

Universidade de São Paulo

Renato Miazaki de Toledo

**Restauração de florestas tropicais em paisagens rurais: a
influência do solo e cobertura florestal adjacente**

**Tropical forest restoration in rural landscapes: the influence of
soil and adjacent forest coverage**

Orientadora: Profa. Dra. Rozely Ferreira dos Santos

São Paulo

2017

Universidade de São Paulo

Renato Miazaki de Toledo

**Restauração de florestas tropicais em paisagens rurais: a
influência do solo e cobertura florestal adjacente**

**Tropical forest restoration in rural landscapes: the influence of
soil and adjacent forest coverage**

Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia da Universidade de São Paulo,
para obtenção do Título de Doutor em
Ecologia

Área de Concentração: Ecologia de
Ecossistemas Terrestres e Aquáticos

Orientadora: Profa. Dra. Rozely Ferreira
dos Santos

São Paulo

2017

*Às minhas filhas queridas,
Lisoca e Dorinha,*

Ficha Catalográfica

Toledo, Renato Miazaki de
Influência de características locais e da paisagem na
restauração de florestas tropicais: lições de um
programa governamental no Estado de São Paulo,
Brasil.

107 páginas

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências
da Universidade de São Paulo. Departamento de
Ecologia.

1. agroecossistemas 2. cobertura florestal 3.
efetividade 4. filtros ambientais, 5. histórico de
ocupação 5. matas ciliares. I. Universidade de
São Paulo. Instituto de Biociências.
Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Rozely Ferreira os Santos	

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro ao projeto (Processo n° 2013/24851-0). E a bolsa de estágio de pesquisa no exterior (Processo n° 2014/20206-5).

À Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, e equipe envolvida com o Projeto de Recuperação de Matas Degradadas, em especial: Helena Carrascosa Von Glehn, Dagoberto Meneghini, Rafael Chaves e Cristina Maria do Amaral Azevedo. Ao Instituto Florestal, Instituto Agrônômico de Campinas e Instituto Biológico.

Às instituições que nos apoiaram no acesso às propriedades rurais onde foram coletados os dados de vegetação: Arbórea– São Francisco Xavier-SP, Copaíba– Socorro-SP, Serracima–Cunha-SP, Uniluz-Nazaré Paulista-SP, Instituto Oikos-Lorena-SP. E lógico, aos colegas de Iniciativa Verde, por estas e por outras porteiras.

Ao Instituto de Biociências da USP, e ao Departamento de Ecologia, em especial à Vera Lúcia Lima e Welington Bispo.

À professora Rozely, pela orientação intensa, pelas provocações e pelo carinho. Só tenho a agradecer mesmo. E pela Roze conheci a Vivian, o Guilherme, a Camila, a Lídia, o Fernando, a Betânia, a Elisa e um bando de gente boa, a quem também sou grato.

Ao Laboratório de Ecologia de Paisagem e Conservação (LEPAC), em especial ao Prof. Jean Paul Metzger pelo apoio ao projeto e por oferecer a possibilidade de uma rica convivência em um grupo de pesquisa muito especial.

Às professoras Mara de Andrade Marinho e Adriana Zanforlin Martini pelas contribuições durante as reuniões do comitê de acompanhamento. Aos professores Leandro Tambosi, Welington Delitti e Vânia Pivelo, pelas críticas e pelo estímulo.

Aos professores Paulo Inácio Prado, Alexandre Adalardo e Adriana Martini pela grande experiência que foi o estágio supervisionado PAE. E também ao Renato F. Lima, claro que sim.

Ao ForNaLab, especialmente ao professor Kris Verheyen, e também ao professor Lander Baeten e ao Dr. Michael Perring.

Ao Paulo Shwenck, e ao pessoal nota mil da ITAITI, pelo incentivo e pela gentileza com que apoiaram os preparativos e a transição da volta à universidade.

Por fim, quero agradecer à Mariana, minha esposa. Por necessidades e oportunidades diretamente relacionadas ao doutorado, entre outros ajustes, nos mudamos de cidade quatro vezes em menos de quatro anos. Muito esforço, e muitas despedidas. E somos gratos aos que nos apoiaram nesta trajetória, em especial aos Sakudas, aos Michelins, e aos Siqueiras; aos meus pais e aos Villas.

RESUMO

Restauração de florestas tropicais em paisagens rurais: a influência do solo e cobertura florestal adjacente

A restauração ecológica tem sido requisitada a para proteção de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Este desafio é enfrentado com suporte de grandes avanços de ordem teórica e prática, bem como incentivos financeiros e políticas específicas. No entanto, ainda restam incertezas quanto aos fatores que influenciam a trajetória da restauração de florestas tropicais, comprometendo a eficiência no uso de recursos limitados. Visando contribuir para o desenvolvimento metodológico da restauração florestal, e favorecer a identificação de metas de restauração adequadas, estudamos o efeito de características do solo e do contexto de paisagem na restauração de Mata Atlântica, buscando respostas para três questões: Como as áreas disponíveis para restauração se estão distribuídas com relação ao gradiente de degradação, em uma região amplamente antropizada? Qual a importância de características do solo e da cobertura florestal no processo de recuperação? E qual é o efeito da idade de fragmentos adjacentes na regeneração que se estabelece em restaurações florestais? Utilizando bases de dados geográficos e estatísticas de terras agrícolas, observamos que os projetos de restauração tendem a se estabelecer sobre paisagens altamente degradadas. Combinando informações de sensoriamento remoto, com a caracterização de solo e da vegetação, em áreas abrangidas pelo mesmo programa de restauração florestal, verificamos que a recuperação de biomassa é afetada pela granulometria, pela cobertura do florestal, e pela interação entre granulometria e composição química dos solos. Também verificamos que a idade da cobertura florestal adjacente afeta a frequência de diferentes atributos. Nossos resultados corroboram a necessidade de avaliação em escala detalhada para a previsão dos resultados da restauração, e sugerem aprimoramentos metodológicos. Considerando que, em paisagens rurais, a adjacência à florestas maduras e a disponibilidade de solos conservados tendem a ser recursos mais raros, políticas de restauração de Mata Atlântica devem prever metas alternativas para as condições mais adversas, e técnicas para melhoria de condições do solo e conservação de remanescentes para possibilitar a recuperação de florestas tropicais em áreas adequadas.

Palavras-chave: Agroecossistemas. Cobertura florestal. Efetividade. Filtros ambientais. Histórico de ocupação. Matas ciliares.

ABSTRACT

Tropical forest restoration in rural landscapes: the influence of soil and adjacent forest coverage

Ecological restoration is addressing concerns surrounding threats to ecosystem services and biodiversity. Support for this endeavor comes from substantial conceptual and practical advances, and policy initiatives and monetary incentives. Still, it remains unclear what are the main factors influencing tropical forest restoration. This lack of knowledge can compromise the willingness to restore and waste limited resources. To improve the knowledge base and aid identification of appropriate restoration targets, we studied the effect of soil and landscape context on tropical forest restoration, focusing in three main questions. We first asked: How the potential land supply for restoration is spatially distributed in the range of disturbance contexts of a highly degraded tropical region? Secondly, we asked: How important are soil properties and forest adjacency for biomass uptake and community assembly during early tropical forest restoration? And at last: What is the effect of the age of adjacent forests patches on the forest regeneration established in restoration sites? Using georeferenced databases and rural lands statistics, we observed that forest restoration is likely to be located within highly degraded landscapes. Combining remote sensing, with soil and vegetation survey undertaken in forest restoration sites that were implemented by the same program, we found that biomass recovery is affected by soil texture, surrounding forest coverage and the interaction between soil texture and soil chemical composition. We also found that the age of surrounding forest coverage affected the regenerating plant community, influencing species groups relative density, as related to seed dispersal syndrome, seed size and habitat specialization. Our results corroborate the need for fine scale evaluations to predict restoration outcomes, and anticipate methodological refinement. Given projections for decreasing presence of old-growth forests and increasing soil degradation in tropical rural landscapes, restoration policies likely need to consider alternative restoration targets for adverse conditions, coupled with improving soil conditions and protecting forest remnants to allow moist tropical forest recovery in appropriate areas.

Keywords: *Agroecosystems. Land-use history. Effectiveness. Environmental filters. Forest cover. Riparian forests.*

SUMÁRIO

Capitulo 1 Ecological restoration efforts in tropical rural landscapes: challenges and policy implications in a highly degraded region	14
1. Conclusion	15
2. Acknowledgements	16
3. References.....	16
Capitulo 2 Soil properties and adjacent forest coverage affect aboveground biomass and functional composition during tropical forests restoration.....	17
1. Conclusion	18
2. Acknowledgements	19
Capitulo 3 Fragmentos jovens e florestas antigas, distintos aportes para a restauração de florestas tropicais.....	20
1. Conclusão	21

APRESENTAÇÃO

A restauração de Mata Atlântica tem contado com notável avanço ao longo das últimas décadas, devido a diversificação técnicas, a ênfase sob diferentes processos ecológicos e o desenvolvimento de diferentes abordagens para ampliação de diversidade (RODRIGUES et al., 2009). Estes avanços proporcionaram perspectivas promissoras, ou seja, de reversão no quadro de restrito sucesso verificado em períodos anteriores (WUETHRICH, 2007; RODRIGUES et al., 2009).

O desenvolvimento teórico-técnico foi acompanhado de mobilização social em torno da necessidade de ampliar esforços para restaurar habitats degradados, que internacionalmente culminou em metas globais como as estabelecidas pela Convenção de Diversidade Biológica de Alchi em 2010 e o desafio de Bonn-IUCN em 2011 (SUDING & HIGGS, 2015). As bases teórica e prática do processo de restauração ecológica esperadas pelos agentes sociais podem ser resumidas nas palavras de Alexander et al. (2011) que delimitam o que deve ser considerado para o cumprimento destas metas:

“A restauração ecológica é uma atividade intencional que inicia ou facilita a recuperação dos ecossistemas, restabelecendo uma trajetória benéfica de maturação que persiste ao longo do tempo. A ciência e a prática da restauração ecológica são focadas no restabelecimento de processos ecológicos pelos quais populações de espécies podem se auto-organizar em comunidades funcionais e persistentes, que se adaptam às condições de mudança e, ao mesmo tempo, fornecem serviços ecossistêmicos vitais. Além de restabelecer o funcionamento do ecossistema, a restauração ecológica também promove o restabelecimento de uma relação saudável entre os seres humanos e seus ambientes naturais, reforçando o vínculo indissolúvel entre natureza e cultura, e enfatizando os importantes benefícios que os ecossistemas prestam às comunidades humanas.”

Avanços técnicos e institucionais impulsionaram ações audaciosas, mobilizando expectativas que envolvem políticas de conservação em amplo contexto. De Groot (2013), por exemplo, afirma que mecanismos como REED+ e a compensação de emissões com sequestro de carbono são importantes para que metas globais de restauração sejam alcançadas. Já Maron et al. (2015) apontam a crescente preocupação em relação a “compensação da perda de biodiversidade”, envolvendo a modalidade de compensação por restauração.

Em outras palavras, políticas públicas internacionais têm no bojo dos objetivos a serem alcançados, pretensões quanto à recuperação de biomassa e da composição biológica promovida por restaurações - condições básicas para atendimento dos processos ecológicos e serviços a serem alcançados. Expectativas semelhantes também são observadas no Brasil: as Resoluções da Secretaria do Meio Ambiente 30 de 2009 e 7 de 2017 são exemplos de antecipação de resultados de restauração. A Resolução SMA 30/2009 orienta projetos de reflorestamento para compensação de emissões de gases de efeito estufa, e estabelece que o “sequestro” máximo previsto nos projetos deve ser de 350 tCO₂ por hectare. Este “teto”, ou valor máximo, é baseado em modelo calibrado com dados de vegetação remanescente (MARTINS et al., 2009). Já a Resolução SMA 7 de 2017, define a taxa para compensação de supressão de vegetação nativa, considerando o estágio sucessional da vegetação perdida e a classificação de sua localização quanto ao grau de prioridade para restauração. Como exemplo:

“§ 3º - No caso de vegetação primária ou vegetação sucessora em estágio avançado de regeneração:

I - Áreas inseridas na categoria de Baixa Prioridade, do mapa “Áreas prioritárias para restauração de vegetação nativa”, deverá ser compensada área equivalente a 2 (duas) vezes a área autorizada”

Estes exemplos indicam que a restauração florestal é reconhecida como uma ação efetiva de resgate da biomassa, da riqueza e da diversidade florestal, bem como dos serviços ecossistêmicos advindos das mesmas. Porém, a “ecologia da restauração” reconhece limitações para a recuperação em condições de elevada

degradação. Na restauração florestal, solos degradados são apontados como limitantes ao crescimento da floresta, já uma grande limitação à recuperação da composição biológica é atribuída aos efeitos da perda e degradação de habitat (CHAZDON, 2008; SUDING & HOBBS, 2009). No entanto, as implicações destas relações ainda são pouco estudadas, uma vez que avanços neste campo requisitam a comparação de resultados em restaurações com histórico de implantação similar (SUDING, 2011).

Alguns estudos no Brasil registram grandes diferenças de resultados na estrutura e composição de restaurações em condições semelhantes (e.g. MELO & DURIGAN, 2006; IGNÁCIO et al., 2007; MELO et al., 2007). Porém, informações sobre as origens destas diferenças ainda são escassas. O próprio insucesso de iniciativas anteriores apontadas por Wuethrich (2007) e Rodrigues et al. (2009) pode ter como uma das causas a falta de avaliação e remediação de importantes inibidores da recuperação. Essas considerações podem ser vistas como fortes indícios de que necessitamos acompanhar o desenvolvimento desses plantios de restauração na Mata Atlântica de forma a terem um efetivo impacto positivo nas paisagens.

Nesse contexto, investigamos fatores que inibem a restauração de Mata Atlântica, buscando auxiliar o desenvolvimento de melhores procedimentos para o planejamento, implementação e manejo de restauração. Avaliamos a influência da textura e características químicas do solo onde foram estabelecidos plantios, assim como da quantidade e histórico da cobertura florestal adjacente imersa sob campos antrópicos. Também identificamos os padrões de recuperação da biomassa e da composição de espécies lenhosas em restaurações florestais, relacionados à características dos solos e contextos de vizinhança. Os casos estudados foram implantados nos domínios de Mata Atlântica pelo Projeto de Recuperação de Matas Ciliares (PRMC), coordenado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo desde 2006.

Nossa expectativa é que os resultados possam incrementar os procedimentos adotados na restauração florestal em paisagens diversas e, por esse caminho, fortalecer a restauração como ferramenta de políticas de proteção de recursos naturais.

Referências:

- CHAZDON, R.L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, v. 320, n. 5882, p. 1458-1460.
- DE GROOT, R.S., et al. 2013. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology*, v. 27, n. 6, p. 1286-1293.
- IGNÁCIO, E.D.; ATTANASIO, C.M.; TONIATO, M.T.Z. 2007. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. Monitoring of riparian forest restoration plantings: micro basin of ribeirão São João, Mineiros do Tietê, São Paulo State, Brazil. *Revista do Instituto Florestal*.
- MARON, M. 2015. Stop misuse of biodiversity offsets. *Nature*, v. 523, n. 7561, p. 401.
- MARTINS, O. S.; et al. 2009. Estimativa de densidade de biomassa potencial com uso de sig no estado de São Paulo. *Caderno da Mata Ciliar*, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, Departamento de proteção à Biodiversidade, nº2. São Paulo: SMA.
- MELO, A.C.G.de; MIRANDA, D.L.C.de; DURIGAN, G. 2007. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil.
- MELO, A.C.G. de; DURIGAN, G. 2006. Carbon sequestration by planted riparian forests in Paranapanema Valley, SP, Brazil. *Scientia Forestalis*, v. 71, p. 149-154.
- RODRIGUES, R.R., et al. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation*, v. 142, n. 6, p. 1242-1251.
- ALEXANDER, S., et al. 2011. Re-establishing an ecologically healthy relationship between nature and culture: the mission and vision of the society for ecological restoration, in *CBD Technical series 62*: p.11-14.

SUDING, K.N. 2011. Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 42, p. 465-487.

SUDING, K., et al. 2015. Committing to ecological restoration. *Science*, v. 348, n. 6235, p. 638-640.

SUDING, K.; HOBBS, R. J. 2009. Models of Ecosystem Dynamics as a Framework to Restoration Ecology, in Hobbs, R. J.; Suding, K. N. *New Models for Ecosystem Dynamics and Restoration*, Island Press, Washington, p. 3-21.

WUETHRICH, B. 2007. Reconstructing Brazil's Atlantic Rainforest. *Science*, v. 315, n. 5815, p. 1070-1072.

Capítulo 1

Ecological restoration efforts in tropical rural landscapes: challenges and policy implications in a highly degraded region

Manuscript submitted to Land Use Policy in July, 2016. Under Review

Authors: Toledo, R.M., Santos, R. F., Verheyen, K., Perring, M. P.

Abstract:

Ecological restoration has received increasing attention as international agreements have set ambitious goals to mitigate environmental change and reshape degraded landscapes. However, so far current advances on complying with these agreements are still modest. In particular, tropical forest restoration projects, implemented to conserve biodiversity and deliver ecosystem services, have had mixed success. Here we address the need for taking into account the spatial context of land available for restoration, to better inform policy given the results that can be expected from such large-scale restoration programs in tropical agricultural landscapes. Using a compendium of land voluntarily offered for restoration, we assess the potential land supply and its characteristics for large-scale restoration programs in an emblematic heavily degraded tropical region: São Paulo state – Brazil. Using georeferenced databases and rural lands statistics, we show that the usually small parcels of land offered for restoration are low-priced with high potential for soil erosion, within landscapes predominantly used for livestock grazing and sugarcane cropping. Remnant native habitat is usually at great distances across these agricultural lands – on average nearly 500m to native habitat and over 4.5km to old growth forest. Such a scenario demands expensive restoration actions to assist an otherwise slow, or potentially non-existent, recovery process. This further demands significant contributions from risk exposure management and mitigation of degradation in adjacent habitat remnants and agricultural lands. It also indicates the necessity for a longer-term commitment among a broad set of social actors. Our findings, likely applicable to other densely populated tropical regions, suggest that land-use and restoration policies should acknowledge that the distance between implementing a restoration project, and achieving the ecological restoration, is still frequently long and uncertain.

Keywords: Tropical agroecosystems. Land-use change. Restoration policies. Global targets. Effectiveness.

ends for São Paulo with statewide statistics, and then we compared the results to the municipal context of areas from the land-bank for restoration. To account

for the size variability of areas that were registered in the land-bank, and the variability in size among municipalities, cumulative distribution curves were prepared for each explanatory variable (prevalence in area), including: remnant habitat coverage (habitat adjacency), the prevalence of soil erosion susceptibility classes (soil loss), and sugarcane crop(land-use). We then used non-parametric tests (Kornogorov-Smirnov two sample test) to verify if the resulting cumulative functions were distinct between treatments (statewide and land-bank sample). This procedure was implemented using the 'ks.boot' function (bootstrapping with 10,000 simulations) in the R package 'Matching' (SEKHON, 2011). However, trends observed at the administrative region scale (i.e. agricultural land use and land price) were not statistically tested due to the low number of samples (regional scale), as well as the prevalence of landslide risk zone.

1. CONCLUSION

In the last decades, restoration ecology has experienced remarkable progress and encouraged ambitious proposals (SUDING 2011; PERRING et al., 2015; SUDING et al., 2015). However, we found that restoration actions in the region of São Paulo, an illustrative environmentally degraded tropical region, are still far from taking place on a scale proportional to that required by habitat protection policies. Willingness to restore tends to be higher at degraded and inexpensive areas, where restoration efforts are likely to face outcome limitations, higher intervention costs and the need to manage risk over the long term. We point out that this challenging scenario likely constitutes a disengaging factor, which needs to be confronted by diminishing uncertainties and highlighting restoration benefits to the broader community. Recent advances converge to the suggestion that some major obstacles to ecological restoration can be overcome by considering the boundaries and surroundings of restoration sites as key elements to be planned and managed, taking into account their respective biophysical and cultural assets, and our reflections on São Paulo state indicate that this perspective is particularly valuable in highly degraded regions. Still, reversing negative projections for ecological restoration in densely occupied tropical regions is likely a long-term assignment, requiring constancy and resilience also from the policy environment. In the meantime, engagement is likely to gain appeal

and momentum, since the demand for endangered ecosystem services is also higher in these populated regions.

2. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge financial support provided by São Paulo Research Foundation (FAPESP) -2014/20206-5 and 2013/24851-0. In addition, authors express their gratitude to cooperation from CBRN/SMA-SP (Biodiversity and Natural Resources Coordination / Secretariat for the Environment – São Paulo state) and IF-SP (Institute of Forestry - São Paulo), and also to Edina Miazaki for her insightful collaboration during database investigation.

3. REFERENCES

- PERRING, M.P., STANDISH, R.J., PRICE, J.N., CRAIG, M.D., ERICKSON, T.E., RUTHROF, K.X., WHITELEY, A.S., VALENTINE, L.E, HOBBS, R.J. 2015. Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. *Ecosphere*, 6(8), 1-25.
- SEKHON, J.S. 2011. Multivariate and Propensity Score Matching Software with Automated Balance Optimization: The Matching Package for R. *Journal of Statistical Software* 42: 1–52.
- SUDING, K, HIGGS, E. 2015. Committing to ecological restoration. *Science* 340(6235), 638-640.
- SUDING, K.N. 2011. Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42(1), 465.

Capítulo 2

Soil properties and adjacent forest coverage affect aboveground biomass and functional composition during tropical forests restoration.

Manuscript submitted to Applied Vegetation Science in January, 2017. Under Review

Authors: Toledo, R.M., Santos, R.F., Baeten, L.B., Perring, M.P. & Verheyen, K.

Abstract:

QUESTION

Understanding the main factors influencing tropical forest restoration at small scales, and the ecosystem consequences of variation in these factors, is key to developing effective restoration strategies. We studied the importance of soil properties and native habitat adjacency in affecting plant community biomass and assembly during the restoration process.

LOCATION

Forest restoration sites (N=32), established using the same protocol, distributed across anthropogenic grasslands in six mixed-use agricultural watersheds in eastern São Paulo state (Brazil).

METHODS

We identified and measured all woody individuals (DBH=5cm) in four 200m² plots per site. We translated these measurements into aboveground biomass (AGB), then related biomass variability to adjacent forest coverage (200m buffer), site fertility and soil properties with multilevel models. We also investigated the effect of these predictors on the abundance of different species groups, arranged according to variation in major traits (wood density, tree height) or habitat preference (moist forest specialists vs generalists), through multivariate abundance models.

RESULTS

AGB ranged between 0 and 104.7 ton/ha (median of 10.4 ton/ha), with high variation within, as well as between, watersheds. Sand percentage, forest coverage, and the interaction between soil nutrient concentrations and sand percentage were good predictors for biomass recovery. The most parsimonious model projected a six-year AGB recovery of 70.90 ton/ha, when a site is on fertile soils with 10% sand, and surrounded by forest coverage of 50%. In contrast, only 5.24 ton/ha is predicted on acidic-poor soils with 67% sand and 0% surrounding forest coverage. Increasing surrounding forest coverage favored smaller trees and habitat-generalists while increasing sand percentage inhibited taller species and moist-forest specialists. Sandy soils, when found on otherwise fertile sites, constrained softwoods.

CONCLUSION

Our results corroborate the need for fine scale evaluations to predict restoration outcomes, and suggest that degradation associated with agricultural practices constrains the likelihood of restoration to pre-disturbance conditions, particularly where soil fertility has been degraded and/or extreme deforestation has taken place. Lower biomass found on sandy soils suggests that forest recovery is sensitive to local drought intensification. Given regional projections for extended dry seasons, restoration approaches could consider targeting alternative reference states under highly altered environments, while aiming to improve soil and microclimate conditions to allow moist tropical forest recovery where feasible.

Key words: Atlantic rainforest. Disturbance. Dispersal. Environmental filters. Landscape. Recovery. Traits.

Nomenclature: Brazilian Flora 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>; accessed on 6 Jun 2016)

1. CONCLUSION

We have shown that sandy soils can severely constrain tropical forest restoration, that favorable chemical conditions are highly effective at promoting biomass in non-sandy soils, and that adjacent forest coverage consistently supported woody biomass recovery. Along with total AGB response, the tree community

composition changed with varying environmental conditions. In these early stages of recovery, biomass from softwoods and moist forest specialists was particularly sensitive to sand percentage, and AGB from small trees and generalist species was the most positively affected by forest coverage. Notably, moist-forest specialist species were absent in drought prone sites whenever sand percentage increased above 55%. Our results corroborate the need for fine scale evaluations to predict restoration outcomes, and suggest that degradation associated with agricultural practices constrains the likelihood of restoration to pre-disturbance conditions, particularly where soil fertility has been degraded and/or the percentage of sand has increased. Practitioners and policy makers need to carefully determine what are the most appropriate restoration targets in these landscapes to avoid wasted effort and engagement decline due to the perception of failure. When abiotic conditions resemble pristine environments, native tree planting may likely be a successful technique depending on biological drivers of forest succession. However, further abiotic disturbance implies the necessity of manipulating edaphic conditions, coupled with the long term presence of alternative communities. Given projections for increasing drought in this region, across scales, alternative restoration targets must be considered for drought-prone conditions.

2. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge support provided by São Paulo Research Foundation (FAPESP 2013/24851-0) and cooperation from CBRN/SMA-SP (Biodiversity and Natural Resources Coordination – São Paulo state). In addition, authors express their gratitude to Adriana Z. Martini, Mara A. Marinho and Marcelo P. Ferreira for early reviews.

Capítulo 3

Fragmentos jovens e florestas antigas, distintos aportes para a restauração de florestas tropicais

Toledo, R.M., Verheyen, K., Ferreira, M. P, Martini A. M. Z. Santos, R. F.,

Resumo:

A restauração de florestas tropicais tem sido requisitada em paisagens altamente degradadas pelo uso agropecuário, como forma de reduzir cenários críticos de ameaça à biodiversidade e à oferta de serviços ecossistêmicos. É bastante reconhecido o papel de remanescentes de florestas nativas como fonte da diversidade que alicerça a sucessão ecológica em área degradadas, o que, em tese, permite que uma floresta tropical se desenvolva a partir de um plantio de árvores. Porém, muitas vezes, apenas florestas secundárias resultantes de regeneração recente são encontradas nas proximidades da área a ser restaurada. Neste trabalho investigamos se a restauração florestal estabelecida no contexto de florestas jovens difere do desenvolvimento da restauração florestal próxima à cobertura florestal mais antiga, em estágio sucessional avançado. Com este intuito, selecionamos 27 plantios de restauração com histórico de implantação semelhante, porém em contextos distintos de paisagem, quanto à quantidade (i.e. 0,2% a 49,9%) e idade (i.e. <30 anos ou ≥ 30 anos) de cobertura florestal remanescente. Nas restaurações selecionadas foram instaladas quatro parcelas para identificação de todas as plantas lenhosas com altura superior a 50 cm, que foram agrupadas como “jovens regenerantes” (DAP<5cm) e “árvores” (DAP \geq 5cm). Definimos por imagens de satélite a quantidade e a idade da cobertura florestal adjacente a cada parcela num raio de 200m, variáveis que foram então avaliadas como preditoras de diferentes atributos da comunidade regenerante por meio de modelos lineares mistos. Os resultados indicam que em contextos de maior cobertura florestal a regeneração tende a ser mais densa e rica em espécies nas proximidades de florestas com menos de 30 anos, efeito impulsionado por espécies não dispersas por

vertebrados. Porém, estes aumentos de riqueza e densidade não foram verificados em restaurações adjacentes à florestas mais antigas. Por outro lado, a regeneração próxima a fragmentos novos é caracterizada pela menor presença de espécies de sementes grandes e/ou especialistas em florestas úmidas. Nossos resultados indicam que a idade da cobertura florestal próxima é uma variável importante para a restauração florestal, sugerindo prognósticos e recomendações específicos à restauração de localidades desprovidas de florestas maduras em suas adjacências, cenário frequente em paisagens fortemente antropizadas.

Palavras-chaves: Restauração ativa. Fragmentação. Mata Atlântica. Regeneração. Sucessão secundária.

1. CONCLUSÃO

Nossos resultados reforçam que a restauração é expressivamente afetada pela cobertura florestal adjacente, portanto, sua proteção deve ser considerada como um passo fundamental em programas de restauração. A proximidade com florestas mais jovens favorece um recobrimento mais rápido, impulsionado por espécies não dispersas por vertebrados, característica potencialmente oportuna quando o objetivo é voltado à ampliação de cobertura florestal, mas não prioriza a biodiversidade e serviços advindos dela. Neste caso, o incremento da diversidade dependerá substancialmente da seleção inicial de espécies plantadas, de forma a minimizar as tendências impostas pela paisagem. Por sua vez, a proximidade com florestas mais maduras tende a favorecer uma recuperação mais lenta em termos da densidade indivíduos lenhosos, mas é potencialmente mais abrangente ao incluir as espécies especialistas em habitat florestal e as de sementes maiores, resultando em uma trajetória mais promissora aos objetivos de programas de restauração que priorizam a proteção à biodiversidade.