

IDENTIFICAÇÃO DA PROBABILIDADE DE REGENERAÇÃO NATURAL NO PONTAL DO PARANAPANEMA ATRAVÉS DA MODELAGEM ESPACIALMENTE EXPLÍCITA

Dheosmani Sandro Marmo dos Santos Pereira¹, Frederico Tomas de Souza e Miranda², Ricardo Gomes Cesar³, Paulo Guilherme Molin^{4 5 6}

¹Graduando em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências da Natureza – Campus Lagoa do Sino, Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 – SP – 189, Bairro Aracaçu – Buri/SP – dheosmanisantos@estudante.ufscar.br;

² Doutorado, Programa de Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 9 - Piracicaba – SPCEP 13418-900 – frederico.miranda@usp.br; ³Pós-doutor, Programa de Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 9 - Piracicaba – SPCEP 13418-900 – ricardogoce123@gmail.com; ⁴Docente, Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências da Natureza - Campus Lagoa do Sino, Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189, Bairro Aracaçu - Buri/SP – pgmolin@ufscar.br; ⁵Docente, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Universidade Federal de São Carlos – Sorocaba/SP – pgmolin@ufscar.br; ⁶ Docente, Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, ESALQ – Piracicaba/SP – pgmolin@ufscar.br

RESUMO

A degradação ambiental histórica da Mata Atlântica evidencia-se, não sendo diferente na região do Pontal do Paranapanema, onde inúmeras atividades econômicas potencializam a supressão e fragmentação florestal. Projetos de restauração florestal são desenvolvidos por instituições públicas e privadas, sendo cada vez mais necessário identificar o potencial de regeneração natural das áreas, reduzindo-se custos e aumentando-se a eficiência. Este trabalho objetivou estudar a dinâmica de paisagem e realizar a modelagem espacialmente explícita do Pontal do Paranapanema, analisando-se o comportamento de variáveis biofísicas e antrópicas no processo de regeneração natural florestal desde 1989. Resultados ilustram que áreas de vegetação nativa, zonas urbanas e agropecuária aumentaram no período estudado. Áreas próximas a recursos hídricos e remanescentes florestais, com solos de baixa drenagem, aptidão agrícola desfavorável e de menores altitudes, mostraram-se como áreas favoráveis ao processo de regeneração natural frente à outras, indicando grau de importância na tomada de decisão em projetos de reflorestamento.

Palavras-chave — Restauração Florestal, Dinâmica da Paisagem, Ecologia da Paisagem, Regeneração Natural.

ABSTRACT

Historic environmental degradation of the Atlantic Forest is evident, not being different in the Pontal do Paranapanema region, where numerous economic activities have potentiated forest suppression and fragmentation. Forest restoration projects are developed by public and private institutions, thus justifying the identification of natural regeneration potential to reduce costs and increase efficiency. In this study, we

focused on studying the landscape dynamics and create a spatial explicit model of the Pontal do Paranapanema, analyzing the behavior of biophysical and anthropic variables in the natural regeneration process of forests since 1989. Results illustrate that areas of native vegetation, urban areas, pasture and agricultural lands increased during the studied period. Areas near water bodies and forest remnants, with low drainage soils and inadequate for agriculture, favored natural regeneration, indicating a degree of importance in decision making in reforestation projects.

Key words — Forest Restoration, Landscape Dynamics, Landscape Ecology, Natural Regeneration.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil passou por distintos ciclos econômicos, dentre eles a exploração do pau-brasil, cultivo da cana-de-açúcar, mineração, café e pecuária, os quais geraram desmatamento e consequente fragmentação da Mata Atlântica, além da redução da circulação da água e aquecimento global. O processo de fragmentação está portanto atrelado aos ciclos econômicos brasileiros, aliado ainda à expansão urbana, intensificado a partir da década de 70 [1, 2].

Na década de 80 iniciou-se no Brasil uma série de ações com o intuito de conter os processos de degradação ambiental, focadas na restauração de ecossistemas degradados [3]. Neste mesmo período, modificou-se as formas de realizar o processo de restauração, embasando-se principalmente nos aspectos da sucessão ecológica [4]. O processo de recuperação dos ecossistemas a partir da restauração florestal, possibilita uma série de benefícios para a fauna e flora, além dos recursos hídricos [5, 6].

De acordo com Brancalion, Gandolf e Rodrigues [4], as diversas técnicas de restauração existentes podem ser

distribuídas em três classes: restauração passiva, ativa e assistida. Ainda de acordo com os autores, a restauração ativa é a mais eficaz, mas mais custosa, Fatores sociais, ecológicos e econômicos determinam a melhor estratégia de restauração para uma determinada área, destacando-se a resiliência da área a ser restaurada, que estabelece em grande parte a chance de sucesso do método e os custos a ele associados [4].

A restauração passiva ou assistida tende a ser um processo de menor custo, porém mais lento, não recomendado caso o objetivo seja uma recuperação rápida do ambiente [7]. Visto a importância do processo de regeneração natural, torna-se imprescindível a análise da dinâmica espacial da paisagem do ambiente, uma vez que o sucesso e a probabilidade de regeneração estão diretamente ligados a fatores limitantes das esferas biofísica e antrópica, que se encontram espacialmente explícitos [8, 9]. Para que tais análises sejam possibilitadas, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) tornam-se fundamentais, uma vez que proporcionam uma série de análises ambientais em recortes multi-temporais e modelagem espacialmente explícitas, representando aspectos físicos, econômicos e sociais do mundo real num ambiente sistematizado nas mais diversas escalas de análise [11, 12, 13].

Localizando-se no extremo oeste do estado de São Paulo, a região do Pontal do Paranapanema sofreu um processo de desmatamento nas últimas décadas, onde áreas nativas transformaram-se em pastagens e cultivos agrícolas, promovidas pela expansão agrícola. Atualmente uma série de projetos visando a recuperação de áreas degradadas e conectividade dos remanescentes florestais vêm sendo desenvolvidos na região do Pontal do Paranapanema, com investimentos significativos por parte do Estado, Organizações Não-Governamentais e instituições envolvidas, nos quais estabelecem metas futuras de recuperação a serem cumpridas. Desta forma, torna-se indispensável o estudo sobre a dinâmica de paisagem e a avaliação da probabilidade de regeneração da região do Pontal do Paranapanema, contribuindo dessa forma para o andamento de tais projetos, com potencial de redução de custos e garantia de efetividade dos projetos de restauração da paisagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição e localização da área de estudo

Localizado no extremo oeste de São Paulo, o Pontal do Paranapanema consiste na segunda região mais pobre do estado, delimitado pelos rios Paraná e Paranapanema, onde a questão fundiária é considerado um marco do local desde meados dos anos 90 [17]. Dado o intenso desmatamento na região desde meados do século 20, somente 8,5% da vegetação nativa restam na região. Tal processo resultou na degradação do solo, originando erosões e assoreamento das redes de drenagem, além de colocar em risco várias espécies da fauna, sobretudo de aves, sendo que algumas ainda não foram extintas devido a fragmentação na área ser relativamente recente [14, 15] e endêmicas, como o mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) [16]. A vegetação

local caracteriza-se por Semidecidual e Formação Arbórea-Arbustiva em Região de Várzea, distribuídas nos biomas no Cerrado (10%) e Mata Atlântica (90%) [18]. Ainda segundo o IBGE [18], o Pontal do Paranapanema possui uma área de aproximadamente 18.442 km² e uma população de 583.703 habitantes, distribuídos em 32 municípios, sendo 10,26% população rural. O Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ) desenvolve uma série de projetos ambientais na região do Pontal do Paranapanema, nos quais envolvem as comunidades locais, com intuito de auxiliar na renda mensal e também na conscientização ambiental da população. Como exemplos de projetos, pode-se citar a criação de viveiros comunitários de mudas nativas, e o plantio de mudas para restauração, que também envolve pessoas de movimentos sociais, como é o caso do Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra [16].

2.2. Banco de dados geográfico e softwares

Para a realização deste estudo, foi necessário a criação de um banco de dados *vetorial* e *raster*, contemplando variáveis biofísicas: distância para vegetação nativa; distância para hidrografia; altitude; precipitação média anual; declividade; classes de solos; distância para unidades de conservação e distância para rede viária, variáveis antrópicas: aptidão agrícola; densidade populacional e tamanho de propriedades rurais, além de dados complementares para a realização do estudo.

Tais dados foram coletados através de plataformas online como o MAPBIOMAS, no qual disponibiliza através da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), dados das mais diversas categorias, incluindo o uso do solo brasileiro desde 1985, além de consultas em outras de fontes públicas e disponibilidade de dados de pesquisadores. O processamento dos dados coletados foi feito por meio dos *softwares SIG*, responsáveis pelo tratamento e categorização dos dados, e *Dinâmica EGO*, responsável por análises de transição de uso do solo e de correlação das variáveis biofísicas e antrópicas. Para a elaboração de cálculos e tabelas, fez-se uso do *Microsoft Excel*.

2.3. Dinâmica da paisagem e modelagem ambiental

A metodologia do presente trabalho dividiu-se em duas Etapas principais, sendo a primeira a análise da dinâmica de paisagem da área, no período de 1989 a 2019 (em intervalos de 10 anos), e a segunda a modelagem espacialmente explícita para a identificação da probabilidade de regeneração.

Tal modelagem se dividiu em 6 momentos. O primeiro consistiu na elaboração do *cubo raster*, visando a compilação das variáveis em um único arquivo. Já o segundo visou a elaboração de matrizes de transição simples e múltiplas. O terceiro momento visou a identificação dos pesos de evidência das variáveis, visando-se avaliar o comportamento de cada uma no processo de regeneração.

Como quarto momento, fez-se a análise de associação espacial, para a identificação de possíveis variáveis

redundantes. No quinto processo, realizou-se a simulação do modelo, em que o mapa de probabilidade da área foi concebido, identificando-se as áreas com maior e menor favorecimento ao processo de regeneração natural, considerando as mudanças de agropecuária para vegetação nativa. A validação do modelo simulado consistiu na sexta e última parte da segunda etapa, em que os valores obtidos na simulação foram testados e comparados com dados coletados, verificando a sua confiabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação a dinâmica de paisagem, observou-se que em quase todos os períodos de análise a vegetação nativa expandiu, resultando no decréscimo de 4588 hectares no primeiro período (4%), no acréscimo de 6082 ha no segundo período (5%) e no acréscimo de 5551 ha no terceiro período (5%). Esse aumento evidencia um processo de transição florestal na região de estudo, sendo que a agropecuária foi a principal classe de uso do solo convertida. Por outro lado, a agropecuária mostrou-se a classe que mais ganhou área de outras classes de uso, não variando sua ocupação. Outra classe que cresceu constantemente foi as zonas urbanas, aumentando quase 6 mil ha em 30 anos.

Tais comportamentos ilustram o aumento da importância na preservação da vegetação nativa, sobretudo por projetos de restauração florestal, impulsionados pela aplicação da legislação ambiental, modificada ao longo do período estudado. Porém, a perda de vegetação nativa para a agropecuária mostra que o desmatamento continua ocorrendo, necessitando de maior atenção nas áreas de florestas naturais, para que pressões por parte de atividades agrícolas e pecuárias sejam mitigadas.

Analisando as variáveis biofísicas e antrópicas juntamente ao mapa de probabilidade de regeneração da área (figura 1), observou-se que as variáveis mais importantes para o processo de regeneração natural foram: áreas mais próximas de recursos hídricos e remanescentes florestais, com solos de baixa drenagem, aptidão desfavorável para atividades agrícolas e com menores altitudes.

Tal fato explica-se baseado no comportamento da dispersão de sementes, e nas características da vegetação, uma vez que agentes dispersores atuam de modo mais efetivo nas características apresentadas pelas variáveis supracitadas, que aliada as condições ideais para o seu crescimento, aumentam as chances de sucesso no reestabelecimento de novos regenerantes.

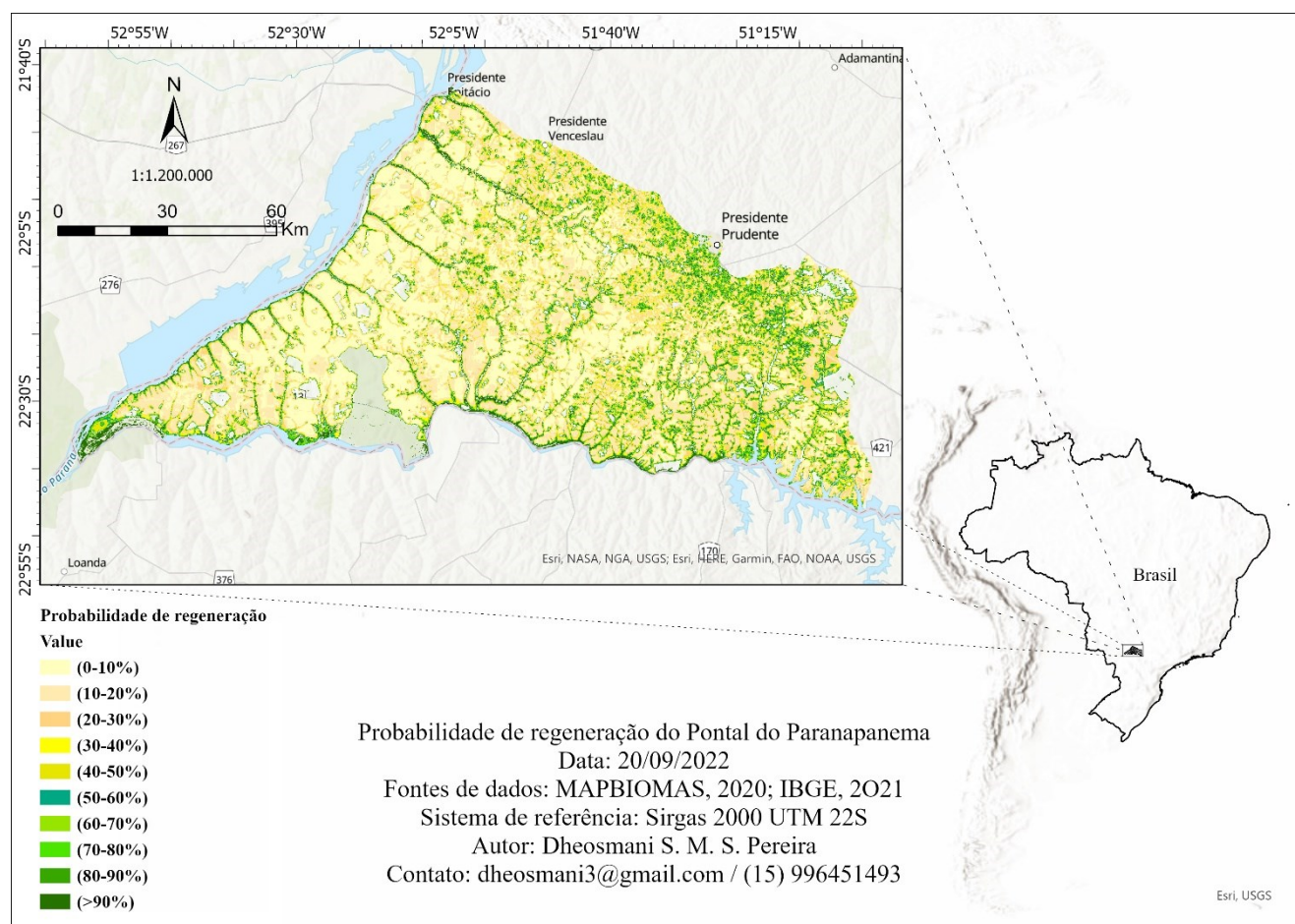


Figura 1. Mapa de probabilidade de regeneração natural no Pontal do Paranapanema

5. CONCLUSÕES

Observa-se que as áreas mais próximas a recursos hídricos e florestas existentes são as áreas mais propícias ao processo de regeneração, condições estas que criam sinergias facilitadoras da dispersão de sementes e criação de ambiente ideal para a regeneração. Os resultados obtidos na modelagem e simulação podem servir de subsídios para as crescentes ações de planejamento de restauração, evitando gastos desnecessários e distribuindo os esforços na recuperação florestal de modo mais efetivo.

6. AGRADECIMENTOS

018/18416-2 - Compreendendo florestas restauradas para o benefício das pessoas e da natureza – NewFor.
2021/11940-0 - Restauração de vegetação nativa na mata atlântica pela combinação estratégica de medidas obrigatórias e compromissos voluntários - CCD-EMA.
149761/2021-0 - Modelagem da dinâmica da paisagem como ferramenta para identificação da probabilidade de regeneração natural no Pontal do Paranapanema. Centro de Pesquisa e Extensão em Geotecnologias (CePE-Geo).
PIBIC/CNPq/UFSCar (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica).
Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ).

7. REFERÊNCIAS

- [1] ARRAES, R. DE A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, n. 1, p. 119–140, 2012.
- [2] ALMEIDA, D. S. **Floresta Atlântica**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 42–46. ISBN 978-85-7455-440-2.
- [3] MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados** – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 293p. il. (colorido).
- [4] BRANCALION, Pedro Henrique Santin; GANDOLFI, Sergius; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 419 p.
- [5] POORTER, L. et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, v. 530, n. 7589, p. 211–214, 2016.
- [6] ELLISON, D. et al. Trees , forests and water : Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, v. 43, n. February, p. 51–61, 2017.
- [7] MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 143p.
- [8] CROUZEILLES, R. *et al.* Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, v. 3, n. 11. 2017.
- [9] MOLIN, P. G.; CHAZDON, R.; FERRAZ, S. F. B.; BRANCALION, P. H. S. **A landscape approach for cost- effective large-scale forest restoration** Appl Ecol. v. 55, p. 2767-2778, 2018.
- [10] BENINI, R. M.; ADEODATO, S. **Economia da Restauração Florestal**. São Paulo: 2017. 71 p. Tradução: Christopher Mack.

- [11] SILVA NETO, João Cândido André da; ALEIXO, Natacha Cíntia Regina. A utilização de sistemas de informações geográficas na análise da temperatura da superfície em ambientes antropizados. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã (SP), v. 9, n. 8, p. 1-18, jan. 2013.
- [12] MOLIN, P.G.; GERGERL, B.S; SOARES-FILHO.; E S.F.B. FERRAZ. Spatial determinants of Atlantic Forest loss and recovery in São Paulo. *Landsc. Ecol*, v. 32, p. 857-870, 2017.
- [13] AGUIAR, Nathalia Virginia Veloso. **Modelagem da dinâmica da paisagem como ferramenta para identificação da probabilidade de regeneração natural na Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema**. 2019. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos, Buri (SP), 2019.
- [14] UEZU, A. Composição e estrutura da comunidade de aves na paisagem fragmentada do Pontal do Paranapanema. *Wild*, p. 193 __, 2006.
- [15] SAITO, Érika Akemi. **Identificação de áreas de mata ciliar em região do Pontal do Paranapanema-SP utilizando fusão de imagens CCD/CBERS-2B e HRC/CBERS-2B**. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal (RN). *Anais [...]*. Natal (RN): Inpe, 2009. p. 2989-2994.
- [16] CHAZDON, R. L. et al. People, primates and predators in the Pontal: From endangered species conservation to forest and landscape restoration in Brazil's Atlantic Forest. **Royal Society Open Science**, v. 7, n. 12, 2020.
- [17] FERNANDES JÚNIOR, Ottoni. **DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), v. 2, n. 7, 01 fev. 2005. Anual.
- [18] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Caracterização do Território Pontal Do Paranapanema – SP**. 2010.