados encontram-se iguais ou acima dos valores adequados (Tabela 1), portanto os índices Cobertura do solo por vegetação nativa (ano de plantio 2012), densidade de indivíduos nativos regenerantes e o número de espécies nativas regenerantes (para os anos de plantio 2011 e 2012) atendem aos requisitos da SMA 32 (2014) para o tempo de plantio, indicando que essas áreas estão evoluindo adequadamente, sem necessidade de realizar ajustes, deixando a regeneração natural acontecer, concordando com os resultados apresentados por Durigan, Suganuma & Melo (2016).

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados da restauração do Corredor Ecológico no Pontal do Paranapanema indicaram que, de modo geral, a restauração está em condições de evoluir adequadamente, contribuindo para que os serviços ecossistêmicos de uma área anteriormente degradada, sejam recuperados.

O aparecimento de espécies regenerantes diferentes das espécies plantadas e predominantemente com síndrome de dispersão zoocórica, é um indício do restabelecimento dos processos de dispersão e colonização. Entretanto, parte das parcelas do plantio realizado em 2011 requerem ações de manejo adaptativo para que haja adequação do indicador de cobertura do solo por espécies nativas, diferente das parcelas de 2012, que apresentam valores intermediários adequados para os três indicadores analisados.

## 7. REFERÊNCIAS

- Brançalion, P.H.S.; Viani, R.A.G.; Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Editor Sebastião Venancio Martins. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 293p.
- Durigan, G.; Sukanuma, M.S.; Melo, A.C.G. Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades. *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 110, p. 463-474, 2016.
- Guilherme, F.A.G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria. Brasília, DF. *Cerne*, v.6, n.1, p.60-66. 2000.
- Jennings, S.B.; Brown, N.D.; Sheil, S. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, v. 72, n.1, p. 59-73. 1999.
- Martins, C.R.; Leite, L.L.; Haridasan, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. *Revista Árvore*, v. 28, n.5, p. 739-747, 2004.
- Melo, A. C. G.; Miranda, D. L. C.; Durigan, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, p. 321-328, 2007.
- Metzger, J.P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: In: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: Editora Fepaf, p.51-76, 2003.
- Neto, J.P.B.; Reis, M.das G.F.; Reis, G.G.; Silva, A.F.da; Cacau, F.V. Banco de sementes do solo de uma floresta estacional semidecidual, em viçosa, Minas Gerais. *Ciência Florestal*. Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 311-320, 2007.

Ramos, V. S.; Durigan, G.; Franco, G. A. D. C.; Siqueira, M. F. D.; Rodrigues, R. R. (2008). *Árvores da floresta estacional semidecidual: guia de identificação de espécies*. Ed. da Univ. de São Paulo.

Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J.; Hirota, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142, p 1141-1153. 2009.

Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão-Filho, H. de F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

Rodrigues, E. 2013 *Ecologia da Restauração* 300 pg. Editora Planta, Londrina.

SÃO PAULO. 2006. *Parque Estadual Morro do Diabo: Plano de Manejo*. Editora Viena.

SÃO PAULO. Resolução SMA Nº 32, de 03 de abril de 2014 estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo - Meio Ambiente*. 2014.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Portaria CBRN 01/2015 - Anexo I - Protocolo de monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. 2015, p. 1–10.

Siqueira, L.P. de; Mesquita, C.A.B. *Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central*. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007. 188p.

Suganuma, M. S.; Durigan, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238–251, 2015.

Tambosi, L.R. *Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para a criação da zona de amortecimento*. 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Teixeira, A.M.G.; Soares-Filho, B.S.; Freitas, S.R.; Metzger, J.P. Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: implications for conservation. *Forest Ecology and Management*, 257, 1219-1230.

## CAPÍTULO 02

### **Influência de fatores edáficos, distância de fragmento fonte e fatores de perturbações sobre o sucesso da restauração no corredor ecológico**

#### 1. INTRODUÇÃO

O processo histórico de ocupação de terras resultou no desmatamento de grande parte das formações vegetais, visando principalmente a expansão da fronteira agrícola (Brasil, 2012). No Pontal do Paranapanema, o processo não foi diferente, a Mata Atlântica está reduzida a fragmentos isolados na paisagem (São Paulo, 2006). Diante disso, vê-se como a forma mais eficiente de conservar a biodiversidade local a intervenção por meio de restauração florestal de corredores ecológicos e ilhas de biodiversidade, que reconectam as várias partes da floresta, permitindo que as espécies transitem de uma área de mata para outra, promovendo o fluxo gênico ao mesmo tempo em que ajudam a restaurar o provimento de serviços ecossistêmicos na região (Metzger, 2003; Metzger, 2009; Brancalion et al., 2010).

Considerando-se a comunidade vegetal é importante destacar que para formação, desenvolvimento e manutenção de uma floresta em restauração, muitos processos ecológicos são necessários ocorrer, tais como a polinização, a dispersão, a germinação de sementes, o estabelecimento de plântulas, o recrutamento das espécies funcionais (Brancalion et al., 2015), dentre outros. Alguns fatores naturais interferem no sucesso da restauração, por exemplo, as condições abióticas: clima, substrato, estrutura da paisagem, disponibilidade de água (Hobbs, Norton, 200; Lockwood; Samuels, 2004), competição com espécies invasoras (Hobbs; Norton, 2004; Siddique et al., 2008, Brancalion et al., 2015), herbivoria (a existência de áreas fontes de propágulos na vizinhança (Thébaud; Strasberg, 1997; Mesquita et al., 2001; Souza; Batista, 2004; Lockwood; Samuels, 2004).

Esses e outros fatores têm sido estudados pela perspectiva da teoria dos filtros (Hobbs; Norton, 2004). O conceito de sucessão, juntamente com o de filtros ecológicos, processos de construção da comunidade e distúrbios fazem parte do amplo conceito da estruturação da comunidade (White; Jentsch, 2004). O conceito de filtros ecológicos

foca nos resultados das interações entre um colonizador e os componentes do ecossistema e assume que dentre as espécies regionais, apenas algumas são adaptadas às condições abióticas e bióticas do local a ser colonizado. Então os diferentes filtros (abióticos ou bióticos) representam as variáveis ecológicas e os processos responsáveis pelas regras de montagem (“assembly rules”) da comunidade (Hobbs; Norton, 2004; Temperton; Hobbs, 2004), e podem obstruir o avanço da sucessão a não ser que sejam manejados.

Estudos que identificam os fatores que conduzem ao sucesso ou ao fracasso das iniciativas de restauração apontaram que a presença de gramínea invasora foi associada a baixa densidade de plantas em regeneração no sub-bosque (Hobbs e Norton, 2004; Souza e Batista, 2004), enquanto que a inexistência de áreas fontes de semente foi um fator adicional apontado (Tabarelli et al., 2008), também foi observada que a presença do gado (em Selvíria), ou a baixa disponibilidade de nutrientes e água no solo, além de outros fatores de perturbação não avaliados dificultam a evolução dos ecossistemas em restauração (Fattorini e Halle, 2004; Lockwood e Samuels, 2004).

Os filtros abióticos têm se mostrado obstáculos mais difíceis de serem ultrapassados no processo de recolonização em um ambiente degradado, pois condições como a falta de nutrientes no solo e a sua compactação dificultam a germinação e o crescimento das plantas (Fattorini; Halle, 2004). Os filtros bióticos relacionados à dispersão podem apresentar limiares de distância entre as áreas restauradas e fontes de sementes, que inviabilizam o restabelecimento do fluxo de espécies entre a área restaurada e o restante da paisagem.

Dentre os fatores abióticos, o solo é um importante fator a ser levado em consideração, pois está diretamente relacionado ao crescimento das plantas, influenciando na composição e estrutura da vegetação através da disponibilização de macro e micronutrientes e na criação de condições favoráveis, como umidade, estrutura, capacidade catiônica e alcalinidade para o desenvolvimento de raízes e plantas (Castilho et al, 2006). Dessa forma, uma análise da qualidade do solo é necessária e deve levar em conta um conjunto de atributos físicos e químicos (Maia e Parron, 2015; Brown et al., 2015).

A análise dos atributos químicos do solo tem a finalidade de verificar elementos

químicos presentes no solo e avaliar a fertilidade. Além disso, é útil para determinar a quantidade das cargas que estão efetivamente saturadas com cátions básicos que são  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}$  e cátions ácidos como  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ . Portanto, o que se busca é determinar o balanço entre ácidos e bases, que dão as características de fertilidade aos solos (Lopes e Guidolin, 1989; Lopes, 1990; 2004). Os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S são absorvidos pela planta em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn. Ambos compõem os minerais e a matéria orgânica do substrato onde a planta cresce e também se apresentam dissolvidos na solução do solo.

A matéria orgânica confere melhor estrutura ao terreno, aumentando sua fertilidade. As argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio são os principais colóides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos em condições tropicais. A CTC de um solo representa a quantidade total de cátions retidos à superfície em condição permutável, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período. Se a maior parte da CTC está ocupada por cátions essenciais  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , representa um solo bom para nutrição das plantas, entretanto se grande parte da CTC está ocupada por  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  este será um solo pobre (Lopes e Guidolin, 1989; Lopes, 1990; 2004; Ronquim, 2010).

A soma de bases trocáveis (SB) de um solo representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ . A saturação por bases (V%) representa a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions. Este índice é excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) possuem V% maior ou igual a 50%, enquanto solos distróficos (pouco férteis) possuem V% inferior a 50% (Lopes e Guidolin, 1989; Lopes, 1990; 2004; Ronquim, 2010).

O pH do solo (grau de acidez ou alcalinidade) também está relacionado à sua fertilidade, pois a estrutura, solubilidade de minerais, disponibilidade de nutrientes, atividades de microrganismos e absorção de íons pela planta são influenciadas pela reação do solo (Lopes e Guidolin, 1989; Lopes, 1990; 2004; Ronquim, 2010).

A análise granulométrica ou da textura tem por finalidade determinar as principais frações granulométricas que compõem um tipo ou classe de solo. Podem-se obter muitas informações dessas determinações como a porosidade, densidades globais e

reais, capacidade de água disponível (CAD), além de se explorar os mecanismos de compactação e adensamento do solo (Lopes e Guidolin, 1989).

O Sistema de agregação do solo que favorece seu mecanismo poroso permite a infiltração de água e o desenvolvimento de raízes, e depende de uma série de fatores intrínsecos ao Sistema como, por exemplo, a granulometria ou dos componentes da fração mineral do solo: argila, silte, areia (Lopes e Guidolin, 1989).

Além dos fatores intrínsecos, os fatores relativos ao tipo de manejo do solo podem interferir no mecanismo de agregação, pela dispersão das argilas tornando-as passíveis de lixiviação. Assim, a análise das argilas dispersas em água avalia o estado de floculação ou dispersão das argilas, fornecendo subsídios para determinar se o solo está sujeito à compactação ou à lixiviação provocando o entupimento dos poros capilares que mantém o movimento de água do lençol freático para a superfície, comprometendo o crescimento radicular da planta (Lopes e Guidolin, 1989).

## 2. OBJETIVOS

- Verificar se fatores de perturbação influenciam o sucesso de restaurações.
- Verificar a influência de características físicas e químicas do solo sobre o sucesso da restauração florestal;
- Verificar se a distância da fonte de sementes mais próxima influencia o sucesso da restauração;

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo refere-se à análise dos fatores de manejo, fatores edáficos e ambientais e sua influência sobre os atributos da comunidade vegetal. Para estas análises foram utilizadas as parcelas de amostragem de flora descritas no capítulo 1 e foram coletadas amostras de solo em cada parcela, foi determinada a distância do fragmento mais próximo e registrados, fatores de perturbação incluindo presença de gado, formigas cortadeiras e gramíneas invasoras.

#### 3.1. *Área de estudo*

A área de estudo deste projeto (UTM 352507,3336, 7500057,45; 354334,9497, 7500395,602) localiza-se nos municípios de Teodoro Sampaio e Euclides da Cunha Paulista, no extremo oeste paulista. A região é denominada Pontal do Paranapanema, onde destacam-se as unidades de proteção integral Estação Ecológica do Mico-Leão-Preto e Parque Estadual Morro do Diabo.

O Corredor Ecológico da Fazenda Rosanela conecta a ESEC Mico-Leão-Preto ao Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD), o local de estudo configura um trecho do Corredor, conforme descrito na sessão Área de estudo da Introdução Geral.

#### 3.2. *Análise de solo*

Foram definidas parcelas amostrais de 20m x 20m (Figura 12) sobrepostas às parcelas amostrais de vegetação. Foram coletadas amostras compostas do solo, coletando-se em cada parcela amostral 5 amostras simples de solo a uma profundidade de 20 centímetros e distância de no mínimo 5 metros entre as subamostras. As coletas simples foram efetuadas no ponto central e nos vértices da parcela amostral e nos vértices do mesmo. Cada amostra composta foi homogeneizada e retiramos 400 gramas para encaminhar ao laboratório de análises.

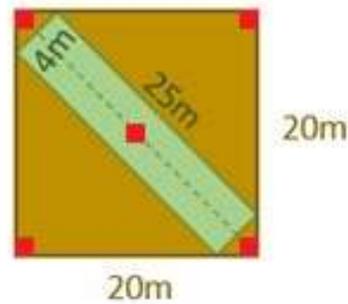


Figura 12. Parcelas amostrais. Em marrom a parcela amostral de solo, medindo 20 x 20 m, em verde a parcela amostral da vegetação, medindo 25 x 4m, em vermelho os pontos de coleta de subamostra de solo.

Foram analisados parâmetros químicos e físicos do solo (Tabela 3). As análises do solo foram realizadas pelo laboratório do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP - Piracicaba.

Tabela 3. Parâmetros analisados no solo coletado.

Tipo de análise	Variáveis	Abreviatura	Unidade	
Química	Matéria orgânica	M.O.	g/dm <sup>3</sup>	
	Fósforo	P	mg/	
	Soma das bases	S.B.	mmolc/dm <sup>3</sup>	
	Acidez potencial	H+Al	mmolc/dm <sup>3</sup>	
	Capacidade de Troca de Cátions efetiva	C.T.C.	mmolc/dm <sup>3</sup>	
	Porcentagem de saturação por bases	V%	%	
	Cálcio	Ca	mmolc/dm <sup>3</sup>	
	Potássio	K	mmolc/dm <sup>3</sup>	
	Magnésio	Mg	mmolc/dm <sup>3</sup>	
	pH	pH	—	
	Carbono	C	g.Kg <sup>-1</sup>	
	Física	Argila com dispersante (<0.002 mm)		%
		Silte (0.002 a 0.053 mm)		%
		Areia Fina (0.053mm a 0.2mm)		%
Areia Grossa (0.2 a 2mm)			%	
Areia total (0.053 a 2 mm)			%	

### 3.3. *Fatores de perturbação*

Através da observação, foram levantados dados categóricos de presença/ausência de fatores de perturbação que podem interferir no sucesso da restauração, como por exemplo, presença de gramínea invasora, de gado (ou de fezes bovinas), presença de formiga cortadeira e de cupim.

### 3.4. *Distância do fragmento fonte*

Foi calculada a distância euclidiana entre os fragmentos (Anexo B), ou seja, a distância linear entre o ponto central de cada parcela com o Parque Estadual Morro do Diabo. Desse modo foi possível verificar se a distância do fragmento fonte de sementes mais próxima influencia o sucesso da restauração.

### 3.5. *Análise dos dados*

Para avaliar a influência dos fatores de perturbação capazes de influenciar a trajetória e o desempenho de comunidades em restauração, realizamos comparação de médias entre os indicadores da restauração (cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos regenerantes, número de espécies regenerantes e altura média de dossel) entre as categorias para cada fator analisado (presença de gado, de gramínea invasora, de formigas cortadeiras e de cupim). Foi aplicado o Teste de Bartlett para testar a homogeneidade da variância, se rejeitada a hipótese de normalidade ( $p < 0,05$ ), ou seja, não apresentou distribuição normal, então foi realizada a transformação dos dados para a função logarítmica, e então foi aplicado o Teste T para comparar a variável resposta (dependente) com cada variável explicativa (independente). A variável densidade de indivíduos nativos regenerantes se mostrou fora da normalidade, então foi transformada em função logarítmica para se enquadrar nos requisitos dos testes paramétricos.

Para investigar a associação das variáveis resposta (Cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos regenerantes, número de espécies regenerantes e altura média de dossel) com as variáveis explicativas (Areia total,

areia grossa, argila com dispersante, silte, CTC, V% e distância da área fonte) foi construída, com dados individualizados por parcela, a matriz de correlações de Pearson.

Para analisar a influência dos atributos físicos do solo na restauração primeiro foi aplicada a Análise dos Componentes Principais - PCA a fim de reduzir a dimensionalidade, eliminar sobreposições e escolher a forma mais representativa dos dados a partir de combinações lineares das variáveis originais, que são: teor de areia grossa, de areia fina, de silte e de argila. Foi considerado o primeiro eixo da PCA, chamado PC1f. O mesmo foi feito para os atributos químicos do solo, foram analisadas dez variáveis (pH, matéria orgânica, fósforo resina, potássio resina, cálcio resina, magnésio resina, acidez potencial, soma de bases trocáveis, capacidade de troca de cátions e v%). Então foi considerado a componente principal (eixo 1: PC1q) que melhor representa a distribuição dos dados.

As variáveis independentes PC1f, PC1q, Altura média de dossel e Distância euclidiana da parcela em relação Parque Estadual Morro do Diabo foram selecionadas para investigar quais fatores influenciaram mais no sucesso da restauração (variáveis dependentes: Cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de espécies nativas regenerantes, número de espécies nativas regenerantes).

Para relacionar as variáveis independentes (variáveis físicas e químicas do solo, distância euclidiana da parcela em relação ao Parque Estadual Morro do Diabo e altura média de dossel) com as variáveis-resposta (Cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos nativos regenerantes, número de espécies nativas regenerantes) foram usados os Modelos Lineares Generalizados – GLM, com distribuições Poisson (variáveis discretas) ou Gaussiana (variáveis contínuas), verificadas pelo gráfico quantil-quantil.

Foram propostos quinze modelos (tabela 4), para cada uma das variáveis resposta (Cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de espécies nativas regenerantes, número de espécies nativas regenerantes). A fim de verificar quais modelos se ajustam melhor foi utilizado o Critério de Informação de Akaike, AIC.

Esse método ordena os modelos propostos indicando aqueles com a maior probabilidade de serem selecionados dentro do conjunto de dados amostrais. Para tanto foram gerados diversos parâmetros como o AICc, que faz a estimativa da distância relativa de um determinado modelo ao modelo “real”;  $\Delta_i$  AIC, que apresenta a diferença relativa entre um determinado modelo e o menor valor de AIC dentre todos os modelos; w AIC, mostra a chance do modelo ser selecionado o que varia de 0 a 1; e a Razão de evidência, que é a razão relativa de um determinado modelo ao maior valor de w AIC. Além disso, também foi calculada a importância relativa das variáveis resposta, somando-se a chance da seleção dos modelos (w AIC) em que cada variável estava presente (Burnham & Anderson, 1998).

**Tabela 4.** Variáveis edáficas e da paisagem para os quinze modelos de regressão linear propostos para o índice de cobertura do solo por vegetação nativa, o índice de densidade de espécies nativas regenerantes, o número de espécies nativas regenerantes, o número de espécies zoocóricas nativas regenerantes e o número de espécies autocóricas nativas regenerantes. x1= PC1 dos dados físicos do solo; x2= PC1 dos dados químicos do solo; x3= Distância euclidiana da parcela em relação ao Parque Estadual Morro do Diabo. Pontal do Paranapanema, SP.

<i>Modelos</i>	<i>Variáveis explicativas</i>
md1	x1
md2	x2
md3	x3
md4	x4
md5	x1+x2
md6	x1+x3
md7	x1+x4
md8	x2+x3
md9	x2+x4
md10	x3+x4
md11	x1+x2+x3
md12	x1+x2+x4
md13	x2+x3+x4
md14	x1+x3+x4
md15	x1+x2+x3+x4

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Fatores de perturbação

Com relação aos fatores ambientais de perturbação capazes de influenciar a trajetória e o desempenho de comunidades em restauração, 53,3% das parcelas apresentaram presença de gramínea invasora (Figura 13.A.), 33,3% das parcelas apresentaram presença de formiga cortadeira (Figura 13.B.), 80% das parcelas apresentaram vestígio da presença de gado (Figura 13.C.), e 50% apresentaram presença de cupim (Figura 13.D.).

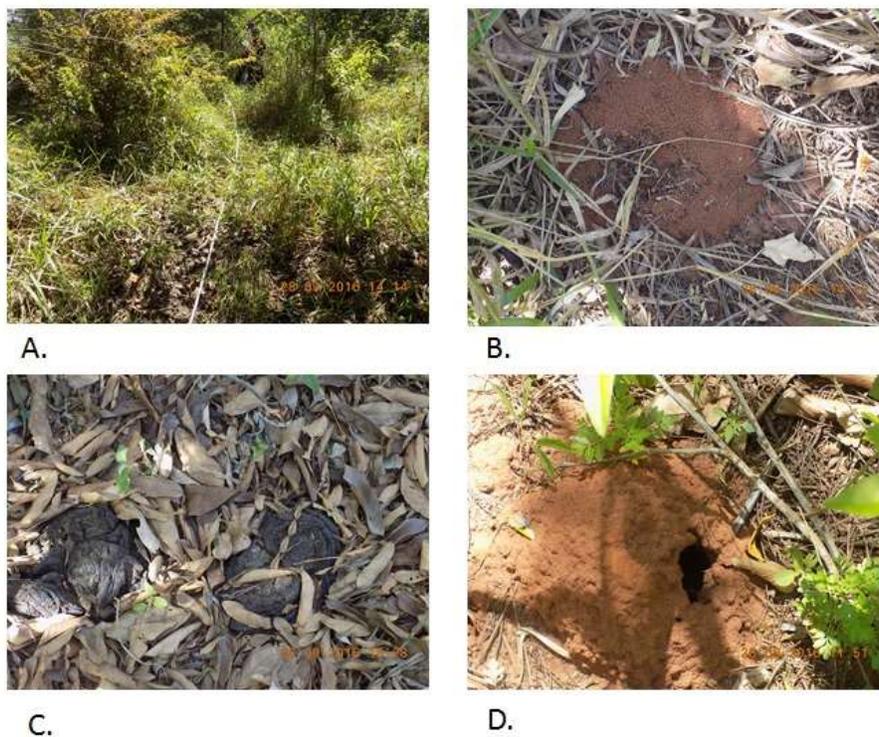


Figura 13. A. Presença de gramínea invasora na parcela 14 (ano de plantio 2011). B. Presença de formiga cortadeira na parcela 1 (ano de plantio 2011). C. Presença de indícios de gado na parcela 6 (ano de plantio 2012). D. Presença de cupim na parcela 5 (ano de plantio 2011).

Após o Teste de Bartlett e o Teste T, os fatores de degradação que apresentaram valor significativo ( $p < 0,05$ ) foram: a presença de gramínea invasora influenciou negativamente o número de espécies nativas regenerantes ( $p = 0,0002$ ), o percentual de cobertura do solo por vegetação nativa ( $p = 0,003$ ), e a densidade de indivíduos nativa regenerante ( $p = 0,01$ ) (Figura 14). A presença de formigas cortadeiras influenciou negativamente a densidade de indivíduos nativos regenerantes ( $p = 0,03$ ) (Figura 15); a

presença de gado afetou negativamente o percentual de cobertura do solo por vegetação nativa ( $p=0,007$ ) (Figura 16). A presença de cupim não apresentou diferença significativa para nenhuma variável resposta.

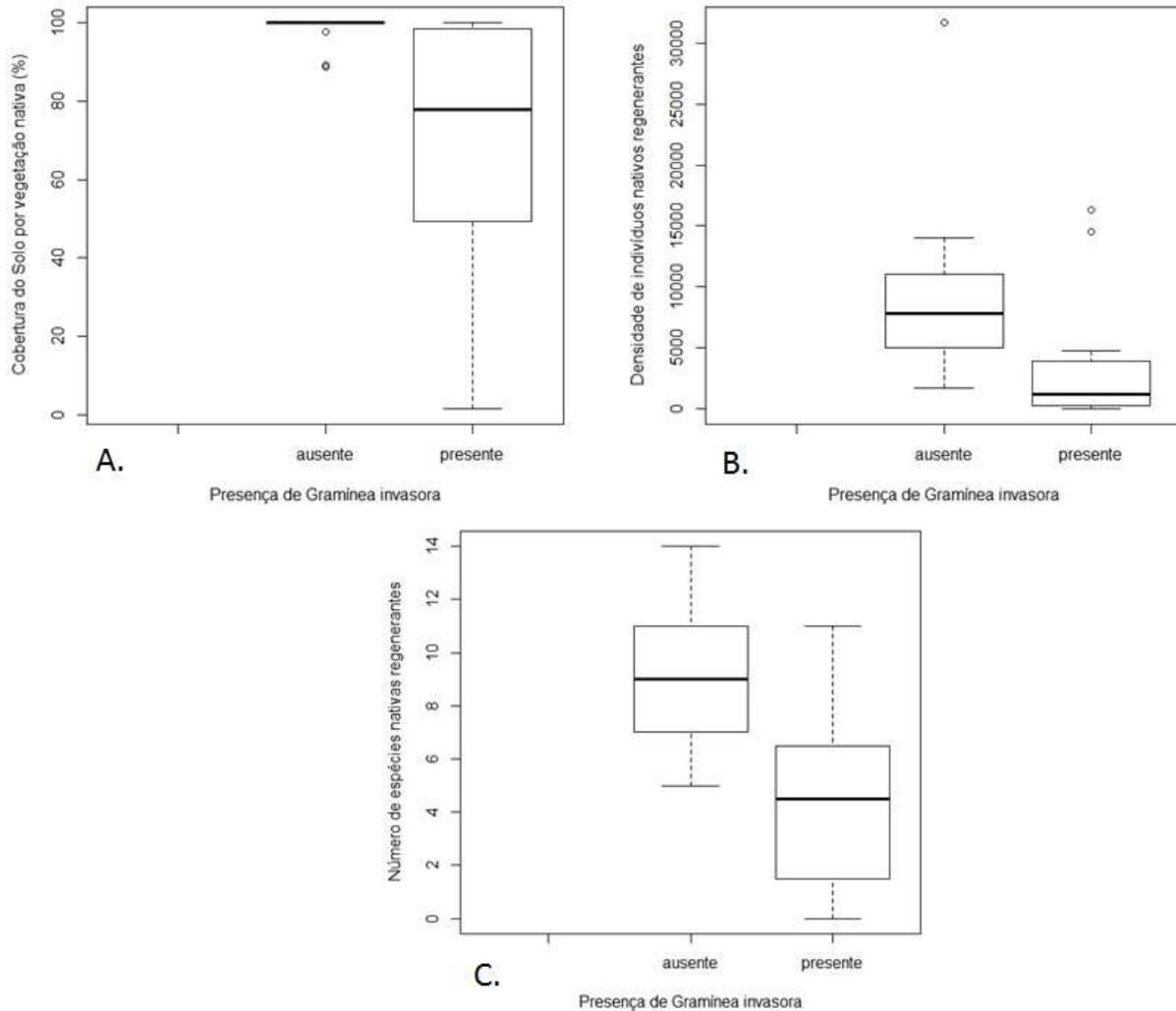


Figura 14. Cobertura do solo por vegetação nativa (A), densidade de indivíduos nativos regenerantes (B) e número de espécies nativas regenerantes por parcela (C), em unidades amostrais com e sem gramíneas invasoras. Boxplot entre os valores médios obtidos para as duas categorias. A linha horizontal mais escura representa a mediana, o retângulo a variação entre os quantis (25-75%) e a linha pontilhada o intervalo de confiança dos dados (95%).

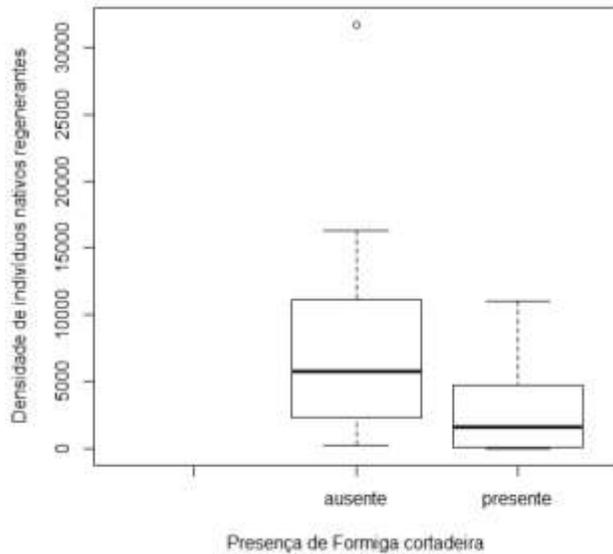


Figura 15. Densidade de indivíduos regenerantes nas parcelas com ou sem formigas cortadeiras. Boxplot dos valores médios obtidos para as duas categorias. A linha horizontal mais escura representa a mediana, o retângulo a variação entre os quantis (25-75%) e a linha pontilhada o intervalo de confiança dos dados (95%).

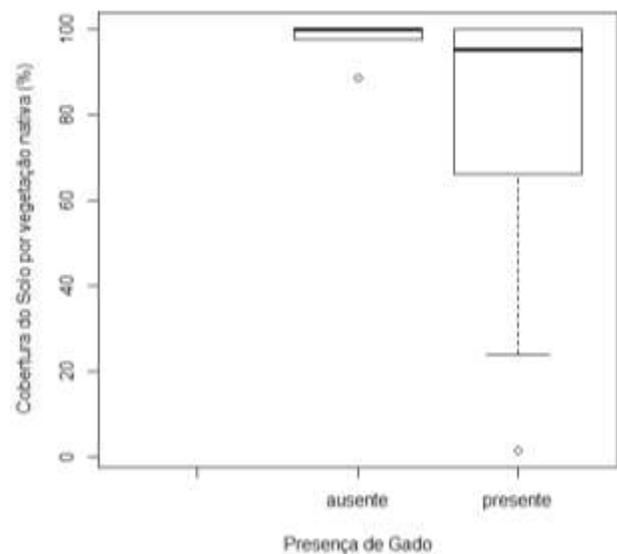


Figura 16. Cobertura do solo por vegetação nativa nas parcelas com e sem gado. Boxplot dos valores médios obtidos para as duas categorias. A linha horizontal mais escura representa a mediana, o retângulo a variação entre os quantis (25-75%) e a linha pontilhada o intervalo de confiança dos dados (95%).

#### 4.2. Características química do solo

A análise descritiva do solo apontou que o solo do corredor é ácido, apresentando valores médios de pH 4,2, sendo o menor valor 3,9 e o maior valor 4,7 e a acidez potencial (H+Al) com valores médios de 19,93 mmolc/dm, variando de 15 mmolc/dm a 31 mmolc/dm.

Com relação à presença dos macronutrientes, a quantidade média de fósforo resina (P) foi de 3,567 mg/dm, variando de 2 mg/dm a 6 mg/dm; de potássio resina (K) foi de 1,193 mmolc/dm, variando de 0,500 mmolc/dm a 2,400 mmolc/dm; de cálcio resina (Ca) foi de 5,433 mmolc/dm, variando de 2 mmolc/dm a 16 mmolc/dm e de magnésio resina (Mg) foi de 3,567 mmolc/dm, variando de 0 a 6 mmolc/dm.

Analisando a fertilidade do solo, o teor de matéria orgânica colorimétrica apresentou média de 13,03 g/dm, sendo o valor mínimo 4 g/dm e o valor máximo 22 g/dm; a soma de bases (SB) apresentou valores médios de 10,027 mmolc/dm, com variação entre 0,600 mmolc/dm e 23,200 mmolc/dm; a capacidade de troca de cátions (CTC) teve

valor médio de 29,96 mmolc/dm, variando de 16,50 mmolc/dm a 43,20 mmolc/dm e a saturação por bases teve valor médio em 31.1%, variando de 4% a 54%.

Os resultados obtidos sobre a influência das variáveis químicas do solo sobre a restauração podem ser sintetizados por meio da Análise dos Componentes Principais das variáveis químicas do solo (Figura 17), os eixos 1 e 2 representam juntos 82%. O eixo 1 (PC1q) ordena as variáveis estudadas da esquerda (valores negativos) para a direita (valores positivos) e representa sozinho 68%. Os maiores valores das variáveis químicas do solo foram associados à altura média de dossel *muito alta*. As menores alturas médias de dossel estiveram associadas aos valores negativos deste eixo. Em síntese, as variáveis químicas do solo tiveram correlação com o crescimento das espécies plantadas, ficando evidente que áreas com solo mais fértil tiveram um melhor desenvolvimento do indivíduo, apresentando médias de altura de dossel mais altas.

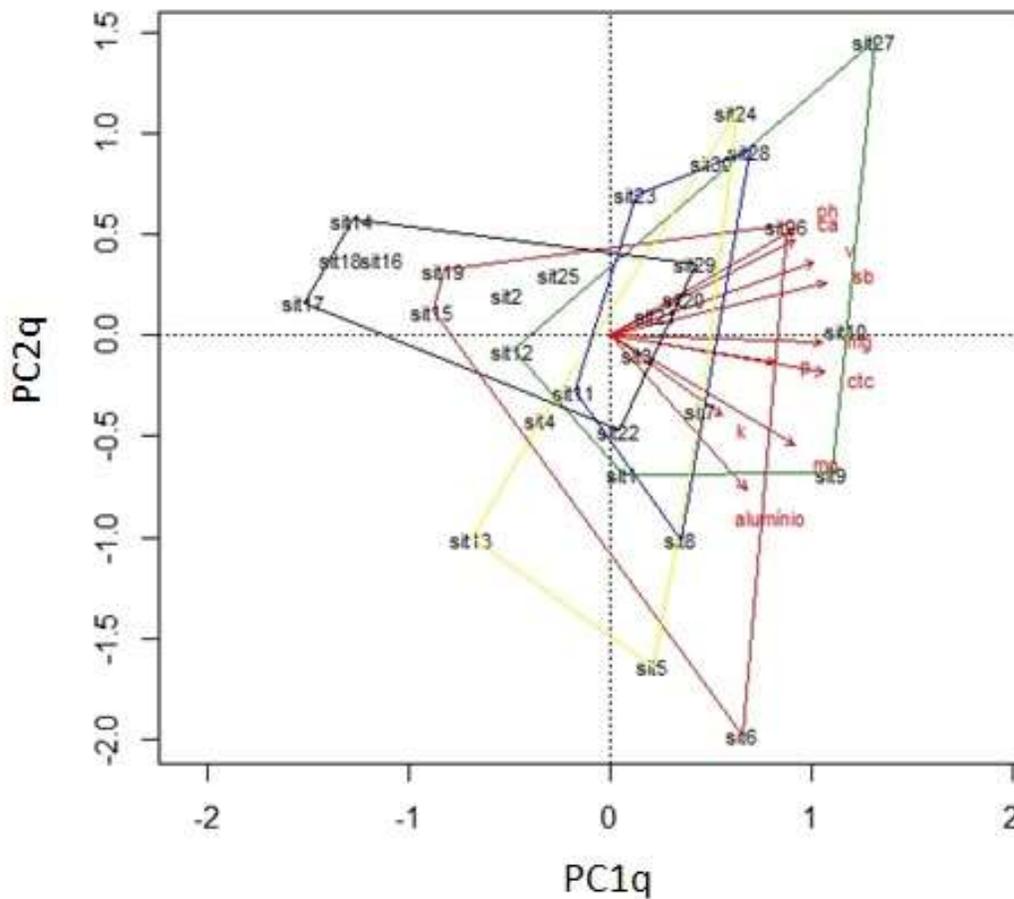


Figura 17. Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) das unidades amostrais geradas a partir de nove variáveis químicas do solo. Os vetores indicam a intensidade das variáveis aos eixos. Legenda de siglas: ph = pH, ca = cálcio, v = v%, sb = soma de bases, mg = magnésio, ctc = capacidade de troca de cátions, p = fósforo, k = potássio, alumínio = acidez potencial. As cores representam as classes de altura média de dossel: Verde = muito alto, Azul = alto, Amarelo = médio, Vermelho = baixo, Preto = muito baixo.

#### 4.3. Características física do solo

De acordo com as classes de textura do solo, dentre as 30 parcelas, 60% delas possui solo arenoso e 40% possui solo médio arenoso. O teor de areia fina variou de 327 g/kg a 504 g/kg, com média de 424,4 g/kg, já o teor de areia grossa variou de 298 g/kg a 575 g/kg e apresentou média de 430,5 g/kg. A quantidade de argila com dispersante teve valores médios de 120,33 g/kg, com variação de 38 g/kg a 226 g/kg entre as

parcelas analisadas e a quantidade de silte apresentou valores médios de 24,8 g/kg, com variação de 16 g/kg a 36 g/kg.

Os resultados obtidos sobre a influência das variáveis físicas do solo sobre a restauração podem ser sintetizados por meio da Análise dos Componentes Principais das variáveis físicas do solo (Figura 18). O eixo 1 (PC1f), que representa 50% dos dados e apresenta valores positivos para argila, areia fina e silte, relacionando-os com as classes de altura média de dossel *muito alta*, *alta*, *média* e *baixa*. A altura média de dossel *muito baixa* foi associada ao teor de areia grossa, que apresenta valores negativos.

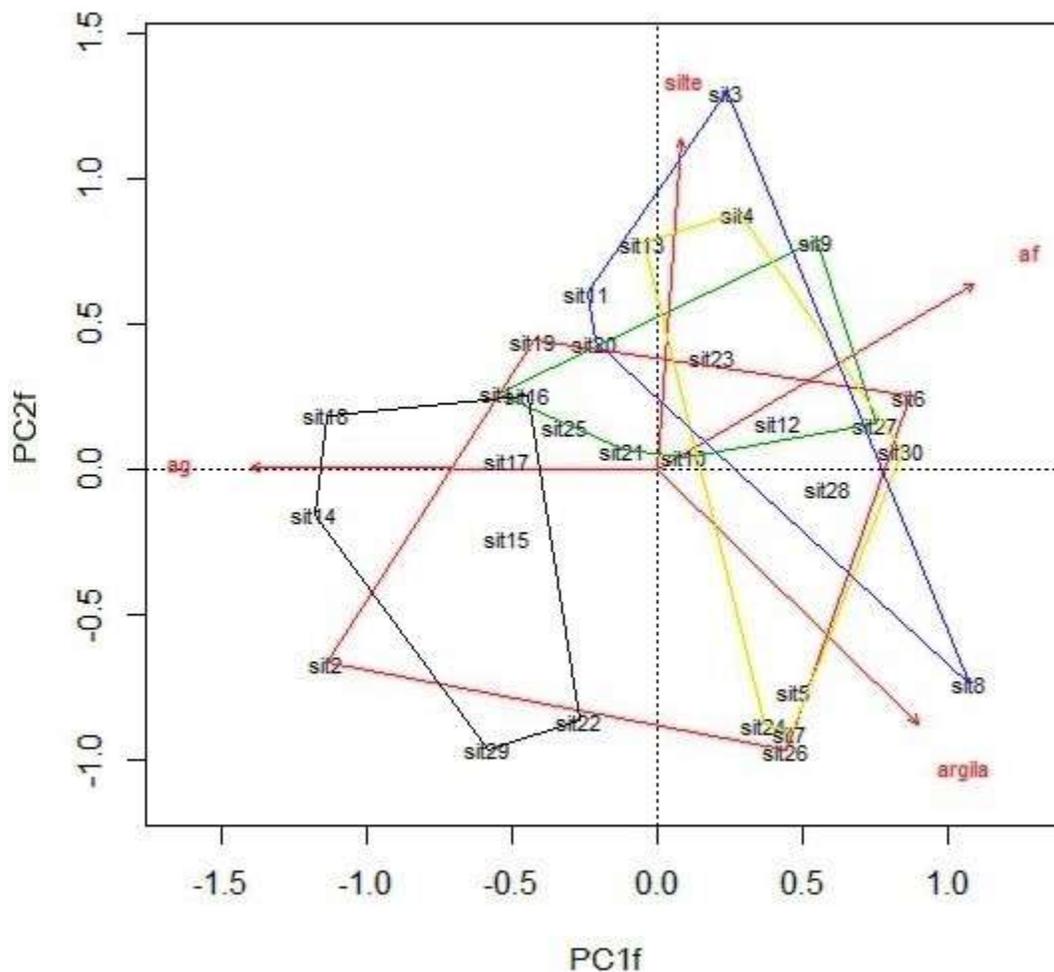


Figura 18. Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) das unidades amostrais geradas a partir de quatro variáveis físicas do solo. Os vetores indicam a intensidade das variáveis aos eixos. Legenda de siglas: ag = areia grossa, af = areia fina. As cores representam as classes de altura média de dossel: Verde = muito alto, Azul = alto, Amarelo = médio, Vermelho = baixo, Preto = muito baixo.

#### 4.4. Seleção de modelos

Na seleção de modelos verificamos que os modelos que consideram a variável altura média de dossel está diretamente relacionada com os indicadores de cobertura do solo por vegetação nativa, a densidade de indivíduos nativos regenerantes, o número de espécies nativas regenerantes e a porcentagem de espécies zoocóricas nativas regenerantes. Para o número de espécies autocóricas nativas regenerantes o modelo nulo é o que melhor explica (Tabela 5), mas outros modelos também apresentam chances de serem selecionados.

A altura de dossel é o indicador mais fortemente correlacionado ao número de espécies regenerantes, seguido pela PC1 das variáveis químicas do solo na análise dos componentes principais. De acordo com a análise de importância relativa das variáveis (Tabela 6), a variável de paisagem que mais se relaciona com o número de espécies regenerantes e o percentual de cobertura do solo é a altura de dossel, seguido pela distância do PEMD, PC1 das variáveis químicas e, por último, a PC1 das variáveis físicas (Tabela 5). Sendo as duas primeiras variáveis explicativas as mais relevantes.

O modelo 10, que envolve as variáveis distância euclidiana da parcela em relação ao PEMD e a altura média de dossel é o modelo que melhor explica o número de espécies regenerantes, número de espécies regenerantes zoocóricas e o percentual de cobertura do solo.

O modelo 4, que envolve a variável altura média de dossel é o modelo que melhor explica a densidade de espécies regenerantes. As variáveis PC1 dos dados físicos do solo se mostrou relevante no modelo 7, explicando a densidade de indivíduos regenerantes. Já a PC1 dos dados químicos do solo se mostrou relevante no modelo 9, explicando o número de espécies regenerantes e a densidade de indivíduos regenerantes. Para a variável resposta número de espécies nativas autocóricas, o modelo nulo é o que melhor explica os valores encontrados.

Considerando a distância euclidiana das parcelas amostrais em relação ao Parque Estadual Morro do Diabo, que é considerada a área fonte de sementes, a maior parte das parcelas se encontra a uma distância superior a 2km e inferior a 5km do PEMD (Anexo B). Esta variável se mostrou importante na seleção de modelos, sendo selecionada por todas as variáveis respostas.

A análise da importância relativa das variáveis (Tabela 7) confirma que a altura média de dossel é o fator mais relevante a ser considerado em uma restauração.

**Tabela 5. Melhores modelos de regressão na explicação das variações no Número de Espécies nativas Regenerantes (NER), Densidade de Indivíduos nativos Regenerantes (DIR), Percentual de Cobertura do solo (PC), Número de Espécies zoocóricas nativas Regenerantes (NER ZOOCORICA) e Número de Espécies autocóricas nativas Regenerantes nas áreas amostradas no corredor ecológico do Pontal do Paranapanema, SP, usando o Akaike's information criteria. As colunas representam: var – variáveis analisadas (x1= PC1 dos dados físicos do solo; x2= PC1 dos dados químicos do solo; x3= Distância euclidiana da parcela em relação ao Parque Estadual Morro do Diabo; x4= Altura média de dossel); n – n amostral; aicc – estimativa da distância relativa ao modelo “real”;  $\Delta_i$  AIC – diferença relativa ao menor valor de aic; peso – chance do modelo ser selecionado (w AIC); Razão de evidência – razão relativa ao maior valor de w AIC.**

<b>NER</b>	Var	n	Aaicc	$\Delta_i$ AIC	w AIC	Razão de evidência
md10	x3+x4	30	143	0	0.325	1
md4	x4	30	144	0.512	0.252	1.29
md9	x2+x4	30	145	1.933	0.124	2.63
<b>DIR</b>	Var	n	Aicc	$\Delta_i$ AIC	w AIC	Razão de evidência
md4	x4	30	124.9656	0	0.296612	1
md10	x3+x4	30	125.4488	0.483214	0.232949	1.273294
md7	x1+x4	30	126.6604	1.694796	0.127107	2.333567
md9	x2+x4	30	126.7057	1.74012	0.124259	2.387055
<b>PC</b>	Var	n	Aicc	$\Delta_i$ AIC	w AIC	Razão de evidência
md10	x3+x4	30	111.7067	0	0.453481	1
<b>NER ZOOCÓRICA</b>	Var	n	Aicc	$\Delta_i$ AIC	w AIC	Razão de evidência
md10	x3+x4	30	112	0	0.453	1
<b>NER AUTOCÓRICA</b>	Var	n	Aicc	$\Delta_i$ AIC	w AIC	Razão de evidência
md0	1	30	58.66305	0	0.171685	1
md1	x1	30	59.13135	0.468302	0.135845	1.263836
md2	x2	30	59.17103	0.507983	0.133176	1.289161
md4	x4	30	59.24034	0.577289	0.12864	1.334617
md3	x3	30	59.4653	0.802255	0.114954	1.493508

**Tabela 6. Importância relativa das variáveis independentes para os quinze modelos propostos: soma dos w AIC (chance do modelo ser selecionado, que varia de 0 a 1) de todos os modelos em que uma determinada variável estava presente. Os valores mais altos expressam maior importância da variável. Para cada variável estão destacados em negrito os resultados mais elevados. As colunas representam: PC – percentual de cobertura do solo por vegetação nativa; DIR – densidade de indivíduos regenerantes; NER – número de espécies regenerantes; NER ZOOCORICA – número de espécies zoocóricas. Pontal do Paranapanema, SP.**

<i>Variáveis</i>	<i>Percentual de Cobertura</i>	<i>Densidade de ind. regenerantes</i>	<i>Núm. de espécies reg.</i>	<i>Núm.de espécies reg. zoocóricas</i>	<i>Altura média de dossel</i>
PC1 dos dados físicos do solo	0,304	0,259	0,212	0,214	
PC1 dos dados químicos do solo	0,223	0,266	0,258	0,208	
Distância euclidiana em relação ao PEMD	0,23	0,389	0,508	0,697	
Altura média de Dossel	<b>0,994</b>	<b>0,959</b>	<b>0,999</b>	<b>0,996</b>	

De acordo com a Figura 21, é possível observar que quanto maior o teor de areia grossa, menor a altura de dossel, apresentando correlação de -57,62%. Além disso, o eixo 1 da PCA das variáveis físicas do solo apresentou correlação com o número de espécies regenerantes de 49,17% (figura 22), com a cobertura do solo de 49,34% (figura 23) e com a densidade de indivíduos regenerantes de 36,44% (figura 24).

#### 4.5. Distância euclidiana da área fonte de sementes

Houve correlação da Distância euclidiana da área fonte de sementes com o número de espécies regenerantes ( $p=0,003$ ,  $R^2=0,24$ ) e com a altura média de dossel ( $p=0,008$ ,  $R^2=0,19$ ), onde as figuras 19 e 20 indicam que quanto mais distante da área fonte de semente, maior o número de espécies regenerantes e maior a altura média do dossel.

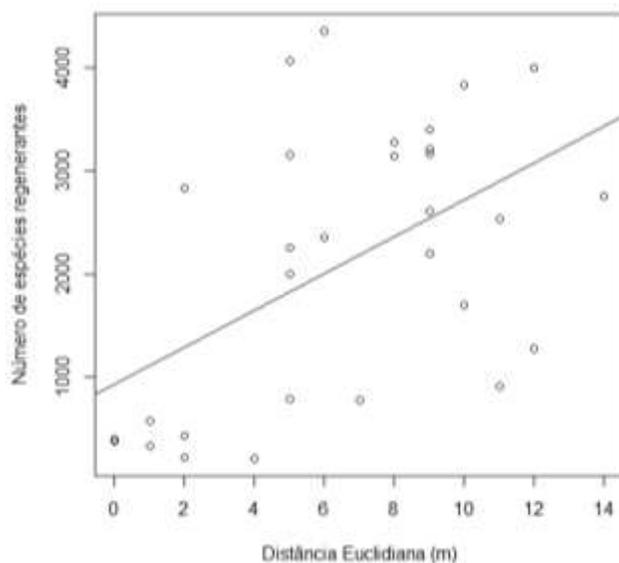


Figura 19. Correlação entre a distância euclidiana da área fonte de sementes e o número de espécies regenerantes.

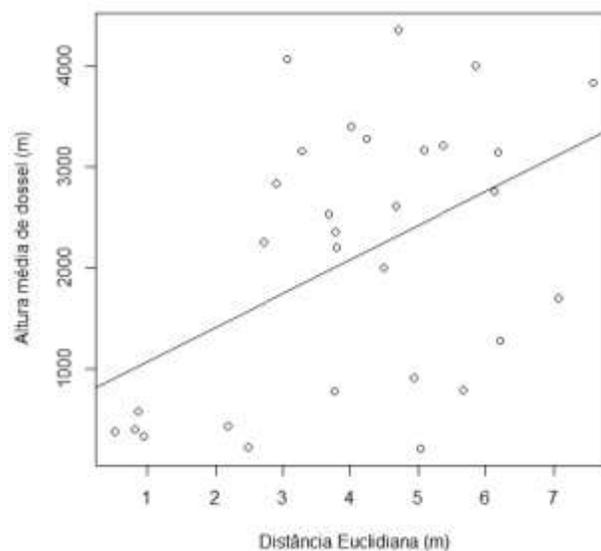


Figura 20. Correlação entre a distância euclidiana da área fonte de sementes e a altura média de dossel.

Tabela 7. Correlações de Pearson entre as variáveis explicativas (Argila com dispersante, Silte, Areia grossa (AG), Areia Total (AT), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentagem de Saturação por Bases (V%) e Distância Euclidiana (Dist.Eucli) e as variáveis resposta (Cobertura do solo por vegetação nativa (PC), Número de espécies regenerantes (NER), Densidade de indivíduos regenerantes (DIR) e Altura média de Dossel).

	Argila	Silte	AG	AT	CTC	V%	Dist. Eucli.	PC	NER	DIR	Altura média de Dossel
Argila	1										
Silte	-0.21	1									
AG	-0.65	-0.06	1								
AT	-0.99	0.1	0.67	1							
CTC	0.68	0.004	-0.75	-0.7	1						
V%	0.54	-0.01	-0.59	-0.55	0.79	1					
Dist.Eucli.	0.66	0.01	-0.42	-0.68	0.65	0.67	1				
PC	0.32	0.2	-0.49*	-0.35	0.42	0.57*	0.25	1			
NER	0.28	0.27	-0.49*	-0.32	0.64*	0.66*	0.52*	0.64	1		
DIR	0.16	0.002	-0.36	-0.16	0.28	0.13	0.18	0.34	0.49	1	
Altura média de Dossel	0.31	0.24	-0.57*	-0.35	0.7*	0.79*	0.47*	0.69	0.81	0.32	1

\*=correlação significativa  $p < 0,001$ .

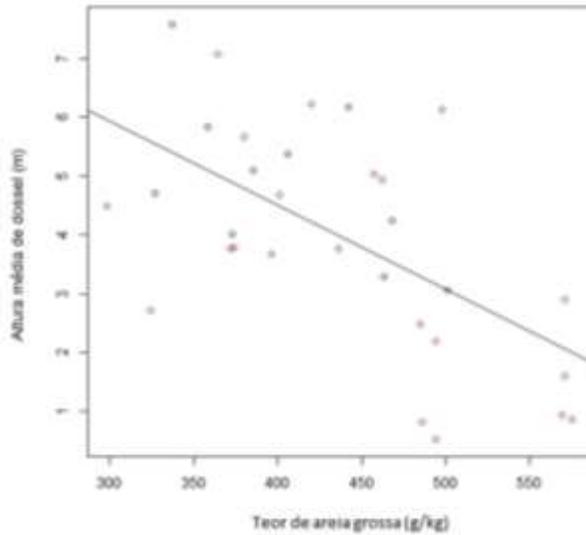


Figura 21. Correlação entre a altura média de dossel e o teor de areia grossa.

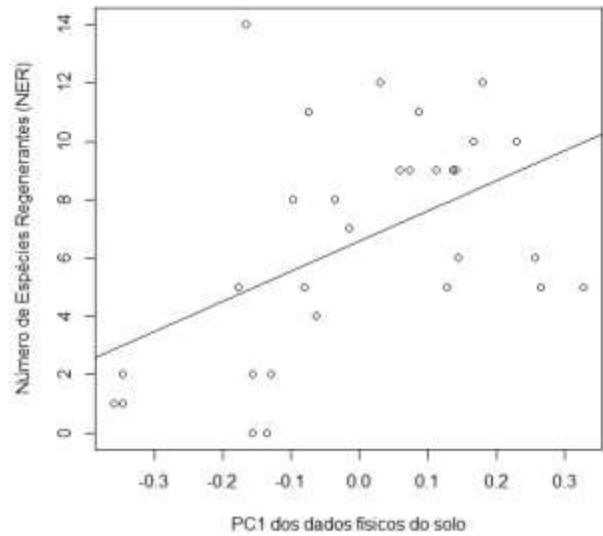


Figura 22. Correlação entre número de espécies nativas regenerantes e o eixo PC1f das variáveis físicas do solo.

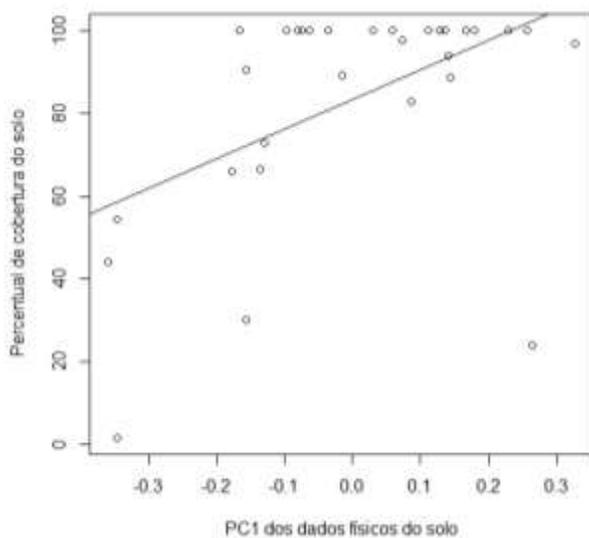


Figura 23. Correlação entre percentual de cobertura do solo por vegetação nativa e o eixo PC1f das variáveis físicas.

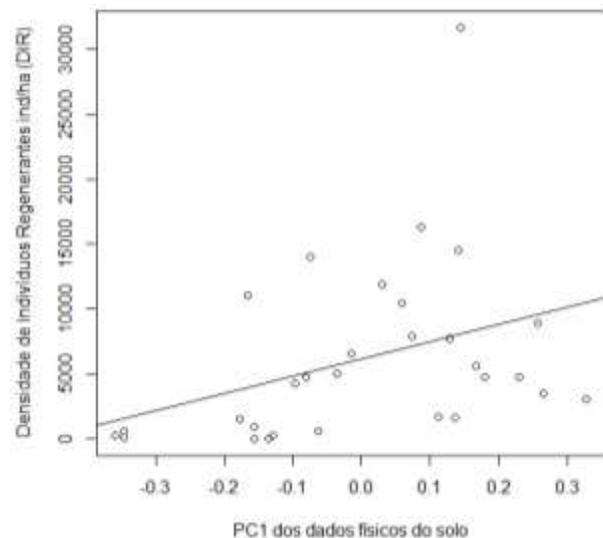


Figura 24. Correlação entre a densidade de indivíduos nativos regenerantes e o eixo PC1f das variáveis físicas.

Foi observada correlação entre o eixo 1 da PCA das variáveis químicas do solo com o número de espécies nativas regenerantes de 70% (Figura 25) e cobertura do solo por vegetação nativa de 50,11% (Figura 26). Além disso, as variáveis CTC e V% apresentaram correlação com os indicadores altura média de dossel (Figura 27 e 30,

respectivamente), cobertura do solo por vegetação nativa (Figura 28 e 31, respectivamente) e número de espécies regenerantes (Figura 29 e 32, respectivamente).

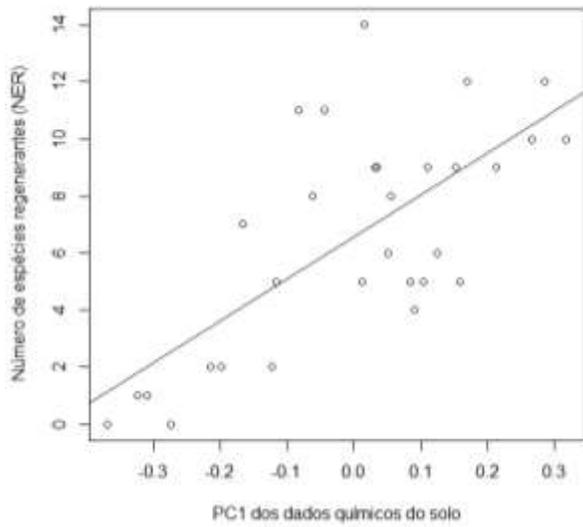


Figura 25. Correlação entre o número de espécies regenerantes e o eixo PC1q das variáveis químicas.

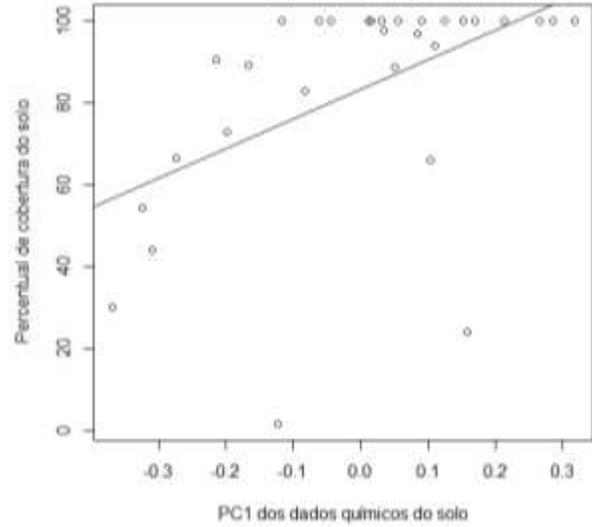


Figura 26. Correlação entre o percentual de cobertura do solo por vegetação nativa e o eixo PC1q das variáveis químicas.

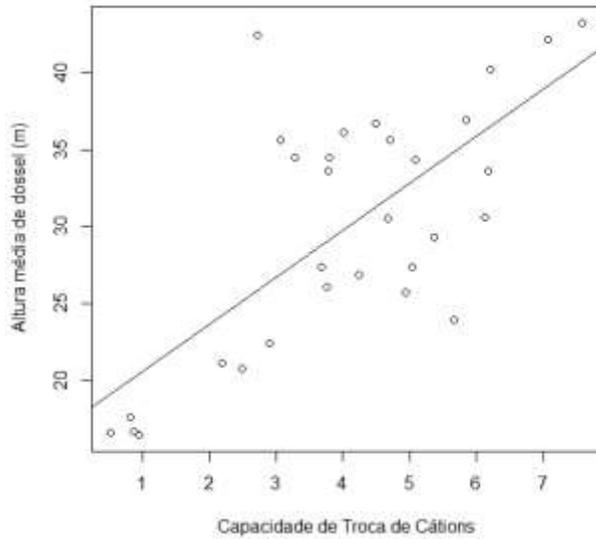


Figura 27. Correlação entre a altura média de dossel e a capacidade de troca de cátions.

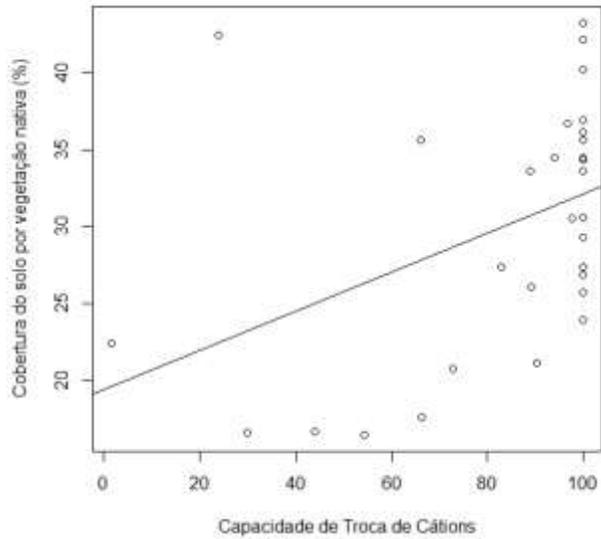


Figura 28. Correlação entre a cobertura do solo por vegetação nativa e a capacidade de troca de cátions.

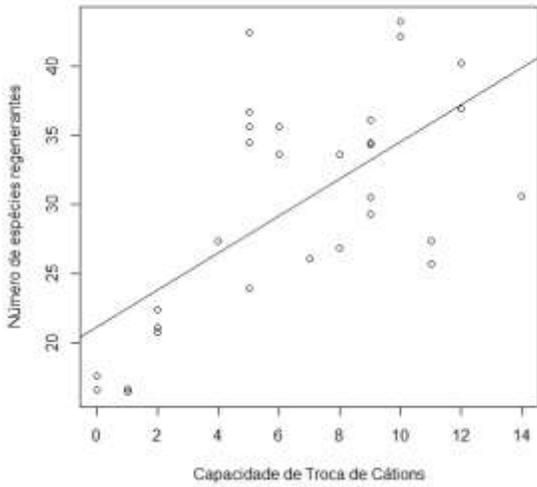


Figura 29. Correlação entre o número de espécies regenerantes e a capacidade de troca de cátions.

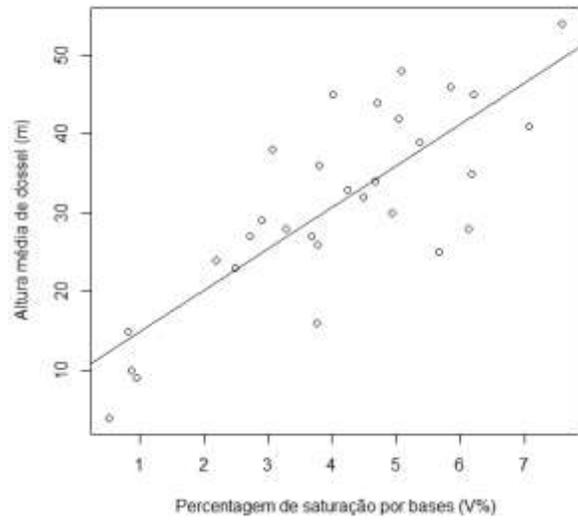


Figura 30. Correlação entre a altura média de dossel e V%.

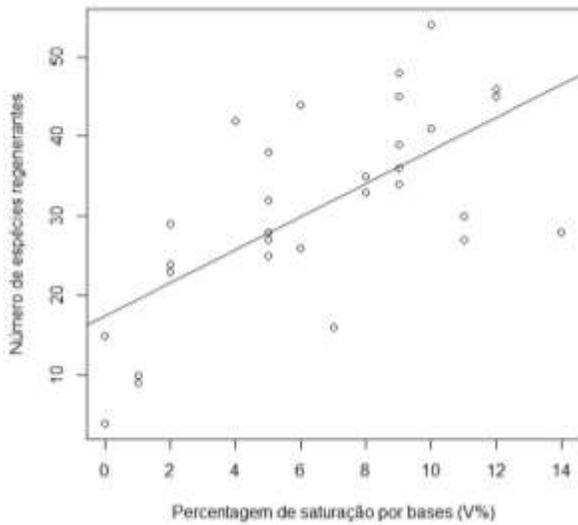


Figura 31. Correlação entre o número de espécies regenerantes e V%.

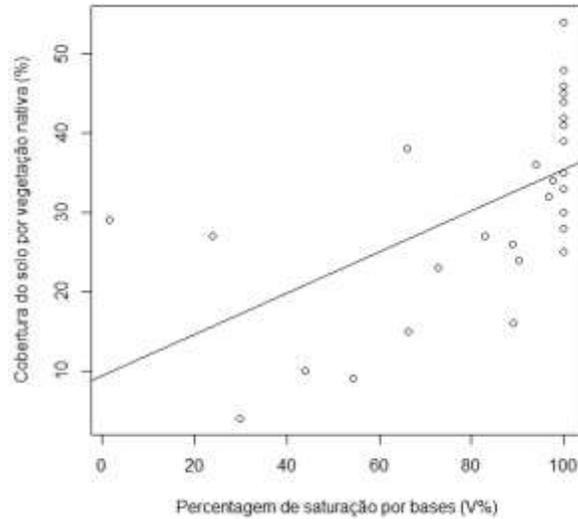


Figura 32. Correlação entre a cobertura do solo por vegetação nativa e V%.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. *Influência dos fatores naturais sobre a restauração*

A presença de gramínea invasora (*Brachiaria sp.*) foi o fator natural que mais teve relação com os indicadores da restauração analisadas. Os gráficos A, B e C (Figura 13) deixam claro que houve grama-competição e nas áreas onde houve domínio da *Brachiaria sp.* foram encontradas a grande quantidade de mudas mortas, baixa ou nenhuma densidade de regenerantes, pouca cobertura do solo, baixo desenvolvimento de mudas em campo, confirmado pelos dados apresentados no Anexo B. O adensamento de gramíneas (*Brachiaria sp.*) pode comprometer a germinação do banco de sementes regenerantes, pois encobre o solo impedindo a entrada de luz, além de competir por nutrientes com as mudas plantadas, impedindo seu crescimento (Guilherme, 2000; Martins et al., 2004).

Mesmo identificada a presença do gado na maior parte das parcelas, este fator não comprometeu o sucesso do plantio, apesar de representar um fator de degradação. Entretanto, a combinação dos fatores de degradação pode ter dificultado o sucesso do plantio, uma vez que as parcelas classificadas com altura média de dossel *muito baixa* (MB) indicaram presença de pelo menos três desses fatores. Fatores como formiga cortadeira e o cupim podem prejudicar o crescimento das plantas ou mesmo interferir no andamento do projeto de restauração.

### 5.2. *Influência das características físicas e químicas do solo sobre a restauração*

O solo com pH ácido, confirma dados publicados no Plano de Manejo do Parque Estadual Morro do Diabo (2006) sobre a característica do solo da região do pontal do Paranapanema. Este solo impõe sérias restrições ao desenvolvimento normal das plantas, sendo necessário adotar práticas como a calagem para corrigir. Outro problema associado ao pH é a média concentração de alumínio, que se torna tóxica para as plantas, causando problemas no desenvolvimento do sistema radicular. O pH ácido, dentre outros fatores, pode estar associado à baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas, que compromete o seu desenvolvimento saudável (Lopes, 1990), o

que pode ter sido o motivo de alguns dos trechos analisados apresentarem médias de altura de dossel tão baixas.

As variáveis químicas do solo indicam sua fertilidade e apresentaram relação com o número de espécies nativas regenerantes e a cobertura do solo por vegetação nativa. O solo fértil está diretamente relacionado ao crescimento das plantas, influenciando na composição e estrutura da vegetação através da disponibilização de macro e micronutrientes e na criação de condições favoráveis, como umidade, estrutura, capacidade catiônica e alcalinidade para o desenvolvimento de raízes e plantas (Castilho et al, 2006).

A acidificação dos solos é um processo químico natural de solos que “envelhecem” ou sofrem intemperismo. Solos com baixos valores de pH geralmente apresentam pobreza em bases, elevado teor de alumínio tóxico, alta fixação de fósforo nos coloides do solo e deficiência de alguns micronutrientes (Ronquim, 2010), esta característica foi encontrada de forma mais acentuada nas parcelas 14 a 18, no ano de plantio em 2011. Esta área, representada pela cor vermelha na Figura 3, apresenta altura média de dossel classificada *muito baixa*, atingindo uma altura máxima de 2,18 metros. Este trecho também apresenta um solo com maior teor de areia grossa, um solo com maior fragilidade, tornando-o susceptível à erosão hídrica e a perdas de nutrientes por lixiviação, uma vez que apresentam alta drenagem e baixa capacidade de troca catiônica (CTC).

Os solos arenosos também apresentam baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de água, essas características limitam o uso do solo e exigem o plantio de espécies adaptadas a solos com estas características. Portanto, é possível observar nas tabelas dos anexos B e D que as parcelas amostradas onde o solo era mais arenoso, com maior teor de areia grossa, obtiveram valores de cobertura do solo não satisfatório, segundo legislação vigente (SMA, 2014), sendo necessária adequação. Solos com maior teor de areia fina, silte e argila, em proporções equilibradas, apresentaram melhores resultados para cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos nativos regenerantes e número de espécies nativas regenerantes.

As variáveis físicas e químicas do solo que mais se destacaram foram: teor de areia grossa atuando negativamente sobre a restauração e ctc e v% atuando positivamente sobre a restauração.

### 5.3. *A influência da área fonte de sementes sobre a restauração*

A correlação da distância euclidiana da área fonte de sementes com o número de espécies regenerantes e com a altura média de dossel indica que quanto mais distante da área fonte maior o número de espécies regenerantes e maior a altura média de dossel mostra a importância do corredor ecológico em conectar a área fonte (PEMD) à Estação Ecológica do Mico Leão Preto, favorecendo o fluxo de animais no corredor, contribuindo com os processos de dispersão e colonização das regenerantes. Segundo Mello (2004) e Suganuma (2013) a proximidade da área fonte é um fator importante a ser levado em consideração, mas a existência de um corredor ecológico ou stepping stones promovem incremento na dispersão de sementes e fluxo gênico das espécies.

### 5.4. *Fatores que influenciaram mais no sucesso da restauração*

A presença de gramínea invasora (*Brachiaria sp.*) foi o fator natural que mais teve relação com os indicadores da restauração analisadas, sendo necessário o manejo adaptativo em alguns trechos do corredor, conforme mencionado no capítulo 1.

A distância euclidiana da parcela em relação a área fonte de sementes apresentou correlação com o número de espécies regenerantes (predominantemente zoocóricas) e com a altura média de dossel demonstra que o corredor ecológico da fazenda Rosanela já está sendo usado pelos animais para se deslocar entre os fragmentos maiores PEMD e ESECMLP, contribuindo com os processos de dispersão e colonização das regenerantes.

A altura média de dossel foi a principal variável destacada nos modelos testados e está relacionada diretamente a todos os indicadores da restauração, confirmando ser uma variável resposta redundante com os indicadores de cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos regenerantes e número de espécies regenerantes, portanto, ao utilizar este indicador pode-se representar os demais. Muitos estudos confirmam os (Melo et al., 2007; Suganuma, 2013; Suganuma e Duriga, 2015; Chaves

et al., 2015). Desse modo, pode-se considerar que essa variável possui relação com a restauração da biomassa, abrigo para a vida silvestre e relevantes serviços ecossistêmicos como o restabelecimento do microclima, ciclagem de nutrientes, controle de erosão, regulação dos recursos hídricos.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o corredor está desempenhando um papel fundamental para conexão dos fragmentos, promoção do fluxo gênico e movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies, manutenção de populações e a recolonização de áreas degradadas.

Para a restauração é importante levar em consideração as características do solo para escolher espécies que serão plantadas, pois é preciso escolher espécies que sejam resistentes às características daquele solo. As variáveis físicas e químicas do solo que mais se destacaram foram: teor de areia grossa atuando negativamente sobre a restauração e ctc e v% atuando positivamente sobre a restauração.

A altura média de dossel se mostrou uma variável resposta redundante com os indicadores de cobertura do solo por vegetação nativa, densidade de indivíduos regenerantes e número de espécies regenerantes, dessa forma é possível que seja utilizada para representar esses três indicadores.

## 7. REFERÊNCIAS

- Bajay, M.M. Diversidade e estrutura genética de *Piptadenia gonoacantha* (mart.) J.f. Macbr. em áreas em processo de restauração florestal e remanescentes de Mata Atlântica. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2014.
- Brancalion, P.H.S.; Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S.; Kageyama, P.Y.; Nave, A.G.; Gandara, F.B.; Barbosa, L.M.; Tabarelli, M. Legal instruments can enhance high-diversity tropical forest restoration. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.
- Brancalion, P. H. S.; Gandolfi, P.; Rodrigues, R. R. Restauração florestal. São Paulo: Oficina de Textos. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis, Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite: Monitoramento do Bioma Mata Atlântica 2008 a 2009. 101p. 2012.
- Brown, G.G.; Prado, R.B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF : Embrapa, 2015.
- Castilho CV, Magnusson WE, Araújo RNO, Luizão RCC, Luizão FJ, Lima AP, Higuchi N. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: effects of soli and topography. *Forest Ecology and Management*, 2006. 234:85-96.
- Guilherme, F.A.G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria. Brasília, DF. *Cerne*, v.6, n.1, p.60-66. 2000.
- Leimu, R.; Mutikainen, P.; Koricheva, J.; Fischer, M. How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? *Journal of Ecology*, London, v. 94, p. 942-952, 2006.
- Lopes, A.S.; Guidolin, J.A. Interpretação de análise d solo – Conceitos e aplicações. 3ª edição. Comitê de Pesquisa/Técnico/ANDA, Associação Nacional para Difusão de Adubos. São Paulo, 1989. 64p.

Lopes, A. S. L. Acidez do solo e calagem. 3a ed. Ver. / A S. Lopes, M. de C. Silva e L.R. G. Guilherme - São Paulo, ANDA 1990. 22 p. (Boletim Técnico, 1).

Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.G. Interpretação da Análise do Solo - Conceitos e aplicações. ANDA, São Paulo. Ed. atual. 2004. 51p. Boletim Técnico No 2.

Maia, C.M.B.D.F., Parron, L.M., & Claudia Maria Branco De F Maia, C.L.M.P. V. (2015). Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B. De; Martins, C.R.; Leite, L.L.; Haridasan, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. Revista Árvore, v. 28, n.5, p. 739-747, 2004.

Metzger, J.P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: In: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: Editora Fepaf, p.51-76, 2003.

Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Dixo, M.; Bernacci, L.C.; Ribeiro, M.C.; Teixeira, A.M.G.; Pardini, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. Biological Conservation 142, 1166-1177. 2009.

Reynolds, L.; Karen, K.; McGlathery, J.; Waycott, M. Genetic diversity enhances restoration success by augmenting ecosystem services. PLoS ONE, San Francisco, v. 7, p. 38-39, 2012.

Ronquim, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

Suganuma, M. S.; Durigan, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. Restoration Ecology, v. 23, n. 3, p. 238–251, 2015.

## ANEXO A

### LISTA DE ESPÉCIES REGENERANTES

Tabela 8. Espécies regenerantes identificadas. P = pioneira ou secundária inicial, NP = secundária tardia ou clímax. Em negrito são as espécies que não constam na lista de espécies plantadas. Fonte nomenclaturas: Centro de Pesquisa Jardim Botânico e Reservas, Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil.

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA	CLASSE SUCESSION AL	Síndrome de Dispersão
Alecrim do mato	<i>Bachcharis dracunculifolia</i> DC.	Asteraceae	P	Anemocórica
<b>Amendoim bravo</b>	<b><i>Pterogyne nitens</i> Tul.</b>	<b>Fabaceae.- Caesalpinioideae</b>	<b>NP</b>	<b>Anemocórica</b>
Araticum cagão	<b><i>Annona cacans</i> Warm.</b>	Annonaceae	P	Zoocórica
Aroeira pimenteira	<b><i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi</b>	Anacardiaceae	P	Zoocórica
Copiúva, peito-de-pomba	<b><i>Tapirira guianensis</i> Aubl</b>	Anacardiaceae	NP	Zoocórica
Capixingui	<b><i>Croton floribundus</i> Spreng.</b>	Euphorbiaceae	P	Autocórica
Embaúba do brejo	<b><i>Cecropia pachystachya</i> Trécul</b>	Urticaceae	P	Zoocórica
Falsa jurubeba	<i>Solanum variabile</i> Mart.	Solanaceae	NP	Zoocórica
Farinha seca	<b><i>Albizia hasslerii</i> (Chodat) Burkart.</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>P</b>	<b>Anemocórica</b>
Fedegoso	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby	Fabaceae.- Caesalpinioideae	P	Zoocórica
Fumo Bravo	<i>Solanum mauritianum</i> Scrop	Solanaceae	NP	Zoocórica
Garapa, grápia	<b><i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr.</b>	<b>Fabaceae.- Caesalpinioideae</b>	<b>NP</b>	<b>Anemocórica, autocórica, barocórica</b>
Goiaba branca	<b><i>Psidium guajava</i></b>	<b>Myrtaceae</b>	<b>NP</b>	<b>Zoocórica</b>
Fruta de Jacu, chal chal	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hill. et al.)	Sapindaceae	P	Autocórica, barocórica,

Ingá de macaco, ingá de metro	<i>Hieron. ex Niederl.</i> <i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	NP	zoocórica Zoocórica
<b>Ingá liso</b>	<b><i>Inga uruguensis</i></b>	<b>Fabaceae</b>	<b>P</b>	<b>Zoocórica</b>
Jerivá	<i>Syagrus</i> <i>romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	NP	Zoocórica
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Fabaceae	P	Autocórica
Jurubeba	<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae		
Leiteira	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae	P	Autocórica, zoocórica
<b>Leiteiro, jasmim do campo</b>	<b><i>Tabernaemontana</i> <i>hystrix</i> Steud.</b> <b>[<i>Peschiera</i> <i>fuchsiifolia</i> (A.DC.) <i>Miers</i>]</b>	<b>Apocynaceae</b>	<b>P</b>	<b>Zoocórica</b>
Milho de grilo	<i>Latana</i> sp.	Verbenaceae		
Mamica de porca	<i>Zanthoxylum</i> <i>rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	NP	Zoocórica
<b>Monjoleiro</b>	<b><i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton &amp; Rose (<i>Acacia polyphylla</i> DC.)</b>	<b>Fabaceae- Mimosoideae</b>	<b>P</b>	<b>Autocórica</b>
<b>Maricá, espinheira-de- maricá</b>	<b><i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze, [<i>Mimosa sepiaria</i> <i>Benth.</i>]</b>	<b>Fabaceae- Mimosoideae</b>	<b>P</b>	<b>Anemocórica</b>
Pata de vaca ornamental	<i>Bauhinia variegata</i>	Fabaceae - Caesalpinoideae	P	Autocórica
<b>Pau pólvora, cadiúva</b>	<b><i>Trema micranta</i> (L.) Blume</b>	<b>Ulmaceae</b>	<b>P</b>	<b>Autocórica, zoocórica</b>
Pimenta de macaco	<i>Piper regnellii</i> (Miq.) C. DC.	Piperaceae	NP	Zoocórica
<b>Sangra água</b>	<b><i>Croton urucurana</i> Baill.</b>	<b>Euphorbiaceae</b>	<b>P</b>	<b>Autocórica</b>
Sp1	<i>Piper</i> sp.	Piperaceae		
<b>Sp2</b>	<b><i>Erythroxylum</i> sp.</b>	<b>Erythroxylaceae</b>		
<b>Sp3</b>	<b>Não identificado</b>	<b>Malvaceae</b>		
Sp4	Não identificado	Solanaceae		
<b>Tinguí</b>	<b><i>Dictyoloma</i> <i>vandellianum</i> A. Juss.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>P</b>	<b>Anemocórica</b>

---

Urucum	<i>Bixa ollerana</i> L.	Bixaceae	P	Zoocórica
Uvaia	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess. [ <i>Eugenia</i> <i>uvalha</i> Cambess.]	Myrtaceae	NP	Zoocórica

---

## ANEXO B

### RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA RESTAURAÇÃO

Índices de cobertura do solo na parcela (%), nº de espécies regenerantes e densidade de espécies regenerantes na parcela (ind/ha). Dados coletados nos polígonos com plantio no ano de 2011 e 2012, no corredor ecológico da Fazenda Rosanela. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo.

<i>PARCELAS 2011</i>	<i>Altura média de dossel (m)</i>	<i>Distância euclidiana da parcela em relação ao PEMD (m)</i>	<i>Cobertura do solo na parcela (%)</i>	<i>Nº de espécies regenerantes</i>	<i>Densidade da parcela (ind/ha)</i>
01_MA	6,12	2754,27	100	14	11000
02_B	2,89	2831,43	1,6	2	600
03_A	4,67	2610,08	97,6	9	7900
04_M	3,67	2533,34	82,8	11	16300
05_M	3,77	2356,88	88,8	6	31700
06_B	2,71	2250,78	24	5	3500
07_M	3,78	2198,23	94	9	14500
08_A	4,48	2005,64	96,8	5	3000
09_MA	7,06	1704,26	100	10	5600
10_MA	6,21	1280,98	100	12	11900
11_A	4,93	913,95	100	11	14000
12_MA	5,65	793,79	100	5	7700
13_M	3,76	781,60	89,2	7	6500
14_MB	0,87	580,00	44	1	200
15_B	2,18	434,17	90,4	2	900
16_MB	0,81	400,00	66,4	0	0
17_MB	0,52	379,47	30	0	0
18_MB	0,94	342,05	54,4	1	100
19_B	2,48	228,04	72,88	2	200
20_A	5,02	220,00	100	4	600
<b>Total</b>			<b>76,644</b>	<b>32</b>	<b>6810</b>
				<b>morfoespécies</b>	
<i>PARCELAS 2012</i>			<i>Cobertura do solo (m)</i>	<i>Nº de Regenerantes</i>	<i>Densidade da parcela (ind/ha)</i>
1_MA	6,17	3139,59	100	8	5000
2_MB	3,28	3150,63	100	5	4700
3_A	5,36	3213,11	100	9	10400
4_M	5,08	3162,28	100	9	1700
5_B	4,24	3270,75	100	8	4200

---

6_B	4,00	3392,49	100	9	1600
7_MA	7,58	3824,26	100	10	4700
8_A	5,83	3997,16	100	12	4700
9_MB	3,06	4060,75	66	5	1500
10_M	4,70	4348,44	100	6	8900
<b>Total</b>			<b>96,6</b>	<b>25</b>	<b>4740</b>

---

**morfoespécies**

---

## ANEXO C

### RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Tabela 9. Resultados encontrados da análise química do solo para cada parcela amostral. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo.

<i>PARCELAS 2011</i>	<i>pH CaCl2</i>	<i>M.O. Colorimétri ca (g.dm.<sup>-3</sup>)</i>	<i>P Resina</i>	<i>K Resina</i>	<i>Ca Resina</i>	<i>Mg Resina</i>	<i>H+Al SMP</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V%</i>
01_MA	4,2	13	5	1,6	4	3	22	8,6	30,6	28
02_B	4,2	10	3	1,4	<3	3	16	6,4	22,4	29
03_A	4,3	13	4	1,5	5	4	20	10,5	30,5	34
04_M	4,1	12	3	1,4	3	3	20	7,4	27,4	27
05_M	4,1	21	4	1,6	3	4	25	8,6	33,6	26
06_B	4,2	22	4	1,4	5	5	31	11,4	42,4	27
07_M	4,4	19	3	1,5	6	5	22	12,5	34,5	36
08_A	4,2	17	3	1,7	5	5	25	11,7	36,7	32
09_MA	4,4	18	5	2,1	9	6	25	17,1	42,1	41
10_MA	4,6	17	5	2,2	10	6	22	18,2	40,2	45
11_A	4,2	13	4	1,7	3	3	18	7,7	25,7	30
12_MA	4,2	13	3	0,9	<3	3	18	5,9	23,9	25
13_M	3,9	12	3	1,1	<3	2	22	4,1	26,1	16
14_MB	4,2	6	2	0,7	<3	<1	15	1,7	16,7	10
15_B	4	9	2	1,1	<3	2	16	5,1	21,1	24
16_MB	4,1	8	3	0,6	<3	<1	15	2,6	17,6	15
17_MB	3,9	4	2	0,6	<3	<1	16	0,6	16,6	4
18_MB	4	5	3	0,5	<3	<1	15	1,5	16,5	9
19_B	4,1	8	3	0,8	<3	2	16	4,8	20,8	23
20_A	4,5	15	4	2,4	4	5	16	11,4	27,4	42

<i>PARCELAS 2012</i>	<i>pH CaCl2</i>	<i>M.O. Colorimétri ca (g.dm.<sup>-3</sup>)</i>	<i>P Resina</i>	<i>K Resina</i>	<i>Ca Resina</i>	<i>Mg Resina</i>	<i>H+Al SMP</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i>
1_MA	4,3	13	4	0,6	6	5	22	11,6	33,6	35
2_MB	4,2	14	4	0,5	6	3	25	9,5	34,5	28
3_A	4,5	12	3	1,3	6	4	18	11,3	29,3	39
4_M	4,6	13	3	1,3	9	6	18	16,3	34,3	48
5_B	4,2	11	3	0,9	4	4	18	8,9	26,9	33
6_B	4,5	14	6	1,1	9	6	20	16,1	36,1	45

---

7_MA	4,7	15	4	1,2	16	6	20	23,2	43,2	54
8_A	4,5	15	4	0,9	12	4	20	16,9	36,9	46
9_MB	4,4	15	4	0,6	9	4	22	13,6	35,6	38
10_M	4,4	14	4	0,6	11	4	20	15,6	35,6	44

---

## ANEXO D

### RESULTADOS DA ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

Tabela 10. Resultados encontrados da análise química do solo para cada parcela amostral. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo.

<i>PARCELAS 2011</i>	<i>AF</i>	<i>AG</i>	<i>AT</i>	<i>Argila (c/ disp)</i>	<i>Silte</i>	<i>Classe de Textura</i>
01_MA	400	498	898	76	26	ar
02_B	338	571	909	76	16	ar
03_A	488	401	889	75	36	ar
04_M	472	396	868	99	33	ar
05_M	435	372	807	175	18	md-ar
06_B	498	324	822	151	27	md-ar
07_M	434	374	807	176	16	md-ar
08_A	482	298	780	201	18	md-ar
09_MA	504	364	868	102	30	ar
10_MA	456	420	875	103	22	ar
11_A	463	462	925	50	25	ar
12_MA	498	380	879	100	21	ar
13_M	430	436	866	100	34	ar
14_MB	327	575	902	75	24	ar
15_B	383	494	877	102	22	ar
16_MB	414	486	900	75	25	ar
17_MB	408	494	902	75	22	ar
18_MB	327	569	896	75	29	ar
19_B	455	485	940	38	22	ar
20_A	442	457	899	75	26	ar

<i>PARCELAS 2012</i>	<i>AF</i>	<i>AG</i>	<i>AT</i>	<i>Argila (c/ disp)</i>	<i>Silte</i>	<i>Classe de Textura</i>
1_MA	350	442	792	174	35	md-ar
2_MB	370	463	832	150	18	md-ar
3_A	439	406	845	125	30	ar
4_M	423	385	808	175	17	md-ar
5_B	378	468	846	124	30	ar
6_B	378	373	751	226	23	md-ar
7_MA	459	337	796	174	30	md-ar
8_A	468	358	826	150	24	md-ar

9_MB	329	501	831	151	19	md-ar
10_M	485	327	812	162	26	md-ar

## ANEXO E

### RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DOS FATORES DE DEGRADAÇÃO

Tabela 11. Fatores externos que podem comprometer o sucesso da restauração. Dados coletados nos polígonos com plantio no ano de 2011 e 2012, no corredor ecológico da Fazenda Rosanela. Legenda da primeira coluna: Os números representam a numeração das parcelas e as letras representam a classe de altura média de dossel a qual elas pertencem, sendo MA – Muito Alto; A – Alto; M – Médio; B – Baixo; MB – Muito Baixo.

<i>Bv</i>	<i>Gramínea invasora</i>	<i>Cupim</i>	<i>Formiga cortadeira</i>	<i>Gado</i>
01_MA	Ausente	Presente	Presente	Presente
02_B	Presente	Ausente	Ausente	Presente
03_A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
04_M	Presente	Ausente	Ausente	Presente
05_M	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
06_B	Presente	Ausente	Ausente	Presente
07_M	Presente	Ausente	Ausente	Presente
08_A	Presente	Ausente	Ausente	Presente
09_MA	Ausente	Presente	Presente	Presente
10_MA	Ausente	Presente	Ausente	Presente
11_A	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
12_MA	Ausente	Presente	Ausente	Presente
13_M	Ausente	Presente	Ausente	Presente
14_MB	Presente	Ausente	Presente	Presente
15_B	Presente	Presente	Ausente	Presente
16_MB	Presente	Presente	Presente	Presente
17_MB	Presente	Presente	Presente	Presente
18_MB	Presente	Ausente	Presente	Presente
19_B	Presente	Presente	Ausente	Presente
20_A	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
PARCELAS 2012	Gramínea invasora	Cupim	Formiga cortadeira	Gado
1_MA	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
2_MB	Presente	Ausente	Ausente	Presente
3_A	Ausente	Presente	Ausente	Presente
4_M	Ausente	Presente	Presente	Presente
5_B	Presente	Ausente	Ausente	Presente

---

6_B	Presente	Ausente	Ausente	Presente
7_MA	Ausente	Presente	Presente	Ausente
8_A	Ausente	Presente	Presente	Presente
9_MB	Presente	Presente	Presente	Presente
10_M	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

---