

Identificação de áreas de preservação permanente prioritárias para restauração florestal visando a constituição de corredores ecológicos nos municípios de Alta Floresta, Carlinda e Paranaíta em Mato Grosso

Vinícius de Freitas Silgueiro ¹

Weslei Butturi ¹

Emanuelle Brugnara ²

Júlio César Wojciechowski ²

Leandro Reverberi Tambosi ³

¹Instituto Centro de Vida - ICV

Avenida Ariosto da Riva, 3473 - 78580-000 - Alta Floresta - MT, Brasil
{vinicius.silgueiro; weslei.butturi}@icv.org.br

² Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Campus Universitário de Alta Floresta - 78580-000 - Alta Floresta - MT, Brasil
emanuelle.brugnara@gmail.com; juliocw@unemat.br

³ Universidade Federal do ABC - UFABC

Avenida dos Estados, 5001 - 09210-580 - Santo André - SP, Brasil
letambosi@yahoo.com.br

Abstract. Forest restoration of degraded areas of permanent preservation (APPDs) represents an enormous challenge due to the large amount of degraded areas, but also an opportunity to establish ecological corridors. The probability of success and the costs of restoring APPDs are influenced by many factors such as the level of degradation, the history of occupation and landscape context. This latter can be measured through remote sensing and geoprocessing techniques. Thus, it can be considered a valuable approach to spatially plan the forest restoration actions. In this study we present an approach to prioritize the restoration of APPDs in three municipalities of the northern region of Mato Grosso state. The prioritization is based on the graph theory, and we used the Integral Index of Connectivity (IIC), more specifically the IICflux and IICconnector fractions to estimate the potential contribution of the restored APPDs to biological flow or to create new connection on the landscape, and consequently representing greater potential for restoration success and lower cost of implementation. We considered three species dispersal capabilities, equivalent to 100, 250 and 400 meters as a criterion to measure landscape connectivity. We identified 30,683 APPDs, totaling 24,126 hectares, and only 5,133 APPDs were considered as priority. It was observed that 1,003 of these priorities APPDs showed high values of importance both for creating new the landscape connections and to potential biological flow, totaling 6,779 hectares (28% of the total).

Palavras-chave: forest restoration planning, landscape connectivity, biological flow, planejamento da restauração florestal, conectividade da paisagem, fluxo biológico.

1. Introdução

A restauração florestal das áreas de preservação permanente (APPs) de cursos d'água e nascentes apresenta-se com um dos grandes desafios para implementação da Lei N° 12.651 de 25 de maio de 2012, o "Novo Código Florestal" brasileiro. Esse processo de regularização se inicia com a inscrição dos imóveis rurais no Cadastro Ambiental Rural (CAR), que consiste no levantamento das informações documentais e georreferenciadas do imóvel, onde devem ser declaradas a situação atual da hidrografia e cobertura do solo. Entre outras informações, como resultado, o proprietário, possuidor ou ocupante da área conhecerá a quantidade e distribuição espacial das APPs do imóvel, sendo obrigado segundo a legislação vigente a promover a recomposição da vegetação nativa nas APPs que tiveram sua vegetação original suprimida.

Para realizar sua regularização, após ter seu CAR validado pelo órgão ambiental competente, o proprietário, possuidor ou ocupante do imóvel rural deverá elaborar e executar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas e/ou Alteradas (PRADA).

Sobretudo, a efetiva regularização ambiental dos passivos associados as APPs representam uma necessidade para garantir a proteção e manutenção dos recursos hídricos e uma oportunidade para promover a conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. De acordo com Ministério do Meio Ambiente, o CAR deve se configurar como uma importante ferramenta no auxílio ao planejamento do imóvel rural e na recuperação das áreas degradadas, fomentando a constituição de corredores ecológicos e a conservação dos recursos naturais.

Em Mato Grosso, a restauração florestal das áreas de preservação permanente degradadas (APPDs), ainda que timidamente, tem ocorrido por meio de diversos esforços e iniciativas da sociedade e poder público local. Ao longo de seus recém completados 25 anos de história, o Instituto Centro de Vida (ICV), uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), juntamente com parceiros, tem testado diferentes técnicas de implantação e monitoramento da restauração florestal (HOFFMANN, 2015; MILANEZ e OLIVAL, 2013; SILGUEIRO et al., 2015; ICV, 2010).

Uma série de fatores influenciam o sucesso e os custos das ações de restauração das APPDs, entre eles está o nível de degradação, o histórico de ocupação e o contexto da paisagem no qual a área a ser restaurada está inserida (HOLL e AIDE, 2011). De fato, para o planejamento da restauração são importantes visitas a campo para uma avaliação *in loco* das condições da área a ser recuperada, para assim definir os métodos de intervenção mais adequados.

Entretanto, os fatores relativos ao contexto da paisagem podem ser medidos com uso de técnicas de geoprocessamento e podem representar uma primeira abordagem para o planejamento espacial da restauração florestal. A presença do fluxo biológico entre as áreas em restauração e os fragmentos florestais existentes na paisagem é extremamente importante para a recolonização por espécies da flora e fauna nativas, podendo influenciar diretamente no sucesso da restauração (CROUZEILLES et al., 2016). Esta recolonização pode representar oportunidades para utilizar estratégias mais baratas de ações de restauração, como a condução da regeneração natural, bem como pode atuar aumentando a área de habitat disponível para os organismos presentes na paisagem (TAMBOSI, 2014).

As APPDs a serem restauradas em regiões com maior disponibilidade de habitat e maior fluxo de organismos apresentam maior chance de receberem chuvas de sementes e de serem recolonizadas por indivíduos da fauna que muitas vezes trazem consigo também sementes (CROUZEILLES et al., 2016). Dessa forma, a conectividade da paisagem se apresenta como importante critério para tomada de decisão sobre por onde começar a restauração, possibilitando o maior ganho ambiental possível já nas fases iniciais de implantação do restauro (TAMBOSI, 2014).

Diante disso, configura-se como uma boa estratégia de intervenção estabelecer uma priorização das APPDs a serem restauradas a fim de identificar aquelas que poderão contribuir para o aumento da conectividade da paisagem e fluxo biológico, e que terão maior potencial de sucesso e menor custo de implantação.

Essa priorização pode ser realizada tanto para o planejamento da restauração na escala de cada imóvel rural, conforme demonstrado por Silgueiro et al. (2016), quanto em uma abordagem regional ou municipal, como se objetiva apresentar com esse trabalho.

Assim, o presente estudo tem por objetivo apresentar os resultados da análise da paisagem para a identificação de APPDs prioritárias para restauração florestal visando a constituição de corredores ecológicos em três municípios da região norte do Estado de Mato Grosso.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

As APPDs analisadas estão localizadas nos municípios de Alta Floresta, Carlinda e Paranaíta (Figura 1). Nessa região, em 2008, foi criado pelo extinto Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), por meio do Programa Territórios da Cidadania, o Território Portal da Amazônia (TPA). Esse território está inserido no bioma Amazônico em Mato Grosso e é composto por 17 municípios compreendidos entre o Rio Xingu e o Rio Juruena, que apresentam características ambientais, sociais, econômicas e geográficas similares.

O clima na região é do tipo Equatorial classificado como *Am*, conforme a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 2.500 mm. As tipologias vegetais predominantes na região são a Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Estacional (BERNASCONI et al., 2009).

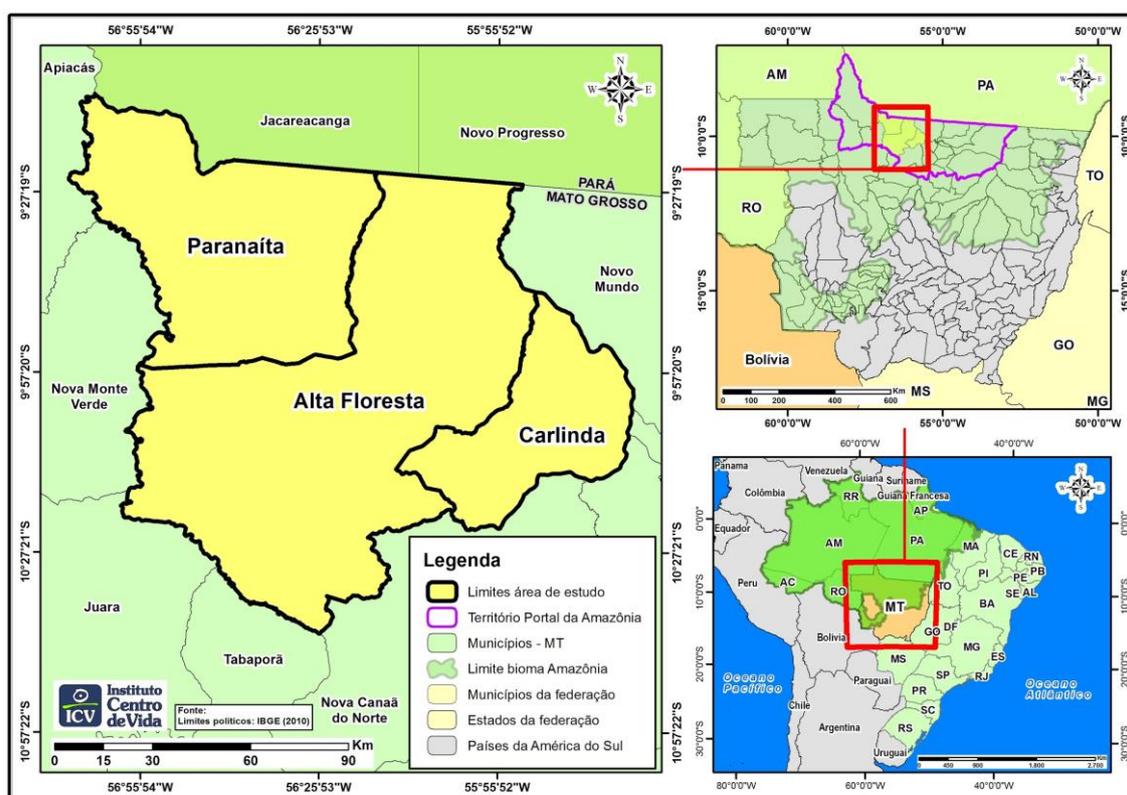


Figura 1. Localização da área de estudo em Mato Grosso

A partir de modelo automatizado elaborado pelo Núcleo de Geotecnologias do ICV, foram espacializadas as APPs e APPDs associadas aos cursos d'água e nascentes dos três municípios. Conforme a legislação vigente, para dimensionar as APPs e APPDs, esse modelo considera, além dos componentes da hidrografia, também o tamanho do imóvel rural em que a APPD está inserida e a data que sua vegetação original foi suprimida. O modelo pode ser disponibilizado aos interessados a partir da solicitação aos autores do presente trabalho.

As bases de dados cartográficas utilizadas foram atualizadas até o ano de 2016 e possuem escala de 1:25.000, sendo, portanto, bastante representativas das particularidades da hidrografia e cobertura do solo encontradas nos imóveis rurais e que deverão ser retratadas com a validação dos CARs.

2.2 Análise da Paisagem e Priorização das APPDs a Restaurar

Para analisar a conectividade da paisagem foi adotada a abordagem da teoria dos grafos para calcular as métricas de disponibilidade de habitat. A paisagem foi representada como um

grafo, no qual os remanescentes de vegetação nativa são considerados como os nós do grafo e as APPDs são considerados como nós que podem ser adicionados ao grafo pelas ações de restauração. Estes nós podem estar unidos por ligações que representam fragmentos funcionalmente conectados. O critério adotado para definir se dois fragmentos estão funcionalmente conectados está baseado na capacidade de deslocamento de um organismo. Caso a distância entre dois fragmentos seja inferior a essa capacidade, os fragmentos serão considerados como funcionalmente conectados (Figura 2, A-C).

Para as análises do presente estudo foi adotada tal abordagem por meio do Índice Integral de Conectividade (IIC), e suas frações *IICflux* (relacionada com o fluxo ambiental e gênico) e *IICconnector* (relacionada a importância do nó como única conexão entre outros fragmentos) propostas por Saura e Rubio (2010). Esta abordagem mostrou-se eficiente para representar os efeitos da disponibilidade de habitat na paisagem e associá-la com diversos processos ecológicos (SAURA, 2015). O cálculo do IIC de uma paisagem é feito pela somatória dos atributos (nesse caso, da área em hectares) de um fragmento ou conjunto de fragmentos funcionalmente conectados, dividido pelo número de conexões do caminho mais curto (distância) entre esses mesmos fragmentos (Figura 2, D). Com isso, cada fragmento tem uma determinada contribuição para o valor de IIC da paisagem, sendo que ao remover ou adicionar um fragmento, é possível quantificar a variação do IIC (*varIIC*) e definir esse valor como a importância do fragmento para a paisagem como um todo.

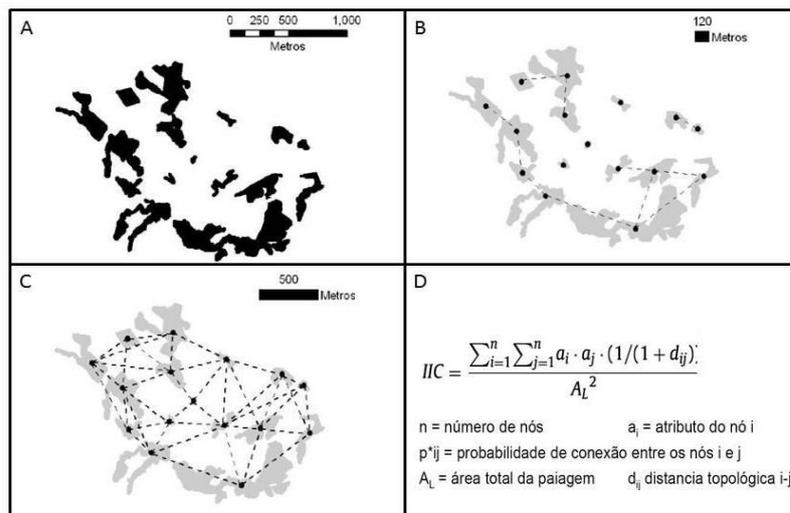


Figura 2. Fragmentos de habitat de uma paisagem (A), representação desta paisagem com os fragmentos sendo nós de um grafo (pontos) e as ligações entre os nós indicando fragmentos funcionalmente conectados considerando organismos com capacidade de dispersão de 120 e 500 m (B e C, respectivamente). Fórmula do Índice Integral de Conectividade (IIC) (D).

Assim, por meio das frações *IICflux* e *IICconnector* e o cálculo de suas respectivas variações (*varIICflux* e *varIICconnector*), é possível interpretar tanto o potencial de fluxo de organismos entre os fragmentos quanto a importância de um fragmento para a manutenção ou incremento da conectividade da paisagem. Dessa maneira, o valor de importância de uma área a ser restaurada, medido pela variação do índice IIC será maior quanto maior for a área a ser restaurada, maior o número de conexões que serão criadas com os fragmentos vizinhos e maiores os fragmentos que serão conectados. Baseado neste critério, as áreas candidatas a restauração foram classificadas em função de sua contribuição para a conectividade da paisagem. Portanto, se a área a ser restaurada criará uma nova conexão entre fragmentos previamente isolados, apresentando altos valores de *varIICconnector* ela foi considerada prioritária para **conexão**, se ela estará conectada a um fragmento já existente, tendo potencial fluxo biológico e colonização desta área (altos valores de *varIICflux*) ela é considerada

importante para **fluxo**, ou se ela estará isolada na paisagem apresentando valores mais baixos de ambas as variáveis, ela foi considerada como **indiferente**.

Para calcular o IIC das APPDs a serem restauradas nos municípios de Alta Floresta, Carlinda e Paranaíta, foi utilizado o *software* livre *Conefor Sensinode* 2.6, desenvolvido por Saurá e Torné (2009). Para o cálculo dos índices, foram consideradas três capacidades de dispersão como critério para definir se dois fragmentos estavam funcionalmente conectados: 100, 250 e 400 metros.

Os valores de *varIIC* e suas frações para cada área candidata a restauração foram espacializados no *software* *ArcGIS* 10.4, onde foram analisados os resultados e realizada a priorização das áreas a serem restauradas, de modo a expressar seu maior potencial em contribuir para a constituição de corredores ecológicos. Para isso, foi criado um campo contendo a somatória dos valores de *varIICflux* e *varIICconnector* segundo as três capacidades de dispersão consideradas. Para a priorização foram selecionadas 10% do total de APPDs a serem restauradas que apresentaram os maiores valores das somatórias tanto de *varIICflux* quanto de *varIICconnector*.

3. Resultados e Discussão

As APPDs selecionadas como prioritárias segundo os valores de *varIICflux* e *varIICconnector* foram combinadas, de modo a destacar as que tivessem altos valores para ambas variáveis. Assim, a priorização identificou as APPDs que representam maior importância para a conectividade da paisagem, para o fluxo biológico e para ambas funcionalidades. Também se obteve a identificação das APPDs a serem restauradas que apresentaram valores mais baixos das frações de IIC e que representam uma condição de maior isolamento na paisagem (Figura 3).

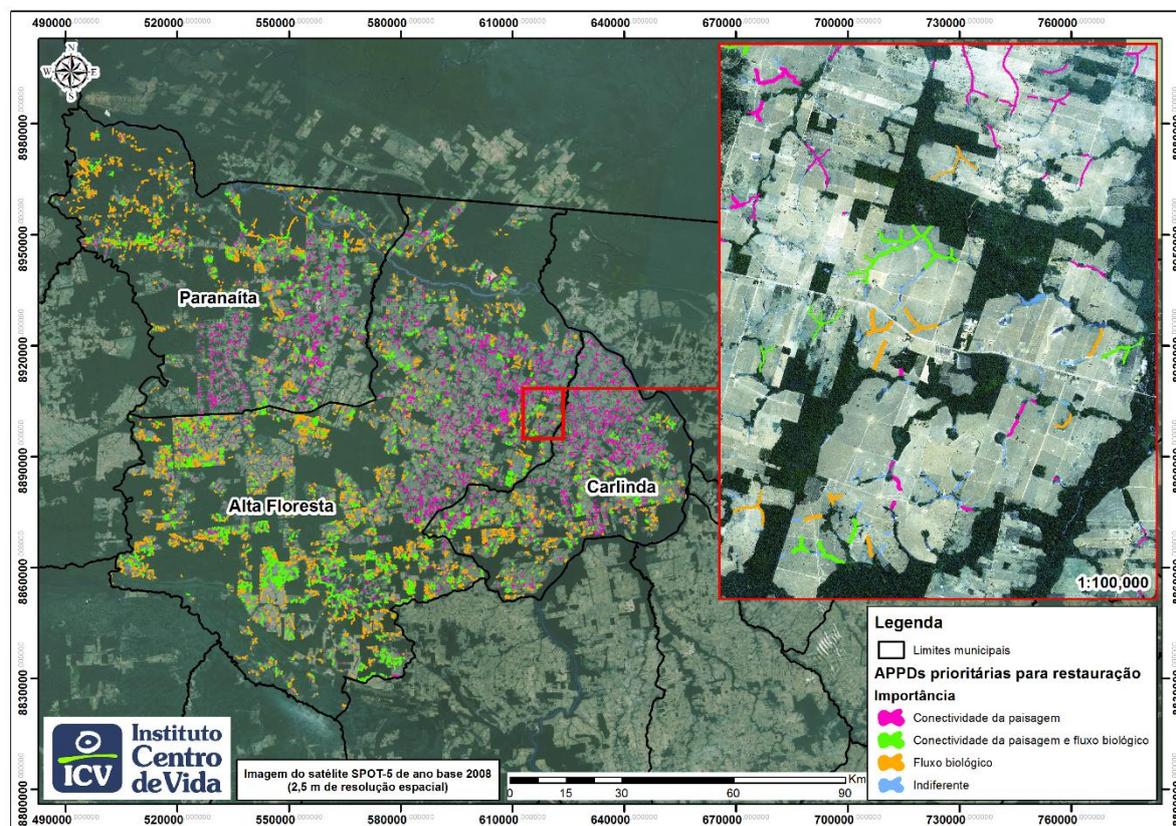


Figura 3. APPDs prioritárias para restauração nos municípios de Alta Floresta, Carlinda e Paranaíta visando a constituição de corredores ecológicos e o maior potencial de sucesso das ações de restauração.

Com isso, de um total de 30.683 áreas a serem restauradas, que totalizam 24.126 hectares, 5.133 foram consideradas como prioritárias. Em número, essas APPDs representam aproximadamente 16% do total a ser restaurado nos três municípios. Porém, em área, essas 5.133 APPDs somam 16.403 hectares e representam 68% do total de áreas associadas aos cursos d'água e nascentes a serem restauradas.

Ao se analisar a distribuição dessas APPDs segundo o critério de importância com que foram selecionadas, observou-se que 1.003 delas apresentaram altos valores de importância tanto para a conectividade da paisagem quanto para o fluxo biológico (Tabela 1). Estas APPDs importantes tanto para conexão quanto para fluxo totalizam uma área de 6.779 hectares, representam 41% do total das áreas prioritárias e 28% do total de APPDs a serem restauradas nos três municípios.

Tabela 1. Distribuição das APPD prioritárias para restauração florestal segundo os critérios de importância.

Importância das APPD prioritárias	Nº APPD	Área (hectares)	%
Conectividade da paisagem	2.065	1.618	10
Conectividade da paisagem e fluxo biológico	1.003	6.779	41
Fluxo biológico	2.065	8.006	49
Total	5.133	16.403	100

Essas áreas que representam a conectividade da paisagem e fluxo biológico (Tabela 1), apresentadas em verde limão na Figura 3, indicam não apenas o maior potencial de recolonização, mas também sua grande importância para a manutenção e aumento da conectividade da paisagem. Caracterizam-se assim como possíveis corredores ecológicos, uma vez que criarão conexões funcionais entre dois fragmentos previamente isolados. Essas seriam as áreas prioritárias dentro das APPDs prioritárias para restauração.

As APPDs com maior potencial de fluxo biológico totalizaram 8.006 hectares, 49% do total, e que são apresentadas na Figura 3 na cor alaranjada, apresentaram os maiores valores de importância para o fluxo ambiental e gênico entre os fragmentos já existentes e as áreas a serem restauradas. Desta forma, essas áreas podem ser vistas com significativo potencial de recolonização de espécies da flora e fauna, elemento chave para o sucesso da restauração.

Já as áreas com alta importância para a conectividade da paisagem, são apresentadas na Figura 3 em rosa, totalizaram 1618 hectares, 10% do total de APPDs prioritárias. Essas áreas se apresentaram como chaves para o aumento da conectividade entre determinados fragmentos, e conseqüentemente para a paisagem. Além de ser determinante para o sucesso das ações de restauração florestal e possibilitar a redução dos custos, o aumento da conectividade pode contribuir evitando a extinção de espécies locais, decorrentes do processo de fragmentação (BANKS-LEITE et al., 2014).

Estudos conduzidos nos fragmentos florestais de Alta Floresta mostraram que a manutenção e/ou a constituição de corredores ecológicos favorecem a permanência e o fluxo de espécies de aves (LEES e PERES, 2009) e de mamíferos (PRIST et al. 2012) de hábito florestal entre os remanescentes de vegetação nativa presentes e analisados no município.

Por fim, as demais APPDs que não foram apontadas como prioritárias nesse estudo, somam 25.550 áreas que totalizam 7.723 hectares. Essas áreas são apresentadas na Figura 3 na cor azul e representam áreas a serem restauradas que estão funcionalmente isoladas na paisagem quando consideradas as distâncias limite de 100, 250 e 400 metros. A recolonização destas áreas somente será possível por organismos com capacidade de deslocamento superior a 400 metros, indicando um menor potencial da chegada de propágulos através da chuva de sementes. Isso pode comprometer o sucesso da restauração baseada na condução da regeneração natural, caso não exista mais banco de sementes e de plântulas na área.

Após esse primeiro diagnóstico, podem ser realizadas visitas a campo para um levantamento mais preciso das condições das áreas a serem restauradas e em seguida estabelecer uma nova priorização considerando o custo do restauro, tamanho da área a ser implantada e o potencial benefício para a conectividade. Os critérios e a quantidade de áreas selecionadas dependerão dos objetivos do processo de seleção e dos recursos disponíveis para a restauração. Podem ser adotados diferentes critérios a fim de verificar quais áreas são consideradas prioritárias para restauração segundo o maior número de critérios.

Outra possibilidade é realizar o cruzamento das APPDs prioritárias com os imóveis rurais dos municípios, de forma a identificar aqueles que podem ser envolvidos em projetos de fomento a restauração florestal. Portanto, não existe uma única regra a ser seguida e os critérios e resultados devem ser analisados caso a caso para identificar quais se adequam mais aos objetivos das análises.

Cabe ressaltar, que no presente estudo as análises foram focadas na identificação de APPDs de cursos d'água e nascentes prioritárias para restauração, mas também podem ser consideradas as APPDs de outros elementos da paisagem, como os reservatórios artificiais, as encostas com declividade superior a 45° e topos de morros. Também podem ser consideradas nas análises as áreas de reserva legal (ARLs) a serem recompostas, utilizando a metodologia para propor a melhor alocação dessa recomposição visando a formação de corredores ecológicos.

4. Conclusões

O presente trabalho demonstra a importância e possibilidade prática de se considerar a análise da paisagem para priorizar as APPDs a serem restauradas visando contribuir com a constituição de corredores ecológicos.

A constituição desses corredores, expressas por meio dos valores de importância para a conectividade da paisagem e fluxo biológico, calculado com base em métricas confiáveis, indicam as APPDs com maiores chances de sucesso na restauração e eventualmente menores custos de implantação, uma vez que essas áreas apresentam maior potencial de regeneração natural.

Referências Bibliográficas

Banks-Leite, C., Pardini, R., Tambosi, L.R., Pearse, W.D., Bueno, A.A., Bruscagin, R.T., Condez, T.H., Dixo, M., Igari, A.T., Martensen, A.C. & Metzger, J.P. Using ecological thresholds to evaluate costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. **Science**, n. 345, p. 1041-1045, 2014.

Bernasconi, P.; Santos, R. R.; Micol, L.; Rodrigues, J. A. **Avaliação Ambiental Integrada: Território Portal da Amazônia**. Alta Floresta - MT: Instituto Centro de Vida (ICV), 107p. 2009.

Crouzeilles, R.; Curran, M. Which landscape size best predicts the influence of forest cover on restoration success? A global meta-analysis on the scale of effect. **Journal of Applied Ecology**. 53: 440-448, 2016.

Hoffmann, M. R. M. **Restauração florestal mecanizada: semeadura direta sobre palhada**. Instituto Centro de Vida (ICV), Alta Floresta, MT. 27p. 2015. Disponível em: http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2015/11/Restauracao_florestal_novembro2015.pdf>. Acesso em: 19.out.2016.

Holl, K.; Aide, M. Whem and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**. n. 261, p. 1558-1563, 2011.

Instituto Centro de Vida (ICV). **Calendário da Bacia do Alto Paraguai**. 13p. 2010. Disponível em: http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/67736calendario_da_bacia_do_alto_paraguai_pdf.pdf>. Acesso em: 24.out.2016.

Lees, A. C.; Peres, C. A. Gap-crossing movements predict species occupancy in Amazonian forest fragments. **Oikos**, n. 118, p. 280-290, 2009.

Milanez, J. G. P.; Olival, A. Monitoramento de sistemas agroflorestais sucessionais no Território Portal da Amazônia – MT. IX Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Ilhéus, BA, Brasil. 14 a 18 de outubro de 2013. **Anais...** Online. Disponível em: <<http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/11/Monitoramento-de-Sistemas-Agroflorestais-Sucessionais-no-Territ%C3%B3rio-Portal-da-Amaz%C3%B4nia-MT.pdf>>. Acesso em: 19.out.2016.

Prist, P., Michalski, F., Metzger, J. P. How deforestation pattern in the Amazon influences vertebrate richness and community composition. **Landscape Ecology**, v.27, n. 6, p.799-812, 2012.

Saura, S. **Quantifying dispersal paths in probabilistic habitat networks: a reply to Hock and Mumby and an overview of recent developments and applications.** 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2978.2883>>. Acesso em: 10.out.2016.

Saura, S.; Rubio, L. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. **Ecography**, n. 33, p. 523-537, 2010.

Saura, S.; Torné, J. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. **Environmental Modelling & Software**, n. 24, p. 135-139, 2009.

Silgueiro, V. F.; Butturi, W.; Mendonça, R. A. M.; Oliveira, P. E. P. Uso do balão para imageamento de alta resolução a baixo custo: aplicação para o monitoramento de áreas de restauração florestal. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa, PB, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4017-4024. Online. ISBN: 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0796.pdf>>. Acesso em: 19.out.2016.

Silgueiro, V. F.; Bona, D. A. O.; Butturi, W.; Santos, B. D. C.; Brugnara, E.; Tambosi, L. R. Análise da paisagem para o planejamento espacial da restauração florestal de áreas de preservação permanente em imóveis rurais na região de Alta Floresta – MT visando a constituição de corredores ecológicos. In: IX Semana da Biologia e I Seminário do Núcleo de Agricultura Familiar e Agroecologia, 2016, Alta Floresta - MT. **Anais...** Alta Floresta: Unemat, 2016. p. 137-142. Online. ISBN: 978-85-68739-03-7. Disponível em: <<http://altafloresta.unemat.br/index.php/servicos/eventos/ix-semana-da-biologia-e-i-seminario-do-nucleo-de-agricultura-familiar-e-agroecologia/item/611-anais-da-iv-semana-da-biologia-e-i-seminario-do-nucleo-de-agricultura-familiar-e-agroecologia>>. Acesso em: 19.out.2016.

Tambosi, L. R. **Estratégias espaciais baseadas em ecologia de paisagens para a otimização dos esforços de restauração.** 2014. 116p. Tese (Doutorado em Ciências, na Área de Ecologia) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2014.