

Revista Brasileira de Cartografia (2013) N^o 65/3: 455-465
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA FORMAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE DADOS EM UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Defining Areas to form Ecological Corridors using Data Integration in a Geographical Information System

**Carlos Loch, Paola Beatriz May Rebollar, Yuzi Anai Zanardo Rosenfeldt
Crisley Silveira Raitz & Mirtz Orige Oliveira**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

Rua João Pio Duarte, Campus Universitário, Córrego Grande, Florianópolis, Santa Catarina, CEP 88040-970

{paola.rebollar, crisleyraitz}@gmail.com

arquitetayuzi@yahoo.com.br

arquitetamirtz@hotmail.com

carlos.loch@ufsc.br

Recebido em 14 de maio, 2012/ Aceito em 21 de junho, 2012

Received on may 14, 2012/ Accepted on june 21, 2012

RESUMO

A implantação de corredores ecológicos é uma estratégia utilizada para interligar áreas florestais fragmentadas desde a década de 1970. A Mata Atlântica, um dos biomas brasileiros mais impactados, apresenta fragmentos vegetais que podem ser unidos promovendo um processo sinérgico positivo cujo efeito para produção de serviços ecossistêmicos vai além do somatório da capacidade de cada fragmento. Neste bioma a extensa rede hidrográfica aponta para o potencial das matas ciliares, áreas protegidas pelo Código Florestal Brasileiro, para a formação de corredores ecológicos. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo definir áreas potenciais para implantação de corredores ecológicos no distrito de Pirabeiraba, município de Joinville, Santa Catarina, a partir da integração e relacionamento de dados em um Sistema de Informação Geográfica baseado no atual de uso e ocupação do solo local. Para tanto, foram utilizadas fotografias aéreas ortorretificadas de 2010 e dados do cadastro técnico multifinalitário municipal. A partir destes dados, a forma, a localização e o nível de fragmentação dos remanescentes florestais foram analisados numericamente no software ArcGis utilizando a extensão gratuita V-Late. Foram selecionadas as parcelas fundiárias localizadas nas matas ciliares dos principais rios locais conforme cadastro fundiário disponível. Os resultados apontaram para um aumento estatisticamente significativo de 28% na área total de fragmentos florestais e 18,5% na área média dos fragmentos com a implantação de corredores ecológicos nas matas ciliares da áreas de estudo. Além disso, estes resultados demonstraram uma redução de 27% na distância média entre fragmentos. Os índices de forma e proximidade apontam para o potencial de desfragmentação da implantação de um corredor ecológico na área de estudo. A implantação do corredor sugerido afetaria 32 (3,4%) parcelas fundiárias do local. Diante disso, sugere-se que este método pode ser aplicado por gestores públicos para monitoramento e apoio a tomada de decisão no que se refere à gestão territorial municipal.

PALAVRAS-CHAVE: Corredores Ecológicos, Florestas Tropicais (Mata Atlântica), Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The implantation of ecological corridors is used to unite ecosystems fragments since 1970. Atlantic Rain Forest, one of the most impacted Brazilian environments, presents forests fragments that can be united provoking a positive synergic process which effects to ecosystem services production are higher than the sum of distincts fragments. In Atlantic Rain Forest the existence of a hidrological net points to the potential of riparian forest to constitute ecological corridors. In this context, this paper focus to define areas to form ecological corridors in Pirabeiraba District, Joinville municipality, Santa Catarina state. For this, aerial photography from 2010 and data from municipal land register were used. Using those data, the form, localization and fragmentation level were numerically analyzed on ArcGis software using V-Late extension tool. Land parcels located in riparian areas of main rivers were choosed. Results pointed to a relevant statistical increasing of 28% on forests remains total area and 18,5% on fragments medial area. These results show a reduction of 27% on fragments distance. Form and proximity indexes point to defragmentation potential on ecological corridor implantation. This corridor should affect 32 local land (3,4%) units. Therefore, public managers to monitoring and support decision-making at municipal level can use this method.

KEY WORDS: Ecological Corridors, Atlantic Rain Forest, Geographic Information Systems.

1. INTRODUÇÃO

O uso e ocupação do solo em áreas de floresta tropical promovem alterações na paisagem incorrendo em perda, fragmentação e simplificação dos habitat (ROBERTSON e KING, 2011). A fragmentação é um processo por meio do qual as áreas contínuas de determinado ecossistema são divididas (BIERREGAARD *et al.*, 1992; LANG e BLASCHKE, 2009). Este processo reduz a produção de serviços ecossistêmicos e, conseqüentemente, a qualidade ambiental local, regional e global.

Desde a década de 1970 são realizados estudos acerca da fragmentação da paisagem e das possibilidades de união de remanescentes vegetais visando melhorar a qualidade ambiental. A construção de corredores para interligar as áreas fragmentadas é uma das principais estratégias aplicadas. Sua utilização como ferramenta de gestão territorial se tornou mais intensa nos últimos 20 anos (FORMAN, 1995; LITTLE, 1990; NEIFF *et al.*, 2005). A desfragmentação gera um processo sinérgico positivo cujo efeito para produção de serviços ecossistêmicos vai além do somatório da capacidade de cada fragmento. (AWADE e METZGER, 2008; BAUDRY e MERRIAM, 1988; MAEDA *et al.*, 2008; MARTENSEN *et al.*, 2008; PARDINI *et al.*, 2010).

Existem corredores estabelecidos nos continentes americano e europeu. Nos países europeus foram implantados corredores estreitos, junto às estradas, visando proteger a fauna interligando uma rede de áreas conservadas em diferentes países (FORMAN, 1995; LANG e

BLASCHKE, 2009). Na América Central existe o projeto de estabelecimento do Corredor Ecológico do Caribe e do Corredor Ecológico Mesoamericano. Já na América do Sul, se busca estabelecer o Corredor Altoandino, o Corredor Fluvial Paraguay-Paraná, Corredor Ecológico de Selva Atlântica Interior na Argentina entre outros (NEIFF *et al.*, 2005; SANCHEZ, 2008).

O Brasil também procura estabelecer corredores ecológicos como estratégia para reduzir a fragmentação, melhorando a conectividade dos remanescentes florestais para facilitar o fluxo genético (MMA, 2012). O Projeto Corredores Ecológicos do Ministério do Meio Ambiente (MMA) faz parte do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. O projeto piloto contempla a criação de dois grandes corredores: Corredor Central da Mata Atlântica (CCMA) e Corredor Central da Amazônia (CCA). O projeto estimula a criação de parceiras em diversos níveis, federal, estadual, municipal, privado, sociedade civil organizada e moradores de entorno das áreas protegidas para a implementação e manutenção destes corredores (MMA, 2012).

Os corredores podem apresentar diferentes configurações espaciais. No Brasil, existe potencial para a implantação desta estratégia utilizando as matas ciliares da extensa rede hidrográfica. Diferentes pesquisas destacam as vantagens dos corredores formados por matas ciliares (NEIFF *et al.*, 2005). Estas podem ser habitat para grande número de espécies (anfíbios, peixes, aves, mamíferos e insetos) que dependem de rios. Há um grande número de espécies de mamíferos

semiaquáticos, como ariranhas e lontras que dependem das matas ciliares (CASSATI, 2010; FREITAS, 2010; GALETTI *et al.*, 2010). Além disso, as matas ciliares podem favorecer o controle da qualidade da água pela retenção de nitratos derivados de áreas agrícolas (PINAY e DÉCAMPS, 1988; SBPC/ABC, 2011). Também podem auxiliar na fixação de solo (JOLY *et al.*, 2000; SBPC/ABC, 2011). Por outro lado, algumas pesquisas apontam que corredores nas matas ciliares podem ter alguns efeitos negativos, como aumentar a relação área-borda devido a seu formato alongado o que reduz a área-núcleo efetiva (LANG e BLASCHKE, 2009; SIMBERLOFF, 1992).

A utilização das matas ciliares na formação de corredores ecológicos em bacias hidrográficas está amparada pela legislação brasileira desde a década de 1960. A Lei Federal 4.771/1965 (Código Florestal Brasileiro), posteriormente alterada pela Lei 7.803/1989, considera as áreas ao longo de todo o curso de água como Áreas de Preservação Permanente (APP) onde a vegetação nativa deve ser mantida em largura nunca inferior a 30 metros. Da mesma forma, a Lei Federal 6.766/1979 (Parcelamento do Solo), modificada pela Lei 10.932/2004, define que ao longo de cursos de água uma faixa de 15m deve ser considerada área não-edificável que pode ser utilizada para estabelecimento de corredores de vegetação nativa. No entanto, ambas as citadas leis federais apresentam artigos que permitem flexibilizar a norma em áreas urbanas.

O Brasil apresenta muitas áreas consideradas urbanas que na verdade apresentam uso e ocupação agrícolas e remanescentes florestais fragmentados. Dessa forma, é relevante considerar a possibilidade de conectar tais remanescentes, aumentando a oferta de serviços ecossistêmicos como estratégia de planejamento regional e urbano visando à melhoria da qualidade ambiental. Manter um ambiente natural saudável e equilibrado é condição imprescindível para a gestão territorial, tanto das áreas urbanas quanto rurais, uma vez que boa parte dos problemas recorrentes enfrentados por municípios, como cheias, escassez de água potável, perda de solo são causados por desequilíbrios ambientais.

Neste contexto, é interessante desenvolver técnicas para gestão territorial permitam apoiar a tomada de decisão dos gestores públicos com base em conhecimentos científicos. Diante disso, o

objetivo desta pesquisa foi definir áreas potenciais para implantação de corredores ecológicos no distrito de Pirabeiraba, município de Joinville, Santa Catarina, a partir da integração e relacionamento de dados em um Sistema de Informação Geográfica baseado no atual de uso e ocupação do solo local.

2. ÁREA DE ESTUDO

O distrito de Pirabeiraba está localizado na área de transição entre as zonas urbana e rural no município de Joinville, Santa Catarina. Este distrito está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (BHRCN), uma das mais importantes bacias hidrográficas da região nordeste de Santa Catarina. Esta bacia apresenta diferentes usos do solo e é importante na gestão municipal porque fornece 70% da água e pode causar enchentes na área urbana deste território. A área total da BHRCN é de 492 km², com a extensão do canal principal de 88 km. Suas nascentes estão situadas na serra Queimada, em altitudes próximas a 1.200 m, sua foz fica na baía da Babitonga.

Foram analisados 742,13ha (7.421.379,56m²) que corresponde a 1,5% da bacia, localizados no distrito de Pirabeiraba, Joinville, Santa Catarina entre as coordenadas UTM fuso 22 sul 7102400m e 7099600m de latitude sul 707450m e 709500m de longitude leste (referencial planialtimétrico SIRGAS 2000). A Figura 1 apresenta a localização do estado de Santa Catarina, do município de Joinville e da bacia hidrográfica citada segundo a caracterização estabelecida pela EPAGRI para o Projeto Microbacias II (EPAGRI, 2012).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cfa, ou seja, clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente. A temperatura média das máximas varia entre 26 e 27,6 °C e a média das mínimas entre 16,8 e 15,4°C. Esta bacia está localizada na zona agroecológica com as temperaturas médias mais altas e os maiores índices pluviométricos de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM, 1999; IPPUJ, 2009). A bacia do rio Cubatão encontra-se na Unidade Geomorfológica Serra do Tabuleiro/Itajaí. Esta unidade se caracteriza por serras dispostas de forma paralela, no sentido NE-SW, cujas altitudes diminuem em direção ao litoral (EPAGRI/CIRAM, 1999; IPPUJ, 2009). O relevo apresenta vales profundos com encostas íngremes e sulcadas, separadas por cristas bem marcadas.

A vegetação primária predominante é denominada Floresta Ombrófila Densa (KLEIN, 1978) e é conhecida como Mata Atlântica. Está relacionada com ambientes marcados pela maritimidade, ou seja, com elevado índice de umidade e baixa amplitude térmica. Esta floresta apresenta fisionomia e estrutura peculiares, e grande variedade de espécies endêmicas. Mais recentemente, predomina a vegetação secundária sem palmeiras e agricultura com culturas cíclicas. A floresta embora descaracterizada, ainda está presente em morros, montanhas e serras. Apenas alguns remanescentes encontram-se em altitudes de até 30 metros (EPAGRI/CIRAM, 1999; IPPUJ, 2009). O município de Joinville dispõe de 8 Unidades de Conservação de diferentes categorias (proteção integral e uso sustentável) cujos efeitos positivos na produção de serviços ecossistêmicos podem ser potencializados pela interligação com corredores ecológicos.

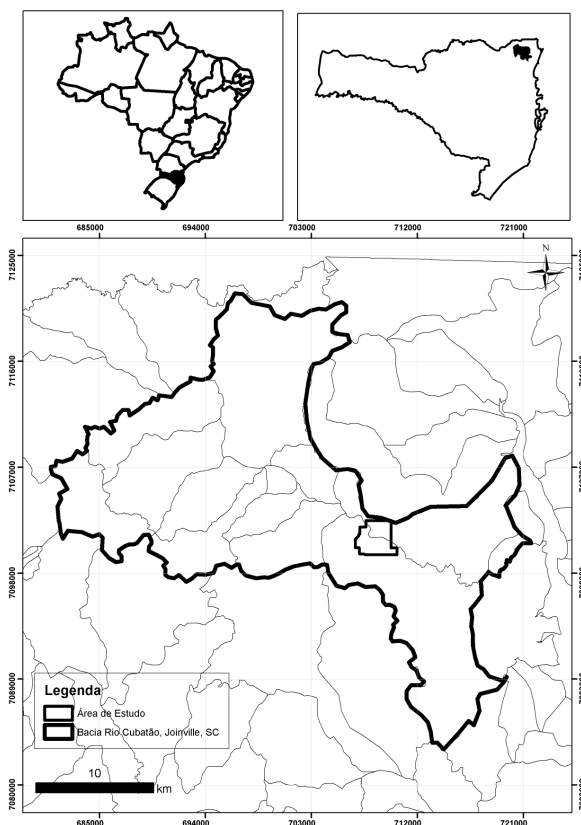


Fig. 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Cubatão e do recorte correspondente a área de estudo desta pesquisa.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado para a definição de áreas potenciais para implantação de corredores ecológicos foi sistematizado em 6 etapas: integração de dados; identificação de fragmentos florestais

nativos existentes; cálculo das variáveis quantidade, área, distância e perímetro de fragmentos florestais; análise da fragmentação através da aplicação de índice de forma e índice de proximidade; avaliação estatística dos resultados obtidos e elaboração dos mapas temáticos.

Para a integração de dados foram utilizados os seguintes materiais:

a) Ortofotos do voo fotogramétrico do ano de 2007, na 1:1.000 cedido pela Prefeitura Municipal de Joinville (PMJ);

b) Base cartográfica vetorizada em meio digital, com referencial geodésico SIRGAS 2000, proveniente de restituição aerofotogramétrica, do ano de 2007 na escala 1:2.000, cedido Prefeitura Municipal de Joinville (PMJ);

c) *Software* Arcgis/Esri, versão 9.3 juntamente com aplicativo V-Late 1.1 (LANG e TIEDE, 2003) para processamento dos dados *raster* e *vetoriais*.

No *software* Arcgis/Esri estes arquivos *vetoriais* referentes ao recorte da área de estudo foram utilizados para criar os *shapes* Hidrografia, Curvas de Nível e Parcelas Fundiárias através das ferramentas *Data* e *Export Data*. Neste mesmo *software*, os arquivos *raster* permitiram a classificação fragmentos florestais nativos existentes na área de estudo através de vetorização manual. Foram considerados fragmentos todas as unidades compostas de, pelo menos, uma espécie nativa arbórea. A identificação destas espécies foi realizada por identificador botânico através de fotointerpretação. A partir desta classificação foi criado o *shape* Fragmentos Existentes.

Utilizando como base o *shape* Hidrografia, foi criado o *shape* Matas Ciliares utilizando a ferramenta *Buffer* com o valor de 30m em cada margem dos principais cursos de água perenes presentes na área de estudo. O resultado desta operação associado ao *shape* Fragmentos Existentes através da ferramenta *Merge* deu origem ao *shape* Cenário Simulado. A área dos cursos de água foi descontada do valor atribuído a mata ciliar para todos os cálculos.

O aplicativo gratuito V-Late (LANG e TIEDE, 2003) foi utilizado para calcular as variáveis: quantidade, tamanho, perímetro e distância euclidiana entre fragmentos florestais que foram acrescentadas às tabelas de atributos dos *shapes* Fragmentos de Vegetação e Cenário Simulado. Para avaliar se existe diferença estatística nos valores

apresentados pelas variáveis calculadas na situação existente e simulada foi aplicado o teste de caso de uma proporção populacional. O resultado foi avaliado pela tabela de distribuição normal.

A partir destas informações foram calculados os Índices de Forma e Proximidade utilizados para a análise da fragmentação. O primeiro índice o Índice de Forma foram utilizados campos adicionais da tabela de atributos dos *shapes* Fragmentos de Vegetação e Potencial de Desfragmentação. Este índice busca estabelecer medidas padronizadas para a pesquisa de ecologia da paisagem através da caracterização do desvio da forma existente em relação a um círculo, considerado a melhor forma possível para um fragmento florestal (FROMAN e GODRON, 1986). Para tanto, foram calculados o raio e perímetro da circunferência de área equivalente a cada fragmento.

$A = \pi R^2$, onde A é a área do fragmento existente e R o raio da circunferência de área equivalente.

$P = 2\pi R$, onde P é o perímetro da circunferência de área equivalente ao fragmento analisado.

Em seguida, aplicou-se a razão do perímetro real do fragmento e o perímetro da circunferência de área equivalente, $IF = PR/PE$, onde IF é o índice de forma, PR o perímetro real do fragmento e PE o perímetro da circunferência equivalente. Dessa forma, quanto mais próximo de 1 estiver o este índice, melhor a relação área-borda do fragmento.

O Índice de Proximidade pode ser calculado utilizando o mesmo aplicativo que calculou as variáveis, V-Late. Este índice mede os graus de isolamento do remanescente florestal e a fragmentação deste tipo de uso do solo na vizinhança especificada (MCGARIGAL e MARKS, 1995). Para tanto, é necessário estabelecer o espaço de vizinhança (PB - *proximity buffer*) para o cálculo de proximidade. Nesta pesquisa o PB utilizado corresponde a 100m. Este índice não apresenta valores padronizados. Por isso, sua análise é feita pela comparação entre os resultados do cenário existente e simulado com a criação de corredor ecológico. Assim, o aumento do valor deste índice aponta para uma redução na distância euclidiana entre fragmentos próximos e para o aumento da quantidade de fragmentos no raio estabelecido.

Por fim, foram cruzadas as informações sobre o corredor ecológico e as parcelas fundiárias

existentes no local para geração dos mapas temáticos no *software* Arcgis/Esri que podem ser utilizados para apoiar a tomada de decisão por parte dos gestores públicos porque permitem a identificação do autor do benefício ou dano ambiental. Foram gerados os seguintes mapas temáticos: Parcelas Fundiárias que apresentam Remanescentes Florestais Nativos; Estágios Sucessionais dos Fragmentos Florestais Existentes; Parcelas Fundiárias com Fragmentos Vegetais em Matas Ciliares; Parcelas Fundiárias Afetadas pela Potencial Implantação de Corredor Ecológico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 110 fragmentos de vegetação florestal nativa remanescente na área de estudo. Estes fragmentos estão localizados em 59 parcelas fundiárias cadastradas pela PMJ na área de pesquisa (6,4%), conforme pode ser observado na Figura 2.

Os remanescentes florestais localizados foram analisados conforme a Resolução CONAMA 4/1994 que define a vegetação primária e secundária em seus diferentes estágios sucessionais. A classificação identificou 38 fragmentos (34,5%) em estágios iniciais de regeneração caracterizados pela presença de vegetação herbáceo-arbustiva de porte baixo com cobertura vegetal variando de fechada a aberta; presença de espécies lenhosas com distribuição diamétrica de pequena amplitude; diversidade biológica variável com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, como *Melinis minutiflora* (Capim-gordura).

Também foram localizados 67 fragmentos (61%) em estágio médio de regeneração, com fisionomia arbórea e arbustiva com possível presença de estratos diferenciados; cobertura arbórea variando de aberta a fechada; diversidade biológica significativa cujas espécie indicadora foi *Rapanea Ferruginea* (Capororoca). Foram identificados ainda 5 fragmentos (4,5%) em estágio avançado de regeneração, caracterizado por vegetação arbórea com dossel fechado e relativamente uniforme; copas superiores horizontalmente amplas; diversidade biológica muito grande devido à complexidade estrutural com espécies como *Schizolobium parahiba* (Guapuruvu), *Cecropia adenopus* (Embaúba), *Cedrela fisis* (Cedro) e *Miconia cinnamomifolia* (Jacutirão-açu), *Alchornea triplinervia* (Tanheiro). O gráfico representado na Figura 3 apresenta a área dos

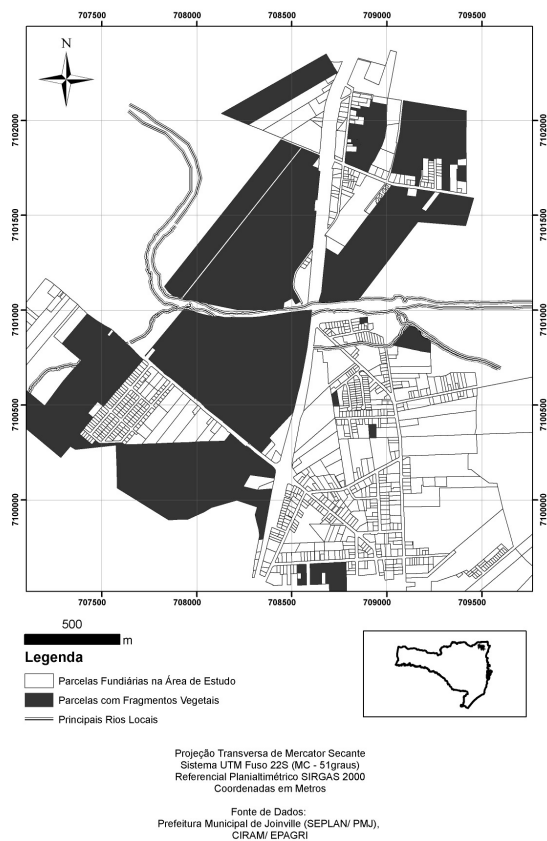


Fig. 2 - Parcelas Fundiárias que apresentam Remanescentes Florestais Nativos.

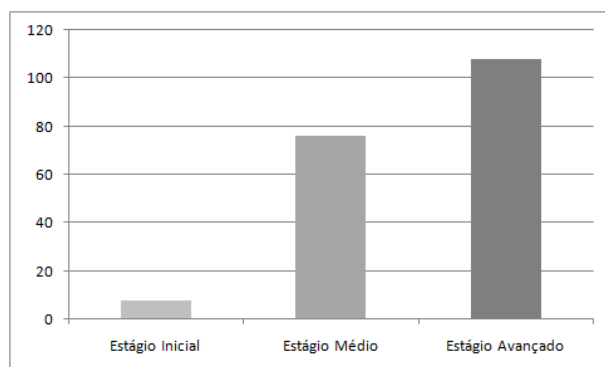


Fig. 3 - Área dos remanescentes florestais existentes na área de estudo em hectares.

remanescentes florestais na área de estudo em hectares. A Figura 4 apresenta a distribuição dos remanescentes em relação ao estágio sucessional.

No recorte da bacia do Cubatão estudado, a área total dos fragmentos foi de 192ha (1.922.920m²) que corresponde a 26% do local de estudo. A regra da biogeografia de ilhas indica que a perda de 90% de um ecossistema implica na perda de 50% da diversidade de espécies animais e vegetais (MACARTHUR e WILSON, 2001). Este dado é relevante porque a biodiversidade é o serviço ecossistêmico mais complexo. Os ecossistemas produzem bens e serviços importantes

tanto para as pessoas quanto para outras espécies. Bens ecossistêmicos, como fibras, alimentos, madeira, água e solo funcionam como elementos estruturais. Logo, ao utilizá-los, partes das estruturas são consumidas (COSTANZA, 1997; ODUM, 1971).

Cada ecossistema tem uma configuração particular de componentes estruturais que cria um fluxo de serviços ecossistêmicos essenciais para a sobrevivência e bem-estar das pessoas.

A área individual dos fragmentos existentes oscilou entre 0,0041ha (41m²) e 39ha (397.312m²). A média da área destes fragmentos foi de 1,9ha (19.642,63m²). A maior parte dos fragmentos (78%) apresenta área igual ou inferior a 1ha (10.000 m²). Maciel *et al.* (2011) mapearam a Floresta Atlântica no estado do Rio Grande do Norte e verificaram que 72% dos remanescentes apresentavam menos de 10ha e apenas 3% apresentavam mais de 100ha. Diferentes autores consideram que a área dos fragmentos é relevante para a complexidade estrutural e a manutenção da diversidade (CHIARELLO, 1999; COLLINGE, 1998; CORNELIUS *et al.*, 2000; SANTOS, 2002). Em mapeamentos realizados sobre a Floresta Atlântica, a escala pequena de trabalho não permite considerar fragmentos de tamanhos reduzidos. Por isso, as estimativas sobre a extensão das áreas com remanescentes florestais nativos podem oscilar. O INPE em conjunto com a Associação SOS Mata Atlântica (2008) considera como remanescentes florestais os fragmentos com área superior a 100ha que correspondem a 7,5% da área original. Ribeiro *et al.* (2009) propõe a inclusão de fragmentos com tamanhos menores que 100ha. Com isso as estimativas de remanescentes desta floresta aumentam para 13,5%.

Dos fragmentos florestais existentes na área de estudo, 44 estão localizados nas áreas de matas ciliares. Estes remanescentes correspondem a aproximadamente 43% (835,6m²) do total de vegetação florestal nativa do recorte analisado (Figura 5). Este resultado é coerente com Santos (2002) em sua pesquisa para avaliar a implantação de um corredor ecológico para interligar o Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ) e o Parque Nacional de Itatiaia (PNI) no estado do Rio de Janeiro. Esta pesquisadora verificou a existência deste tipo de APP ao longo dos rios em 32% (379,9 km²) de sua área de estudo (SANTOS, 2002). Lobo e Guimarães (2008) ao avaliarem

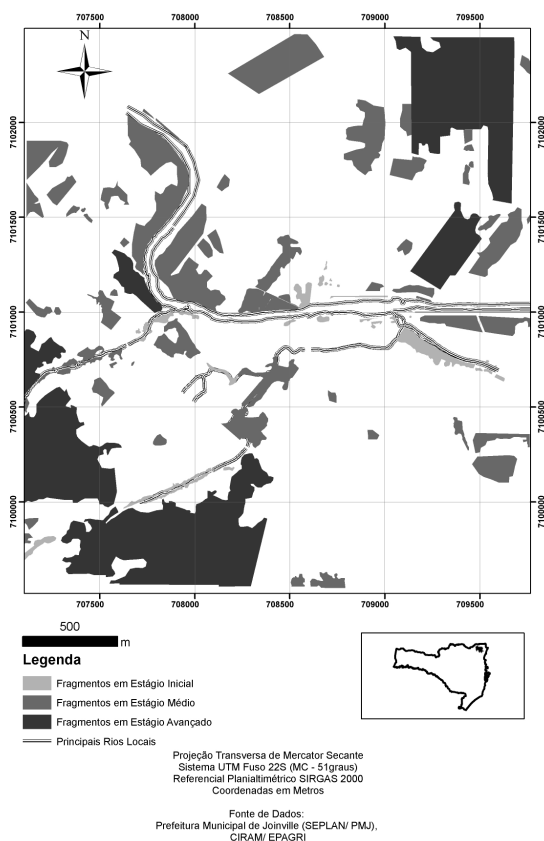


Fig. 4 - Estágios Sucessionais dos Fragmentos Florestais Existentes.

remanescentes nativos do bioma cerrado em Goiás observaram que aproximadamente 48% dos remanescentes estavam localizados nas matas ciliares.

A distância euclidiana entre fragmentos florestais nativos ainda existentes na área de estudo oscilou entre 0,6m e 505,51m. A média desta distância foi de 27,71m. A maior parte dos fragmentos se encontra na faixa de distância de até 20m o que aponta para a possibilidade de conexão através da implantação de corredores. Maciel *et al.* (2011) verificou que os fragmentos da Floresta Atlântica no Rio Grande do Norte estão localizados a uma distância média de 72m e que 62% destes estão distantes até 10m uns dos outros. Estes valores são importantes porque o alcance entre fragmentos é um fator decisivo na sobrevivência de metapopulações de animais e plantas e a conseqüente manutenção da biodiversidade. Na avaliação do alcance, a distância apresenta papel importante (LANG e BLASCHKE, 2009; SANTOS, 2002).

O perímetro dos fragmentos florestais nativos na área estudada variou entre 27,13m e 5117,4m; com valor médio de 514,9m. O perímetro é a variável que se refere ao formato das bordas dos

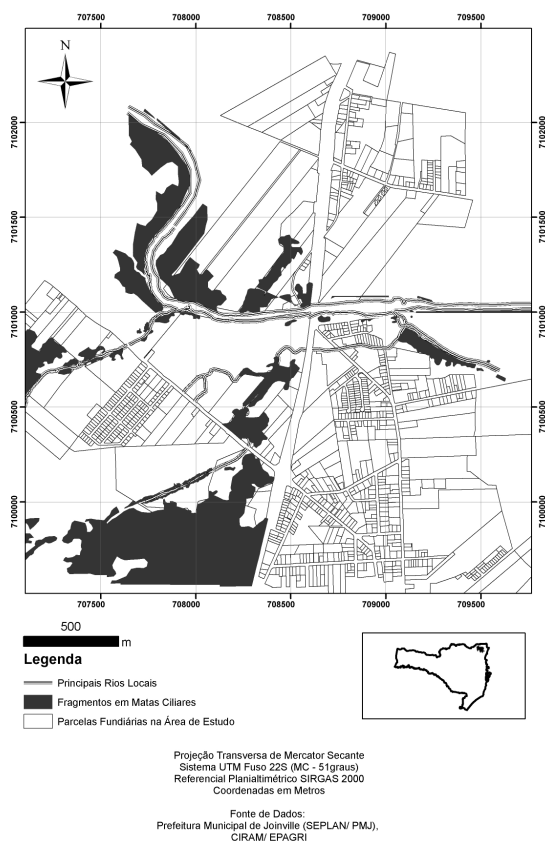


Fig. 5 - Parcelas Fundiárias e Fragmentos Vegetais em Matas Ciliares.

fragmentos. A maior parte dos fragmentos apresenta perímetro inferior a 1.000m. Pesquisadores apontam que bordas irregulares apresentam uma relação borda-área desfavorável possibilitando alterações do microclima e da dinâmica das populações locais (FRISOM *et al.*, 2006; LANG e BLASCHKE, 2009).

A partir destas informações foi realizada a avaliação da fragmentação das áreas de floresta nativa na área de pesquisa. A análise morfológica dos fragmentos realizada a partir da aplicação do Índice de Forma permitiu observar que 84% dos fragmentos apresenta formas suavizadas com valores próximos a 1. Estes valores apontam para uma relação borda-área menor. Nesta situação o centro do fragmento está afastado das extremidades e, por isso, mais protegido de interferências externas (FROMAN e GODRON, 1986; FRISOM *et al.*, 2006; LANG e BLASCHKE, 2009). No entanto, alguns fragmentos apresentaram índices de forma de até 4,25 indicando alta vulnerabilidade. O Índice de Proximidade aplicado a este cenário apresentou como resultado o valor de 2.662,41. Este índice não apresenta valores absolutos e deve ser avaliado em comparação com outro cenário.

Para possibilitar a comparação foram simulados os efeitos da criação de corredores ecológicos interligando os fragmentos florestais localizados nas matas ciliares dos principais rios locais. No caso da implantação deste corredor apenas 32 (3,4%) parcelas fundiárias seriam afetadas, conforme é possível observar no mapa temático representado na Figura 6.

Neste cenário simulado, a área total dos fragmentos foi de 246ha (2.467.163m²) que corresponde a um incremento de 28%. A pesquisa de Santos (2002) no estado do Rio de Janeiro simulou diferentes corredores ecológicos e seu melhor cenário obteve 17% de incremento absoluto na paisagem preservada.

Na simulação realizada no recorte da bacia do rio Cubatão, a média da área dos fragmentos florestais foi de 2,1ha (21.453,59m²) que correspondente a um aumento de 18,5%. Estas informações apontam para a possibilidade de aumento no tamanho global dos fragmentos florestais nativos existentes na área de estudo decorrente da composição de corredores através da recuperação das matas ciliares dos principais rios perenes.

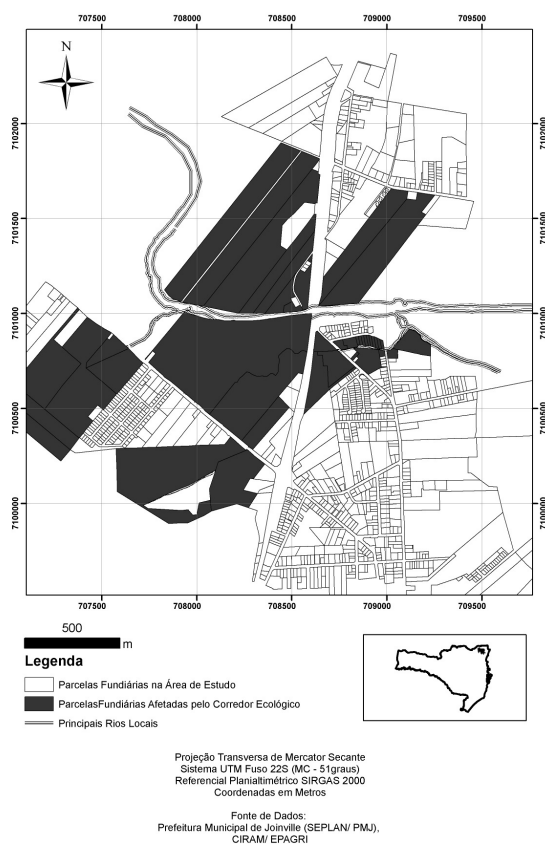


Fig. 6 - Parcelas Fundiárias Afetadas pela Potencial Implantação de Corredor Ecológico.

O perímetro dos fragmentos oscilou entre 6.590,7m e 27,1m com média de 622,8m. A média da distância euclidiana entre fragmentos no cenário simulado foi de 21,64m que representa uma redução de 27,33%.

O Índice de Forma apresentou os mesmos valores encontrados no cenário existente. Em geral, fragmentos localizados em áreas de mata ciliar apresentam Índices de Forma proporcionalmente maiores devido a seu formato alongado que aumentam a relação borda-área. Mas, no caso estudado não houve alteração nos valores relacionados a este índice. O Índice de Proximidade aplicado a este cenário apresentou como resultado o valor de 48.001,75, consideravelmente maior do que no cenário existente. Estes resultados apontam para o potencial positivo de desfragmentação dos remanescentes florestais nativos na área de estudo pela composição de um corredor ecológico nas matas ciliares dos rios principais

O recorte da bacia do rio Cubatão analisado faz parte da zona urbana do município de Joinville, mas apresenta uso do solo predominantemente agrícola. Devido a estas características, esta área é importante produtora de serviços ecossistêmicos para o município, tais como prevenção de enchentes, garantia de fornecimento de água, sequestro de carbono. O cruzamento dos dados relacionados os remanescentes florestais nativos com o parcelamento fundiário da PMJ permitem aos gestores identificar os proprietários que podem estar relacionados com a manutenção dos fragmentos ou com a implantação do corredor proposto.

Portanto, o gestor pode identificar os envolvidos diretos. Diante disso, pode ser relevante utilizar as informações obtidas através da aplicação do método proposto nesta pesquisa na gestão e planejamento territorial visando evitar que recursos que oferecem benefícios para todos sejam usados de forma desordenada (DAILY e ELLISON, 2002; MAEDA *et al.*, 2008). Segundo SBPC/ABC (2011) “a manutenção de remanescentes de vegetação nativa nas propriedades e na paisagem transcende uma discussão puramente ambientalista e ecológica, vislumbrando-se, além do seu potencial econômico, a sustentabilidade das atividades econômicas”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes pesquisadores concordam que o estabelecimento de corredores entre áreas conservadas pode aumentar a biodiversidade e, conseqüentemente, a produção dos demais serviços ecossistêmicos (LANG e BLASCHKE, 2009; SANCHEZ, 2008; SANTOS, 2002; SBPC/ABC, 2011). Corredores formados por matas ciliares e rios constituem unidades ecológicas interconectadas por fluxos de informação horizontais que podem ser favorecidos quando as matas ciliares são recuperadas ao nível de bacias hidrográficas (NEIFF *et al.*, 2005). No contexto brasileiro esta pode ser uma estratégia eficiente já que diversas cidades brasileiras estão organizadas ao longo de rios. No entanto, sua aplicação demanda o envolvimento de atores sociais privados que precisam liberar áreas produtivas para a implantação das APP. Para contornar este conflito podem ser utilizados esquemas de pagamentos por serviços ecossistêmicos.

A avaliação da fragmentação dos remanescentes florestais e dos efeitos da criação de corredores ecológicos na conectividade através de sistemas de informações geográficas demonstrou-se efetiva. No estudo de caso apresentado, a recuperação das matas ciliares pode reduzir a fragmentação e aumentar a produção de serviços ecossistêmicos. A análise da área de estudo destacou seu papel como provedora destes serviços para as áreas urbanas do município e seu potencial para aumento desta produção.

O método apresentado pode ser um instrumento para inventariar e sistematizar informações visando o planejamento do uso e ocupação do solo. Através deste método é possível elaborar diagnósticos ambientais cujas informações espacializadas em mapas temáticos podem favorecer a compreensão por públicos variados, como gestores, empresários, pesquisadores e agricultores, favorecendo a gestão participativa. A implantação e manutenção de corredores são processos complexos porque demandam a convergência de interesses políticos, sociais e ambientais diversos (NEIFF *et al.*, 2005; SANCHEZ, 2008). Segundo Bohensky *et al.* (2006), a construção de cenários podem ser importante veículos de comunicação e cooperação, especialmente quando são elaborados para identificar respostas para problemas específicos. Diante disso, sugere-se que este

método pode ser aplicado por gestores públicos para monitoramento e apoio a tomada de decisão no que se refere à gestão de recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério da Educação do Governo Federal Brasileiro que financiou esta pesquisa através de concessão de bolsas de estudos (MEC-REUNI).

REFERÊNCIAS

- AWADE, M.; METZGER, J.P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, v.33, p. 863-873, 2008.
- BAUDRY, J.; MERRIAM, H. Connectivity and connectedness: functional versus structural patterns in landscapes. In: SCHREIBER, K.F. (ed.) **Connectivity in Landscape Ecology**, 1a. ed. Münster, DE: Münster Geographische Arbeiten, 1988. p. 23-28.
- BIERREGAARD, R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOV, V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, R.W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, v. 42, p. 859-866, 1992.
- BOHENSKY, E. L.; REYERS, B; VAN JAARSVELD, A. S. Future Ecosystem Services in a Southern African River Basin: a Scenario Planning Approach to Uncertainty. **Conservation Biology**, v. 20, p. 1051-1061, 2006.
- CASSATI, L. Alterações no código florestal brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 11-23, 2010.
- CHIARELLO, A. G. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. **Conservation Biology**, v.89, n. 1, p. 71-82, 1999.
- COLLINGE, S. K. Spatial arrangement of habitat patches and corridors: clues from ecological field experiments. **Landscape and Urban Planning**, v.42, n. 2, p.157-168, 1998.
- CORNELIUS, C.; COFRÉ, H.; MARQUET, P. A. Effects of habitat fragmentation on bird species in a relict temperate forest in semiarid Chile. **Conservation Biology**, v.14, n. 2, p. 534-543, 2000.

- COSTANZA, R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.
- DAILY, G.; ELLISON, K. **The new economy of nature: the quest to make conservation profitable**. 1ª ed. Washington, D.C. United States of America: Island Press, 2002. 323p.
- EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico**. Florianópolis: Epagri, 1999. 1010p.
- EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Mapoteca**. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>. Acessado em 02 jan 2012.
- FORMAN, R. **Land mosaic: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 632p.
- FREITAS, A. V. L. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p.24-33, 2010.
- FRISOM, S.; FILHO, A.C.P.; CORRÊA, L.C.; CAVAZZANA, G.H. Uso do Sensoriamento Remoto na análise do efeito de borda de fragmentos naturais (capões) da Fazenda São Bento, Pantanal Sul, subregiões de Miranda e Abobral. In: **Anais I Simpósio de Geotecnologias do Pantanal**. Campo Grande: INPE, 2006. P.52-54.
- FROMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 632p.
- GALETTI, M.; PARDINI, R.; DUARTE, J. M. B.; SILVA, V. M. F.; ROSSI, A. E.; PERES, C. A. Mudanças no código florestal e seu impacto na ecologia e diversidade dos mamíferos no Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p.34-45, 2010.
- INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais e Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2005-2008**. Disponível em: <http://www.sosmataatlantica.org.br/index.php?section=atlas&action=atlas>. Acessado em 01 jan 2012.
- IPPUJ - Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento de Joinville. **Município de Joinville**. Joinville: Prefeitura Municipal, 2009. 164p.
- JOLY, C.A., RODRIGUES, R.R., METZGER, J.P., HADDAD, C.F.B., VERDADE, L.M., OLIVEIRA, M.C.; BOLZANI, V.S. Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. **Science**, v. 328, p.1358-1359, 2010.
- KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico de Santa Catarina**. Florianópolis: FATMA, 1978. 32p.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424p.
- LANG, S; TIEDE, D. **V-Late Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse**. 1ª ed. Innsbruck, Austria: ESRI, 2003. 98p.
- LITTLE, G. **Greenways for Americas**. Baltimore: John Hopkins University Press, 1990. 112p.
- LOBO, F.; FERREIRA, L. G. Vegetação Remanescente nas Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade em Goiás: Padrões de Distribuição e Características. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, p. 89-104, 2008.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 2001. 442p.
- MACGARIGAL, K.; MARKS, B. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Dolores, 1995. 245p.
- MACIEL, L.V.B.; BROWN, L.; CARDOSO, M.Z. Bioma Mata Atlântica no estado do Rio Grande Do Norte: Qual a real situação?. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, 2011, p.2891.
- MAEDA, E.E.; FORMAGGIO, A.R.; SHIMABUKURO, Y.E. Análise histórica das transformações da floresta Amazônica em áreas agrícolas na bacia do rio Suia-miçu. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n.1, p.5-24, 2008.
- MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J.P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, p. 2184–2192, 2008.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Projeto Corredores Ecológicos*. Disponível em <http://>

www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=109.
Acessado em 27 jan 2012.

NEIFF, J.J.; NEIFF, A.S.G.P.; CASCO, S.L. Importância Ecológica del Corredor Fluvial Paraguay-Parana, como Contexto del Manejo Sostenible. **Enfoque Ecosistêmico**, v.1, n.1, p. 193-210, 2005.

ODUM, E.P. **Basic Ecology**. 2^a ed. Georgia, USA: CBS College Publishing, 1983. 434p.

PARDINI, R.; BUENO, A.; GARDNER, T.; PRADO, P. I.; METZGER, J. P. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime in biodiversity across fragmented landscapes. **Plos One**, v. 5, n. 10, p. 1-10, 2010.

PINAY, G.; e DÉCAMPS, H. The role of riparian woods in regulating nitrogen between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model. **Regulated Rivers - Research & Management**, v. 2, p. 507-516, 1988.

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**, v. 142, p. 1141–1153. 2009.

ROBERTSON, L.D.; KING, D.R. Comparison of pixel- and object-based classification in land cover change mapping. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 6, p. 1505-1529, 2011.

SANCHEZ, N. Geopolítica e medio ambiente: el Corredor Biológico del Caribe. **Observatorio Social de America Latina**, v.8, n.23, p. 155-162, 2008.

SANTOS, J.S.M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. 176p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; ABC - Academia Brasileira de Ciências. **O Código Florestal e a Ciência**: contribuições para o diálogo. São Paulo: Editora SBPC, 2011. 124p.

SIMBERLOFF, D. Movement Corridors: conservation bargains or poor investments? **Conservation Biology**, v. 6, p. 493-504, 1992.