

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
ENGENHARIA AMBIENTAL

COMPARAÇÃO ENTRE CENÁRIOS DE ALOCAÇÃO DE FRAGMENTOS
DE VEGETAÇÃO NATIVA COM VISTAS À CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE.

Aluna: Raissa Custódio Borges

Orientador: Prof. Dr. Victor Eduardo Lima Ranieri

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo
(EESC/USP).

São Carlos - SP
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

B732c Borges, Raissa Custódio
 Comparação entre cenários de alocação de fragmentos de
vegetação nativa com vistas à conservação da
biodiversidade / Raissa Custódio Borges ; orientador
Prof. Dr. Victor Eduardo Lima Ranieri. -- São Carlos,
2011.

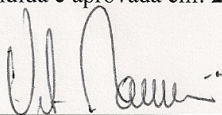
 Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São
Paulo, 2011.

 1. Ecologia da paisagem. 2. Fragmentos de vegetação
remanescente. 3. Sistema de informação geográfica. 4.
Parâmetros métricos. I. Título.

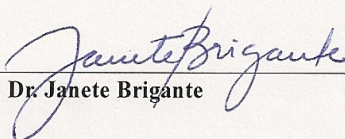
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato(a): **Raissa Custodio Borges**

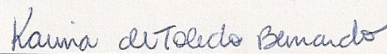
Monografia defendida e aprovada em: **26/10/2011** pela Comissão Julgadora:



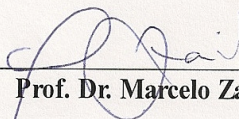
Prof. Dr. Victor Eduardo Lima Ranieri



Prof. Dr. Janete Brigante



Karina de Toledo Bernardo



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcial e Angela, pelo suporte, carinho e confiança.

Às minhas irmãs, Egle e Lais, pelos momentos de descontração.

Ao André, pelo amor, carinho, atenção e por ouvir quando eu mais precisava.

Ao Victor Ranieri, pela orientação durante o período da iniciação, pelas conversas e sugestões, pela atenção, mesmo longe do país.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram no trabalho.

RESUMO

Borges, R. C. *Comparação entre cenários de alocação de vegetação nativa com vistas à conservação da biodiversidade* – Monografia (Trabalho de Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, 2011.

O presente trabalho teve como objetivo gerar e comparar diferentes cenários de alocação de fragmentos de vegetação nativa, na paisagem rural do município de Brotas-SP, marcada pelo elevado percentual de ocupação por atividades agropecuárias, a fim de identificar o melhor cenário para a conservação da biodiversidade. A região de estudo apresenta um déficit de vegetação nativa de cerca de 32%, no que tange ao atendimento do Código Florestal brasileiro. Dois cenários foram criados visando reduzir esse déficit, um considerando o aumento da faixa de vegetação ao redor das áreas de preservação permanente e outro considerando o aumento da faixa de vegetação no entorno dos fragmentos remanescentes. Os dados georreferenciados necessários para a criação dos cenários e análises foram obtidos junto à equipe que elaborou o Zoneamento Ambiental de Brotas (2006). Estes dados foram trabalhados em ambiente SIG, utilizando o software Idrisi 15 e, para o cálculo dos parâmetros métricos de paisagem, foi utilizado o software Fragstats, versão 2.0. Dentre as métricas que podem ser usadas para analisar paisagens do ponto de vista quantitativo foram selecionados sete parâmetros para comparação dos cenários no presente estudo. Os dois modelos de complementação da vegetação remanescente tiveram como base aumentar áreas ao redor de regiões relevantes no sentido de conservação da biodiversidade. Os resultados dos parâmetros métricos foram utilizados para a comparação entre os cenários. Qualquer que seja o cenário implantado, estudos sobre o monitoramento da efetividade funcional das áreas protegidas/recuperadas na conservação da biodiversidade são necessários.

Palavras-chave: ecologia da paisagem; fragmentos de vegetação remanescente; sistema de informação geográfica; parâmetros métricos.

ABSTRACT

Borges, R. C. *Comparison between scenarios of native vegetation allocation for the biodiversity conservation* – Monograph (Undergraduate Work) – School of Engineering of São Carlos, Department of Hydraulics and Sanitation, University of São Paulo, 2011.

This study aimed to generate and compare different scenarios for allocating fragments of native vegetation, countryside in the city of Brotas-SP, marked by high percentage of occupation by agricultural activities, to identify the best scenario for biodiversity conservation. The study region presents a deficit of native vegetation of about 32%, regarding the care of the Brazilian Forestry Code. Two scenarios have been created in order to reduce this deficit, one considering an increasing range of vegetation around areas of permanent preservation and the other considering the increasing range of vegetation surrounding the remaining fragments. The georeferenced data necessary for the creation of scenarios and analysis were obtained from the team that prepared the Environmental Zoning of Brotas (2006). These data were worked in a GIS environment, using the Idrisi 15 software and, for the parameters for the calculation of landscape metrics, the Fragstats software, 2.0 version, was used. Among the metrics that can be used to analyze landscapes quantitatively, seven parameters were selected for comparison of the scenarios in this study. The two models of remnant vegetation complementation were based on increasing areas around relevant regions, considering the biodiversity conservation. The results of the metric parameters were used for comparison between scenarios. Whatever the implemented scenario is, studies on monitoring the functional effectiveness of protected / restored areas in the conservation of biodiversity are needed.

Key words: landscape ecology; fragments of remnant vegetation; geographic information system; metric parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localização do município de Brotas no Estado de São Paulo (Fonte: www.wikipedia.org – acessado dia 20 de julho de 2011).....	29
Figura 2 Áreas de Proteção Ambiental no estado de São Paulo, com destaque à APA de Corumbataí, Botucatu e Tejuπά (4a e 4b no mapa). (Fonte: www.ambiente.sp.gov.br/apas - acessado dia 20 de julho de 2011).....	30
Figura 3 Áreas prioritárias para restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo (Fonte: JOLY et al., 2010).....	31
Figura 4 Representação vetorial e matricial, respectivamente.....	33
Figura 5 Detalhe da imagem de rios e reservatórios em formato matricial.....	34
Figura 6 Detalhe da imagem na qual são representados os rios e reservatórios (1) e as áreas de preservação permanente (2).....	36
Figura 7 Detalhe do plano de informação representando rios, APP, remanescentes de vegetação, estradas e área urbana do município de Brotas.....	37
Figura 8 Detalhe do mapa temático do município de Brotas com um buffer de 45 metros em volta da APP nas margens dos cursos d'água.....	47
Figura 9 Detalhe do mapa temático do município de Brotas com um buffer de 45 metros em volta dos fragmentos de vegetação remanescentes.....	48
Figura 10 Detalhe do efeito de borda e da área central no mapa original.....	50
Figura 11 Detalhe do efeito de borda e da área central no cenário com alargamento da APP.....	50
Figura 12 Detalhe do efeito de borda e da área central no cenário com alargamento dos fragmentos remanescentes.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Temas e fontes dos dados utilizados na elaboração do Zoneamento Ambiental de Brotas (2006).....	32
Tabela 2 Parâmetros métricos escolhidos para serem calculados para os cenários e sua descrição.....	38
Tabela 3 Área de cada atributo do mapa de Brotas.....	43
Tabela 4 Comparação entre os cenários gerados.....	46
Tabela 5 Valores das áreas de vegetação antes e depois da depuração para cada imagem.....	52
Tabela 6 Porcentagem de redução das áreas de vegetação das imagens resultantes do processo de depuração em relação às imagens originais.....	53
Tabela 7 Antes (com a depuração da imagem) e depois (considerando os recursos hídricos como parte dos fragmentos) da área total de vegetação para o mapa original e os dois cenários.....	54
Tabela 8 Parâmetros métricos referentes aos cenários elaborados.....	55
Tabela 9 Número de fragmentos no mapa original e em cada cenário.....	56
Tabela 10 Área média dos fragmentos no mapa original e em cada cenário.....	56
Tabela 11 Área do maior fragmento do mapa original e de cada cenário.....	57
Tabela 12 Distância média entre os vizinhos mais próximos no mapa original e nos cenários 1 e 2.....	58
Tabela 13 Área total sob efeito de borda no mapa original e nos cenários 1 e 2.....	59
Tabela 14 Área central total dos fragmentos do mapa original e dos cenários 1 e 2.....	59
Tabela 15 Área central média dos fragmentos do mapa original e dos cenários 1 e 2.....	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	15
2. OBJETIVOS	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 ECOLOGIA DE PAISAGEM.....	21
3.1.1 <i>Área e Isolamento dos Fragmentos</i>	23
3.1.2 <i>Corredores Ecológicos</i>	24
3.1.3 <i>Efeito de Borda</i>	25
3.1.4 <i>Métricas de Paisagem</i>	26
4. METODOLOGIA	29
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.2 GERAÇÃO DO MAPA DE BROTAS.....	32
4.3 MÉTRICAS DE PAISAGEM.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 CÁLCULO DAS ÁREAS DOS COMPONENTES DO MAPA DE BROTAS.....	43
5.2 CRIAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	44
5.3 EFEITO DE BORDA E ÁREA CENTRAL.....	48
5.4 DEPURAÇÃO DA IMAGEM.....	51
5.5 CÁLCULO DOS PARÂMETROS.....	53
5.6 DISCUSSÃO DOS PARÂMETROS.....	55
5.6.1 <i>Número de Fragmentos</i>	56
5.6.2 <i>Área Média dos Fragmentos</i>	56
5.6.3 <i>Área do Maior Fragmento</i>	57
5.6.4 <i>Distância Média entre os Vizinhos mais Próximos</i>	58
5.6.5 <i>Área sob Efeito de Borda</i>	59
5.6.6 <i>Área Central</i>	59
5.7 DISCUSSÃO GERAL.....	60
6. CONCLUSÕES	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado baseando-se nos resultados finais da pesquisa de iniciação científica intitulada “Comparação entre cenários de alocação de fragmentos de vegetação nativa com vistas à conservação da biodiversidade”, desenvolvida pela aluna Raissa Custódio Borges sob orientação do professor Victor Eduardo Lima Ranieri, ambos da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A destruição do ambiente natural avançou nos últimos anos, acarretando na perda de biodiversidade ao redor do mundo (BRUNDTLAND, 1987). Atividades humanas normalmente fragmentam uma paisagem, ou seja, ocorrem mudanças na disposição dos elementos desta paisagem (METZGER, 2001), seja na quantidade ou na forma, alterando relações entre espécies. As ações antrópicas existentes em um município alteram a paisagem, ao longo dos anos, com suas diferentes atividades, podendo diminuir a conectividade do ambiente, ou seja, traz graves conseqüências para a biodiversidade do local.

De acordo com Turner e Corlett (1996), além do tamanho e o grau de isolamento dos fragmentos, a frequência e intensidade de distúrbios humanos e a natureza da vegetação do entorno também exercem influência importante na riqueza de espécies. As atividades desenvolvidas no entorno e dentro dos fragmentos influem na conservação dos mesmos. De acordo com Kotchetkoff-Henriques (2003), as poucas áreas que são protegidas de forma mais efetiva apresentam riqueza de espécies superior às demais, indicando que a supressão de práticas como extração de madeira, presença de gado no interior da mata, caça, entre outras

são benéficas para a conservação. Com base nestes dois estudos anteriores, os fragmentos de vegetação existentes são os resquícios de vegetação onde pode haver uma concentração maior de espécies, ou mesmo onde haja condições de mantê-las. Outro ponto a se analisar é que esses fragmentos de vegetação criados devido à mudança do ecossistema ao seu redor sofrerão com a mudança drástica de ambiente, a borda destes fragmentos ficará mais susceptível a impactos adversos aos organismos ali presentes (MURCIA, 1995). Dessa forma, torna-se necessário que se analise estes fragmentos, através de métricas de paisagem para que os impactos negativos possam ser quantificados.

O presente trabalho visa estudar a influência de diferentes arranjos de fragmentos de vegetação natural sobre um conjunto de parâmetros métricos da estrutura da paisagem que, potencialmente, podem afetar a biodiversidade de um local, tendo a abordagem ecológica da Ecologia da Paisagem (METZGER, 2001) como referencial teórico.

A Ecologia da Paisagem pode ser aplicada no planejamento da ocupação do território rural onde se observa a dinâmica dos processos de fragmentação e de restauração de ecossistemas. No contexto brasileiro, a abordagem ecológica da Ecologia da Paisagem é de especial interesse no que diz respeito às reservas legais (RL) já que a sua constituição, formação, distribuição, tamanho, geometria, entre outros fatores, podem afetar a heterogeneidade espacial e, como consequência, as relações entre as espécies. Segundo o Código Florestal (Lei 4.771/65 já alterada pela MP n°. 2.166-67, de 24.08.2001), Reserva Legal é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, que não seja a de preservação permanente (APP), e que tem como objetivo a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos, a conservação da biodiversidade e o abrigo e proteção de fauna e flora nativas. A área a ser conservada na forma de RL varia de acordo com o bioma e o tamanho da propriedade e pode ser: 80% da propriedade rural localizada na Amazônia Legal, na área de florestas; 35% da propriedade rural localizada no bioma cerrado dentro dos estados que

compõem a Amazônia Legal; 20% nas propriedades rurais localizadas nas demais regiões do país.

Por área de preservação permanente entende-se “área protegida, ..., coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos da paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”, de acordo com o Código Florestal, em seu art. 1º, §2º, II. As APP podem ser encontradas na margem de rios, lagos, nascentes, regiões de alta declividade, morros, praias, entre outros lugares, sendo que a largura ou quantidade de vegetação varia em cada lugar (definições encontradas no Código).

Um dos recentes temas abordados pela sociedade é a influência da conservação de sistemas naturais sobre o sistema econômico (BRUNDTLAND, 1985), como, por exemplo, o aumento do custo de tratamento de água e esgoto quando os recursos hídricos não são devidamente protegidos. O aumento de custo, muitas vezes, é o que impulsiona a sociedade a se preocupar com o sistema natural. A alocação da Reserva Legal é um fator que pode interferir na conservação natural.

A questão da conservação da natureza em terras privadas por meio das APP e RL tem se tornado um tema bastante polêmico nos últimos anos (METZGER, 2002), o que reforça a necessidade de pesquisas sobre o tema para compreender melhor a importância dessas figuras de proteção sobre a biodiversidade no contexto da paisagem rural.

Os resultados do trabalho possibilitarão auxílio aos órgãos licenciadores e aos proprietários rurais na tomada de decisões pertinentes aos recursos naturais, representados pelo Código Florestal.

2. OBJETIVOS

Avaliar duas estratégias distintas de alocação de RL (aumento da faixa de vegetação ao redor das APP *versus* aumento da faixa de vegetação no entorno dos fragmentos remanescentes), comparando os efeitos de ambas sobre parâmetros métricos de paisagens.

Para atingir o objetivo proposto, o trabalho foi dividido em etapas, a saber:

- Elaboração, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) do banco de dados espaciais do município de Brotas-SP com os seguintes temas: recursos hídricos, áreas de preservação permanente (APP) localizadas nas margens dos corpos d'água, fragmentos de vegetação existentes, estradas e rodovias e área urbana;
- Geração dos dois cenários para análise, utilizando diferentes operações com imagens em formato matricial;
- Cálculo de parâmetros métricos de paisagem dos dois cenários para fins de comparação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para melhor compreensão do presente trabalho, a revisão bibliográfica é apresentada com os principais assuntos e termos relacionados ao objetivo da pesquisa. Algumas definições serão importantes na etapa final, quando houver a discussão dos resultados, sendo necessário, portanto, a descrição de alguns tópicos, principalmente relacionados à Ecologia da Paisagem.

3.1 ECOLOGIA DE PAISAGEM

O termo *Ecologia de Paisagem* foi cunhado por Carl Troll (1939 apud METZGER, 1999), um geógrafo alemão, em 1939. Ele desenvolveu esta terminologia e muitos conceitos primordiais da ecologia de paisagem como parte de seus primeiros trabalhos, que consistiam em aplicar interpretação de fotografias aéreas a estudos de interação entre o meio e a vegetação.

De acordo com vasta bibliografia, a ecologia de paisagens pode ser entendida como: o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (FORMAN; GODRON, 1986); a investigação da estrutura e funcionamento de ecossistemas na escala da paisagem (POJAR et al., 1994); uma área de conhecimento que dá ênfase às escalas espaciais amplas e aos efeitos ecológicos do padrão de distribuição espacial dos ecossistemas (TURNER, 1989); uma forma de considerar a heterogeneidade ambiental em termos espacialmente explícitos (WIENS et al., 1993); uma área de conhecimento que considera o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, as interações e trocas espaciais e temporárias através de paisagens heterogêneas, as influências da heterogeneidade espacial nos processos bióticos e abióticos e o manejo da heterogeneidade espacial (RISSER,

et al., 1984); uma ciência interdisciplinar que lida com as interações entre a sociedade humana e seu espaço de vida, natural e construído (NAVEH; LIEBERMAN, 1994).

São diferentes definições e abordagens para um conceito, mas a idéia geral é que a Ecologia da Paisagem é o campo da ecologia que enfatiza a interação entre padrões espaciais e processos ecológicos, isto é, as causas e conseqüências da heterogeneidade espacial ao longo de uma faixa de escalas espaciais e temporais. Alguns importantes pesquisadores não identificam a Ecologia da Paisagem como uma simples disciplina ou ramo da ecologia, mas sim como uma intersecção de muitas disciplinas e campos de conhecimento relacionados (geografia, ecologia, sensoriamento remoto, sociologia, economia, etc.) com um foco nos padrões espaciais e temporais da paisagem.

A emergência da paisagem como escala apropriada para muitos estudos ecológicos ocorreu em função de três fatores principais (PICKETT; CARDENASSO, 1995): a ampla escala dos assuntos ambientais e dos problemas de manejo de terras; o desenvolvimento de novos conceitos relacionados à escala na ecologia; os avanços tecnológicos em sensoriamento remoto e tratamento de dados.

A Ecologia de Paisagem possui duas principais abordagens: a ecológica e a geográfica. A abordagem geográfica preocupa-se com o planejamento da ocupação territorial, através do conhecimento dos limites e das potencialidades de uso econômico de cada “unidade da paisagem”, enfocando questões em macro-escala. Desta forma, é menos centrada nos estudos bio-ecológicos, e pode ser definida como uma disciplina holística. Já a abordagem ecológica dá maior ênfase às paisagens naturais, à aplicação de conceitos para a conservação da diversidade biológica e ao manejo de recursos naturais e não enfatiza, obrigatoriamente, macro-escalas. (METZGER, 2001). O principal foco dessa abordagem é o estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos ecológicos (TURNER, 1989). Nesse

trabalho foi seguida a abordagem ecológica, uma vez que dois cenários foram gerados e comparados buscando-se a melhor opção para a conservação da biodiversidade.

Os principais conceitos da Ecologia da Paisagem, necessários à melhor compreensão dos resultados deste trabalho, serão apresentados e definidos a seguir.

3.1.1 Área e Isolamento dos Fragmentos

Diversas hipóteses ligam a área à riqueza de espécies (TANGNEY et al., 1990). A riqueza diminui quando a área do fragmento fica menor do que as áreas mínimas necessárias para a sobrevivência das populações (FORMAN et al., 1976; SAUNDERS et al., 1991). Um fator que contribui para a extinção de espécies é a redução da heterogeneidade dentro de um fragmento, que ocorre devido à redução de sua área, além de aumentar o efeito de borda nesses fragmentos. A redução do tamanho das populações aumenta também o risco de extinções estocásticas (GOODMAN, 1987). Apenas o valor da área em si é importante. Esta hipótese é consequência da teoria de biogeografia de ilhas (MacARTHUR; WILSON, 1967 apud METZGER, 1999). Esta teoria diz que quanto maior a ilha, maior o tamanho da população para qualquer espécie em particular e, assim mais tempo será necessário para qualquer espécie desaparecer da ilha. A distribuição das classes de tamanhos dos fragmentos na paisagem é um elemento importante para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade (VIANA et al., 1992).

O isolamento age negativamente na riqueza ao diminuir a taxa de imigração (METZGER, 1999). As espécies que conseguem se manter em fragmentos isolados tendem a se tornar dominantes (HANSON et al., 1990) e desta forma a diversidade do habitat diminui por uma redução da riqueza e da equabilidade biológica. O grau de isolamento afeta o fluxo

gênico entre fragmentos florestais e, portanto, a sustentabilidade de populações naturais (VIANA; PINHEIRO, 1998).

De acordo com Simberloff (1992) nenhuma teoria é amplamente aceita para prever quantas espécies podem ser perdidas, tanto com o desmatamento quanto com a fragmentação. Muitas pesquisas, inclusive a do autor, têm focado na relação espécie-área. Grandes fragmentos, em média, têm mais habitats que os pequenos, e cada habitat adiciona um número novo de espécies particularmente adaptadas a ele, aumentando assim a diversidade de espécies desses grandes fragmentos em relação aos menores. Mas, como o próprio autor diz, existem muitos debates de como as extinções ocorrem em grandes áreas e poucos estudos estão sendo conduzidos nesse sentido, dificultando o estabelecimento de uma relação espécie-área confiável. Para este trabalho não será necessário o uso de uma relação espécie-área e sim a informação de que um está diretamente relacionado ao outro.

Os dois fatores mencionados acima são importantes porque, quanto maior a área, mais espécies, e quanto maior o fragmento, mais habitats são passíveis de existir. Assim a área torna-se importante fator de comparação entre os cenários de estudo.

Diversas estratégias podem ser utilizadas para aumento da conectividade entre fragmentos (VIANA; PINHEIRO, 1998), destacando-se o estabelecimento de corredores em matas ciliares e encostas e o aumento a porosidade da matriz.

3.1.2 *Corredores Ecológicos*

Segundo Hobbs (1992), um corredor pode ser geralmente considerado como uma entidade linear de vegetação que difere da vegetação de entorno e conecta no mínimo dois fragmentos por um período de tempo considerável. Ainda segundo o autor, qualquer tira de vegetação pode ser vista como um corredor em alguns contextos. No entanto, quando

considerado o movimento de fauna, o atributo importante do corredor é que ele permita o movimento de um lugar para outro diferente. A largura do corredor também é importante, pois este deve ser largo o suficiente para que nenhum efeito de borda atrapalhe este movimento.

Quanto mais largos os corredores, maior é a taxa de grupos animais beneficiados. O aumento da porosidade na matriz, ou seja, a densidade de manchas na paisagem, aumenta a diversidade de unidades de manejo e a diversidade dentro das unidades de manejo (VIANA; PINHEIRO, 1998.). A porosidade de uma paisagem, também entendida como percolação, refere-se à densidade e disposição dos fragmentos permitirem o deslocamento de determinada espécie animal através de um fragmento (METZGER, 1999).

Como uma das propostas é o aumento da faixa de preservação ao longo dos rios e córregos (estruturas lineares), grandes corredores poderão ser criados, ou até mesmo novos fragmentos de vegetação, aumentando os benefícios já citados anteriormente.

3.1.3 *Efeito de Borda*

Segundo Murcia (1995) efeito de borda é o resultado da interação entre dois ecossistemas adjacentes, quando os dois estão separados por uma transição abrupta (borda). Tal efeito seria mais intenso em fragmentos pequenos e isolados. Esses efeitos podem afetar os organismos numa floresta fragmentada causando mudanças nas condições bióticas e abióticas, acarretando em uma mudança local, fazendo que plantas que não estejam preparadas para a condição de maior estresse hídrico, característico das regiões de borda, acabem perecendo, acarretando em mudanças na base da cadeia alimentar e causando danos à fauna existente na região. A autora ainda ressalta que, apesar dos efeitos adversos serem

bem aceitos por vários pesquisadores, há pouco consenso em como medir e dizer o que realmente é o efeito de borda.

Os efeitos de borda têm sido medidos em uma larga variedade de tipos de florestas com diferentes características de borda e cercados por uma gama de diversas matrizes. Apesar disso, ainda não é possível se adotar nenhum padrão confiável (MURCIA, 1995). Como a estrutura do trabalho é de comparação entre alguns cenários de alocação de fragmentos de vegetação para conservação da biodiversidade, este importante fator pode ser considerado mais satisfatório naquele cenário em que se obtiver um menor efeito de borda.

3.1.4 *Métricas de Paisagem*

Para a análise das entidades da Ecologia de Paisagens, são usadas neste trabalho as chamadas métricas de paisagem, que são algoritmos que quantificam características espaciais específicas de fragmentos, classes de fragmentos ou mosaicos inteiros de paisagens (McGARIGAL et al, 2002). A Ecologia de Paisagem lida com a relação entre os processos ecológicos e o padrão espacial, sendo necessário, portanto, a quantificação destes através das métricas ou índices da paisagem (METZGER, 2006). Como o objetivo do presente trabalho é comparar dois cenários em termos de alocação de vegetação, faz-se necessária a utilização de métricas para quantificar os resultados.

De acordo com Metzger (2006), a estrutura da paisagem pode ser quantificada por diferentes parâmetros, índices ou métricas que são, em geral, agrupados em duas categorias: os índices de composição e os de disposição. Os primeiros estão mais restritos às unidades presentes na paisagem, sua riqueza e a área que ocupam, enquanto os segundos quantificam o arranjo espacial dessas unidades em termos de grau de fragmentação e a frequência de contato

entre elas. Neste trabalho os índices de disposição foram mais utilizados como fator comparativo entre os cenários.

Existe uma grande quantidade de métricas, porém muitas medem a mesma coisa de formas diferentes, por isso é preciso escolher com cuidado as métricas a serem realizadas. O uso de métricas de paisagem deve ser contextualizado dentro de um questionamento bem definido, ou seja, elas não têm sentido por si só, a menos que sejam utilizadas de forma descritiva. Outro fator importante é que não basta calcular os índices, é preciso interpretar e analisar os resultados, procurando um embasamento científico.

4. METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

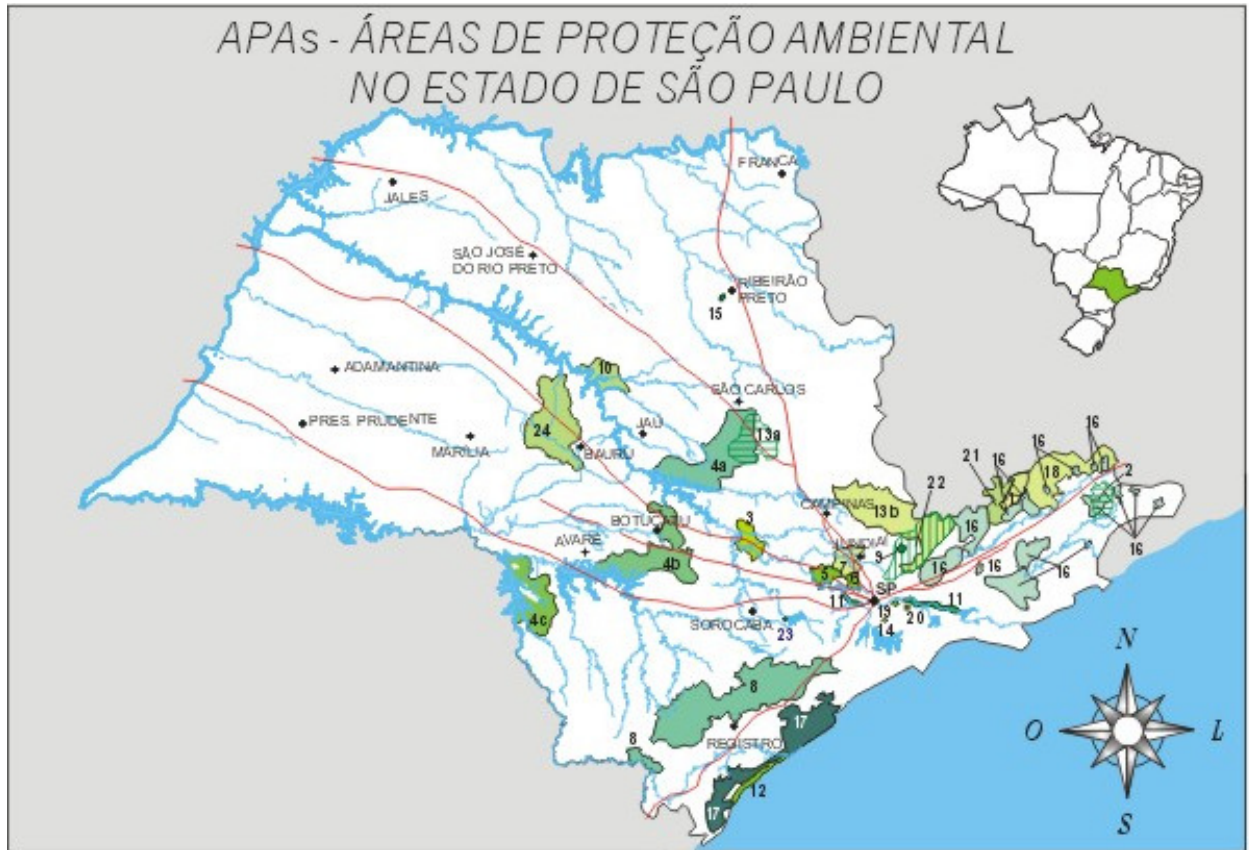
A área de estudo é o município de Brotas, localizado no estado de São Paulo, na latitude de 22°17'12"S e longitude de 48°07'35"W (Figura 1). Possui uma área de 1102 km², fazendo divisa com os municípios de São Carlos, Itirapina, São Pedro, Torrinha, Dois Córregos, Dourado e Ribeirão Bonito.



Figura 1 – Localização do município de Brotas no Estado de São Paulo. (Fonte: www.wikipedia.org – acessado dia 20 de julho de 2011).

O município de Brotas foi escolhido por ter todo seu território inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí, Botucatu e Tejuπά (perímetro Corumbataí, Figura 2) e, como mostra a Figura 3, estar situado em uma região identificada como uma das

prioritárias para a restauração da biodiversidade segundo o projeto Biota Fapesp (JOLY et al., 2010).



1 Campos do Jordão	2 Silveiras	3 Tietê	4 Corumbataí/Botucatu/Tejuapé	5 Cabreúva	6 Cajamar
7 Jundiaí	8 Serra do Mar	9 Represa Bairro da Usina	10 Ibitinga	11 Várzea do Tietê	
12 Ilha Comprida	13 Piracicaba/Juqueri-Mirim(área1)	13 Piracicaba/Juqueri-Mirim(área2)			
14 Haras São Bernardo	16 Mananciais Vale do Paraíba(Federal)	17 Cananéia/Iguape/Peruíbe(Federal)			
18 Serra da Mantiqueira(Federal)	19 Parque do Carmo	20 Mata do Iguatemi	21 Sapucaí-Mirim		
22 Sistema Cantareira	23 Represa de Itapararanga	24 Rio Batalha			

Figura 2 – Áreas de Proteção Ambiental no estado de São Paulo, com destaque à APA de Corumbataí, Botucatu e Tejuapé (4a e 4b no mapa). (Fonte: www.ambiente.sp.gov.br/apas - acessado dia 20 de julho de 2011).

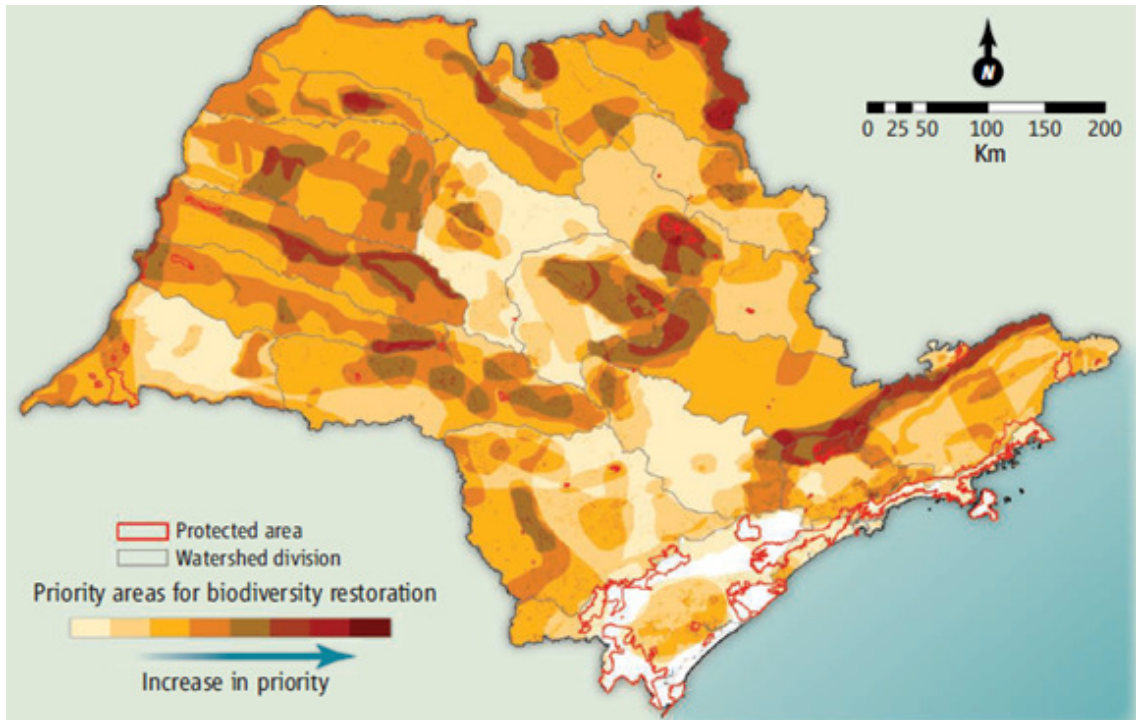


Figura 3 – Áreas prioritárias para restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo (Fonte: JOLY et al., 2010).

Outro motivo para a escolha da área de estudo é que o município de Brotas possui fragmentos de vegetação remanescente em percentual insuficiente para compor os 20% de Reserva Legal preconizado pelo Código Florestal, sendo possível testar diferentes métodos para selecionar áreas para a complementação da porcentagem já existente.

Por fim, a escolha do município também se justifica pela proximidade à instituição de pesquisa e pela disponibilidade de dados sobre o local em função de trabalhos realizados anteriormente. O banco de dados digital com os temas de interesse foi obtido junto à equipe que elaborou o Zoneamento Ambiental de Brotas (2006). A base de dados primários sobre a qual se baseou o zoneamento foi composta pelos temas disponibilizados em meio digital (em formato vetorial), que podem ser observados na tabela 1:

Tabela 1 – Temas e fontes dos dados utilizados na elaboração do Zoneamento Ambiental de Brotas (2006).

FATORES	ESCALA	FONTE	OBS.
Topografia Hidrografia Infra-estrutura	1:50.000	ZA Brotas UNESP* (base IBGE)	Complementadas com a base da Prefeitura Municipal
Pedologia	1:100.000	ZA Brotas (base IAC)	-
Geologia	1:250.000	ZA Brotas (base IG)	-
Cadastral (urbano e rural)	indefinida	Prefeitura Municipal	-
Uso e ocupação – imagem de satélite	1:100.000	INPE (CBERS-2)	Registradas em ago/2006
Uso e ocupação – silvicultura	1:10.000	RIPASA S.A.	-
Uso e ocupação – silvicultura	1:8.000	International Paper	-
Uso e ocupação – vegetação nativa	1:100.000	ZA Brotas	Interpretação visual e trabalho de campo
Uso e ocupação – elementos notáveis	1:100.000	ZA Brotas	Localizadas em campo

* parte dos dados cedidos pela Msc. Ana Lúcia de Francisco Instituto de Geociências da UNESP Rio Claro

4.2 GERAÇÃO DO MAPA DE BROTAS

Para a elaboração deste trabalho foi necessária a utilização do software de geoprocessamento Idrisi 15 - The Andes Edition (EASTMAN, 2006).

Depois do treinamento com o software foi iniciada a elaboração do mapa temático do município de Brotas com os dados obtidos a partir de uma pré digitalização, realizada quando do zoneamento do município.

Os arquivos pré-existentes encontravam-se no formato vetorial, em que cada atributo da imagem (ponto, linha, polígono ou texto) é descrito por meio de um único valor numérico e um par, ou mais, de coordenadas numéricas (X, Y), que representam a localização, sentido ou limite de um atributo (EASTMAN, 1999).

Foi feita a transformação dos arquivos em formato vetorial (vector) para o formato matricial (raster) no Idrisi, adotando-se resolução espacial de 15 metros, ou seja, cada pixel na imagem representa um quadrado de 15x15 metros. Esta resolução foi utilizada, pois, para calcular as faixas de preservação permanente de 30 metros ao longo dos corpos d'água foi necessário adotar um pixel com lado múltiplo de 30. Se adotada uma resolução menor (por exemplo, 10x10 m ou 5x5 m) seriam gerados arquivos de maior tamanho (mais “pesados”), o que exigiria mais tempo e memória de hardware para realização das operações em ambiente SIG, sem necessariamente implicar em maior precisão nos resultados. Para a transformação dos arquivos foi utilizado o módulo raster/vector conversion do Idrisi, que recalcula os valores e as posições dos atributos da imagem vetorial e os apresenta no formato matricial. A Figura 4 representa a maneira como é feita a representação de polígonos nos formatos vetorial e matricial em ambiente SIG.

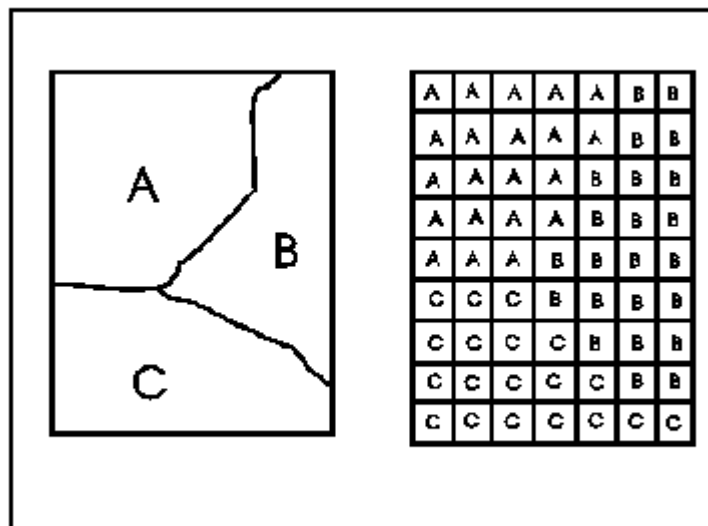


Figura 4 – Representação vetorial e matricial, respectivamente.

Entre os dados existentes, foram utilizados para a construção do mapa de Brotas: a divisa do município, os rios, os reservatórios, os fragmentos de vegetação, a área urbana, as

estradas e rodovias. Todos esses planos de informação foram transformados da representação vetorial para a matricial, como explicado anteriormente.

Primeiramente foi feito um OVERLAY entre os planos de rios e reservatórios, gerando um novo plano de recursos hídricos. O comando OVERLAY faz uma sobreposição entre duas imagens, sendo possíveis nove operações entre as imagens de entrada. Nesse caso foi escolhido um overlay com o valor máximo de cada imagem (operação “Maximum”), ou seja, os pixels na imagem final representam o valor máximo das posições correspondentes nas duas imagens de entrada (EASTMAN, 1999). Como cada plano só tinha valores 0 e 1 (sendo 1 os rios e reservatórios), a imagem final obtém os máximos valores das duas imagens, nesse caso, rios e reservatórios (Figura 5).

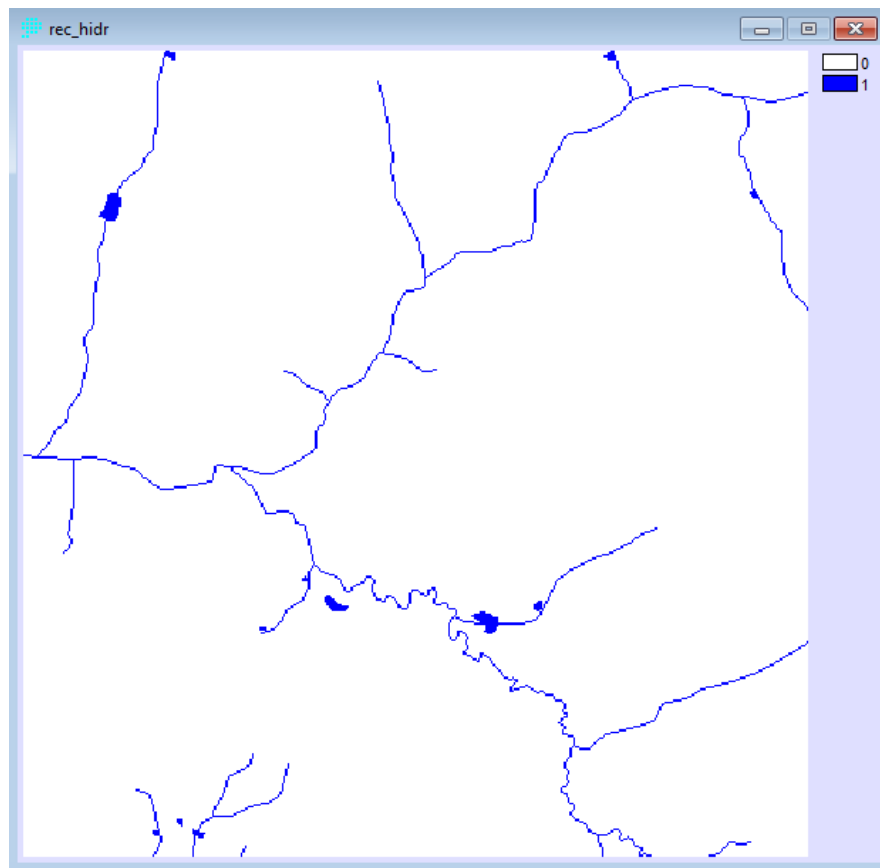


Figura 5 – Detalhe da imagem de rios e reservatórios em formato matricial.

O próximo passo foi gerar um plano de informação com a localização das áreas de preservação permanente, situadas em faixa marginal ao longo dos corpos d'água. É importante enfatizar que, para efeito de cálculo, todos os cursos d'água foram considerados como tendo 15 metros de largura (tamanho do pixel). Conseqüentemente, de acordo com o Código Florestal, a largura da APP deveria ser de 50 metros (curso d'água entre 10 e 50 metros de largura). Porém, como as cartas do IBGE e as imagens de satélite não permitem inferir a largura dos rios e córregos e a obtenção de dados exigiria extensos levantamentos, optou-se por manter a faixa de 30 metros de APP, inclusive para os reservatórios, podendo haver subestimação da largura.

Para a construção do plano de informação da APP foi utilizado o módulo BUFFER, que calcula uma área ao redor de um alvo com uma largura determinada. Podem-se escolher o alvo a ser feito o buffer, indicando seu número; o valor da área de buffer na imagem final e o valor das áreas que não sofrerão buffer. Nesse caso, utilizou-se como imagem de entrada a dos rios e reservatórios, sendo estes o alvo (1), a zona de buffer foi indicada como 2, com uma largura de 30 metros, e as outras áreas como zero. Obtendo-se o mapa com os cursos d'água e suas APP (Figura 6).

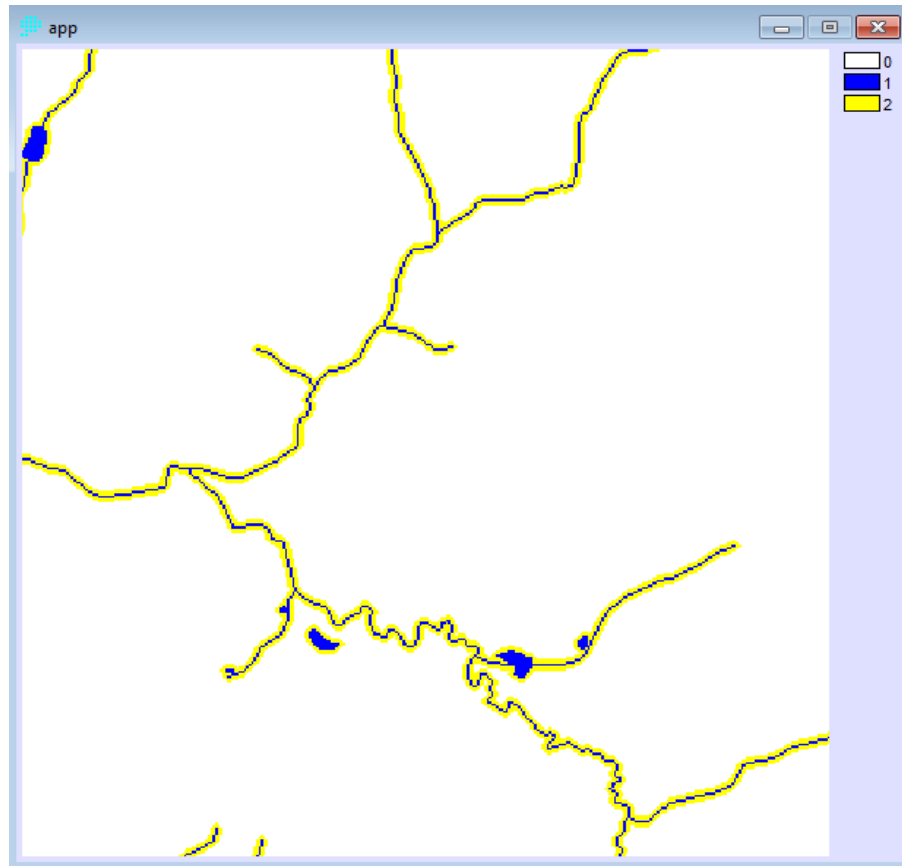


Figura 6 – Detalhe da imagem na qual são representados os rios e reservatórios (1) e as áreas de preservação permanente (2).

Por meio de uma seqüência de operações de sobreposição e reclassificação de planos de informações básicos e intermediários, foi criada uma imagem na qual foram representados os rios e reservatórios, as APP, a área urbana, os fragmentos de vegetação, as estradas e as rodovias. Foram utilizados o módulo RECLASS, que classifica ou reclassifica o valor dos pixels armazenados na imagem (EASTMAN, 1999) e o módulo OVERLAY com a operação “First covers second except where zero”. Esta opção de sobreposição faz com que, na imagem resultante, os valores dos pixels sejam correspondentes aos valores do primeiro plano de informação selecionado como imagem de entrada, exceto quando tais pixels têm valor zero. Nesse caso, na imagem de saída, prevalecem os valores dos pixels da segunda imagem de entrada (EASTMAN, 1999). Essa operação foi realizada com pares de imagens na seguinte ordem:

- 1º passo: APP (rios e reservatórios + APP) e fragmentos de vegetação;
- 2º passo: estradas e rodovias e imagem gerada no 1º passo;
- 3º passo: imagem gerada no 2º passo e área urbana.

Obteve-se assim, o plano de informação mostrado na Figura 7.

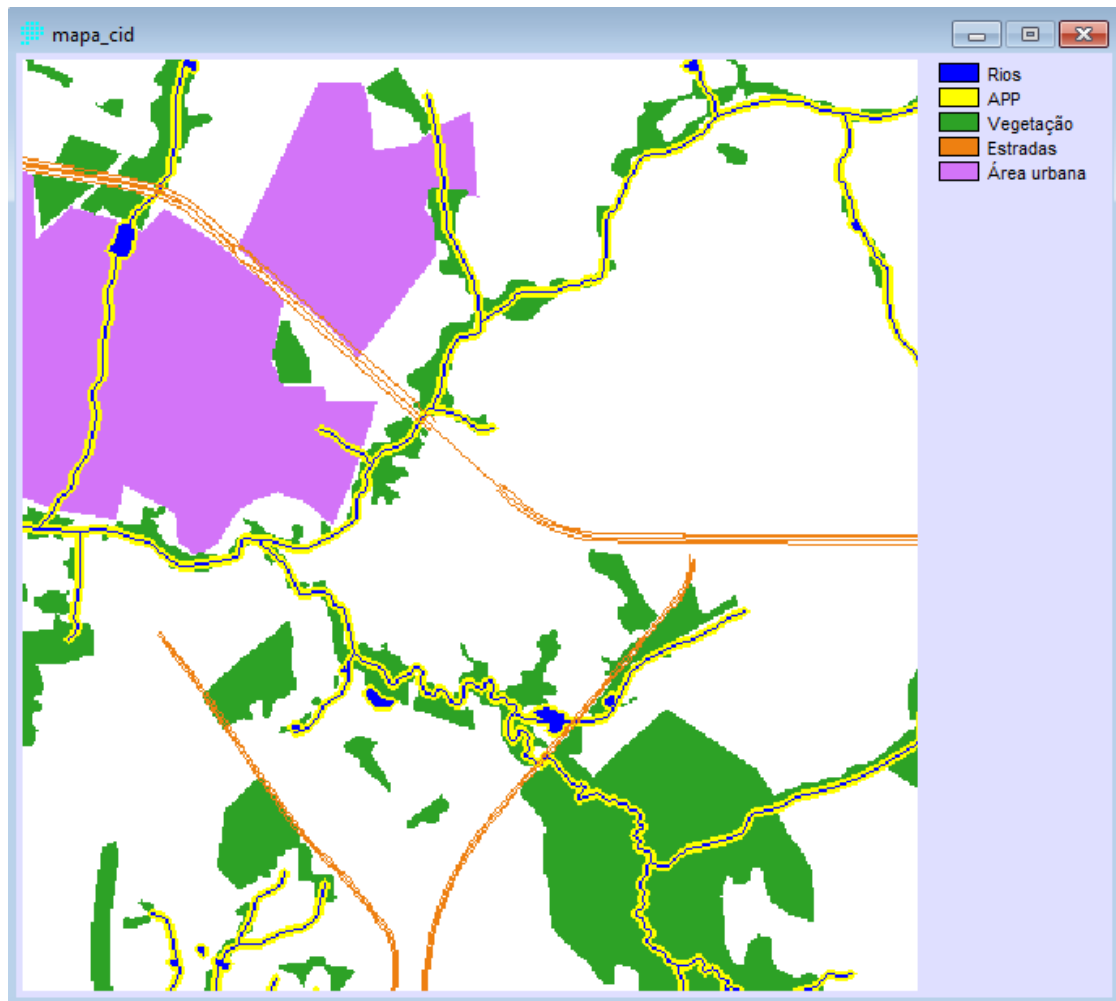


Figura 7 – Detalhe do plano de informação representando rios, APP, remanescentes de vegetação, estradas e área urbana do município de Brotas.

*Obs.: os mapas e cenários gerados foram apresentados em detalhe, pois se fossem apresentados em sua totalidade, os elementos não seriam percebidos.

4.3 MÉTRICAS DE PAISAGEM

Há diversas métricas com diferentes significados a serem utilizadas. A escolha desses índices é um fator importante, pois representarão a realidade do cenário e devem mostrar resultados significativos para uma determinada situação.

A tabela 2 mostra os parâmetros métricos escolhidos para o presente trabalho e sua descrição.

Tabela 2 – Parâmetros métricos escolhidos para serem calculados para os cenários e sua descrição.

	Parâmetro	Descrição
Métricas de fragmentos	Número de fragmentos	Número de fragmentos de vegetação nativa
	Área média dos fragmentos	Média aritmética das áreas dos fragmentos
	Área do maior fragmento	Área do maior fragmento no cenário
	Distância média entre os vizinhos mais próximos	Distância média entre os fragmentos mais próximos
Métrica de borda	Área total sob efeito de borda	Área total que se encontra sob efeito de borda nos fragmentos
Métricas de área central	Área central total	Somatória das áreas centrais
	Área central média	Média aritmética das áreas centrais

As métricas de fragmentos, como o próprio nome sugere, referem-se aos fragmentos de vegetação remanescentes. São métricas necessárias para computar e quantificar estes fragmentos nos dois cenários. Os resultados destas métricas podem indicar características

mais ou menos relevantes para a conservação da biodiversidade, como a área dos fragmentos e o isolamento, fatores importantes, explicados na revisão bibliográfica.

As métricas de borda e de área central estão relacionadas ao efeito de borda, que também interfere na conservação da biodiversidade, uma vez que a faixa de vegetação que se encontra sob este efeito recebe impactos negativos, alterando as relações bióticas e abióticas que ali se estabelecem (MURCIA, 1995).

O cálculo de tais parâmetros foi realizado pelo *software* Fragstats (McGARIGAL et al., 2002), que é um programa de análise de padrões espaciais para mapas temáticos. A definição do que foi analisado da paisagem no mapa é definida pelo usuário e pode representar qualquer fenômeno espacial. O programa utiliza imagens com unidades em metros e reporta os dados de área e medidas em hectares e metros, respectivamente. Além disso, ele obtém os cálculos para imagens em qualquer escala, sendo que o cuidado para se conseguir uma escala representativa dos fenômenos estudados deve ser de responsabilidade do usuário. Ele também realiza cálculos para três tipos de padrões de imagens: para um fragmento específico (*patch metrics*), para cada tipo de fragmento (*class metrics*, o utilizado neste trabalho) e para a paisagem como um todo (*land metrics*, todos os tipos de uso, por exemplo).

Apesar de o Fragstats calcular os parâmetros selecionados todos de uma vez, a seguir os cálculos de cada parâmetro serão explicados mais detalhadamente. A unidade de paisagem para a qual são realizados os cálculos é a vegetação (fragmentos)

O cálculo da área total é realizado somando-se as áreas de cada fragmento (m²) e dividindo-se por 10.000, para a conversão para hectares. A área total é uma medida da composição da paisagem, especificamente o quanto uma determinada paisagem está associada à determinada unidade de paisagem (no caso vegetação). Além disso, serve de base para diversos outros cálculos de métricas. A área total ocupada por vegetação (fragmentos, APP e alargamentos) é um parâmetro importante, pois se pode dizer que, desconsiderados outros

fatores, tanto o número de espécies animais e vegetais quanto o tamanho das populações dessas espécies tende a ser maior quanto maior for a área mantida com vegetação nativa em uma paisagem. De acordo com a teoria de “biogeografia de ilhas” de MacArthur e Wilson (1967), existe uma relação direta entre o tamanho de uma ilha e o número de espécies que ali se espera encontrar. Em ambientes continentais, se considerarmos os fragmentos como ilhas e isolarmos outros fatores, esta relação também tende a ser verdadeira (METZGER, 1999).

Para o cálculo do número total de fragmentos de cada cenário o programa simplesmente conta quantos fragmentos do mesmo tipo estão presentes. Este módulo identifica na imagem de entrada (cada um dos cenários) grupos de pixels adjacentes que possuam o mesmo identificador, ou seja, áreas contínuas de vegetação (representadas pelo número 1 na imagem de entrada) ou áreas contínuas com outros usos do solo (com número 99). Esse parâmetro é importante para o estudo, pois indica o quanto a paisagem está fragmentada. Em outros termos: duas diferentes paisagens podem ter a mesma área total ocupada por vegetação, mas terem diferentes números de fragmentos compondo esse total. Nesse caso, a área que possui menor número de fragmentos, conseqüentemente, terá fragmentos, em média, maiores do que a outra. Fragmentos maiores, aponta a literatura (p. ex. METZGER, 1999), apresentam, via de regra, melhores condições para a conservação de espécies animais e vegetais, pois tendem a possibilitar, por exemplo, a ocorrência de populações maiores (o que é melhor do ponto de vista genético). Mas, por outro lado, tem uma limitação de interpretação, já que não considera informações como densidade ou distribuição de fragmentos (McGARIGAL et al, 2002).

O parâmetro área do maior fragmento, como o próprio nome sugere, indica a área do maior fragmento encontrado na imagem. O programa calcula a área de todos os fragmentos e mostra, como resultado, a porcentagem da maior encontrada, em relação à área total de fragmentos.

Calculados a área total a ser mantida com vegetação nativa e o número de fragmentos, é possível calcular a área média dos fragmentos, dividindo-se o primeiro pelo segundo. Esse parâmetro representa o tamanho médio em área de cada fragmento.

Posteriormente, é calculada a área central total. A área central é definida como a área do fragmento que não está sob o chamado efeito de borda. Bordas são locais de interface entre duas unidades de paisagem (HOBBS, 1995) e dá-se o nome de “efeito de borda” ao conjunto de fenômenos observados nesses locais, sejam eles abióticos (mudanças nas condições ambientais resultantes da proximidade com outros elementos da paisagem, como luminosidade, vento etc.), biológicos diretos (relacionados às mudanças na abundância e distribuição das espécies causadas pelas condições físicas locais) e/ou biológicos indiretos (envolvendo mudanças nas relações entre as espécies, como predação, parasitismo, competição, polinização, dispersão de sementes, etc.) (MURCIA, 1995).

Um dos impasses foi determinar a largura da faixa de efeito de borda. Ranieri (2004) realizou uma pesquisa em diversos trabalhos e estudos realizados no Brasil (MURCIA, 1995; STEVENS; HUSBAND, 1998; RODRIGUES, 1998; LAURANCE et al., 1998; KAPOs, 1989; BALDISSERA et al., 2004) e, com base nestes estudos e considerando-se também a limitação imposta pela resolução espacial adotada (pixel de 30 x 30 metros), estipulou-se o valor de 60 metros como faixa sob efeito de borda para o cálculo das métricas de área central do seu trabalho. Este trabalho se baseará na tese de Ranieri (2004) e também adotará 60 metros como faixa de efeito de borda, além de ser um número múltiplo da resolução espacial (15 x 15 metros).

Para o cálculo da área central total de cada cenário foi considerada, então, sob efeito de borda, uma faixa de 60 metros dos fragmentos a partir dos seus limites externos, conforme Ranieri (2004). O Fragstats calcula a área central de cada fragmento de acordo com uma faixa de profundidade definida pelo usuário (60 metros) e depois soma todas, resultando na área

central total. Já a área central média é calculada dividindo-se a área central total pelo número de fragmentos.

A área total sob efeito de borda é calculada conjuntamente com a área central total, uma vez que é definida a faixa de borda (60 metros) e o Fragstats soma todas as áreas sob esse efeito.

A distância média do vizinho mais próximo foi calculada com base na Distância Euclidiana do Vizinho mais Próximo, que apresenta o valor em metros da distância, em linha reta, entre os fragmentos de mesmo tipo de borda a borda. A média é obtida através da soma de todas as distâncias dividida pelo número de fragmentos. Este parâmetro pode indicar o quanto os fragmentos estão isolados (distantes) dos seus vizinhos. O isolamento é um parâmetro também derivado da teoria de “biogeografia de ilhas” de MacArthur e Wilson (1967). O isolamento entre fragmentos exerce influência sobre as taxas de migração ou de recolonização de populações. Metzger (1999) afirma que o isolamento explica uma pequena parte da variância de riqueza de espécies entre fragmentos, pois em habitats continentais, além das distâncias, as áreas dos fragmentos vizinhos, o arranjo espacial das unidades, entre outros fatores, podem interferir na noção de distância.

Os resultados do cálculo dos parâmetros e suas análises, bem como o detalhamento do processo serão descritos no próximo capítulo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CÁLCULO DAS ÁREAS DOS COMPONENTES DO MAPA DE BROTAS

Foram determinadas as áreas totais de todos os componentes do plano de informação representado na figura 7. Os seguintes resultados foram obtidos (tabela 3):

Tabela 3 - Área de cada atributo do mapa de Brotas.

Atributo do mapa	Área (Ha)
Rios e reservatórios	2150,82
APP (30 metros ao redor de todos os recursos hídricos)	5933,61
Fragmentos remanescentes	15047,50
Estradas	283,88
Área urbana	807,70
Outras áreas (pastagem, campos agrícolas, entre outras)	110223,74

Os remanescentes de vegetação nativa (excetuados aqueles que se encontram sob regime de preservação permanente) ocupam 13,65% do território rural do município, valor abaixo do exigido pelo Código Florestal como RL (20%). Portanto, se faz necessária a recuperação de 6997,24 ha (6,35% do território) com vegetação nativa a ser conservada na forma de reserva legal. É necessário ressaltar que, neste estudo, não foram consideradas as áreas de reserva legal já averbadas, por falta de informação, portanto foi considerado que todos os fragmentos de vegetação nativa estão averbados como reserva legal.

5.2 CRIAÇÃO DOS CENÁRIOS

Para a alocação de fragmentos de vegetação com vistas à proteção da biodiversidade na forma de RL é preciso parâmetros que justifiquem os locais ou critérios escolhidos. No presente trabalho, a alocação de fragmentos foi escolhida ao redor das APP e dos fragmentos remanescentes.

Um dos cenários é o alargamento das faixas de vegetação ao longo dos corpos d'água além dos limites especificados pelo artigo 2º do Código Florestal, como forma de melhorar o efeito de filtro e, ao mesmo tempo, ampliar a largura dos corredores formados pelas matas ciliares.

Outro cenário é o aumento dos fragmentos existentes com uma faixa de vegetação ao redor. Este cenário foi escolhido devido a estudos (METZGER, 1999; WILCOX; MURPHY, 1985; GILPIN; SOULÉ, 1986; SHAFFER, 1981) indicarem que maiores fragmentos apresentam melhores condições para a conservação de espécies nativas menos tolerantes ao efeito de borda e para aquelas que necessitam de grandes áreas de vida e não se utilizam (ou se utilizam pouco) da matriz agrícola. A estratégia adotada para o aumento dos atuais fragmentos de vegetação encontrados na área de estudo sugere a expansão da área natural de forma homogênea ao redor de cada um dos remanescentes, ou seja, em faixa contínua a partir do limite (borda) entre fragmento e vizinhança. Apesar de esta estratégia esbarrar em algumas questões práticas, como a impossibilidade de se expandir fragmentos sobre vizinhos, estradas ou linhas de alta tensão, esta expansão em faixas tende a promover um aumento na área central dos fragmentos, reduzindo a proporção de área de borda.

Foram, então, criados dois cenários hipotéticos nos quais são indicadas áreas para a averbação das reservas legais a fim de completar o percentual deficitário, sendo o primeiro por meio da ampliação da área de preservação permanente ao redor dos cursos d'água e o

segundo é criando uma faixa ao redor dos fragmentos de vegetação existentes. Para a geração dos cenários, foi utilizada a ferramenta BUFFER do Idrisi cujo funcionamento foi explicado anteriormente.

Em virtude da resolução adotada (pixel de 15 x 15m), em ambos os cenários foram, inicialmente, geradas imagens com buffers com 15 metros de largura a partir dos alvos de interesse (as APP, no primeiro cenário e os fragmentos de vegetação remanescentes, no segundo). Como em ambos os casos a área a ser recuperada para compor reserva legal foi insuficiente para atingir os 20% preconizados pela lei, o processo foi repetido gerando imagens com buffers de 30 metros e de 45 metros. Feitos os cálculos de área, nos dois cenários o buffer necessário para atingir o percentual de 20% foi de 45 metros. Os resultados deste processo estão apresentados na tabela 4:

Tabela 4: Comparação entre os cenários gerados.

Imagem original	Área ocupada (hectares)	Procedimento adotado a partir da imagem original	Área alcançada para fins de recuperação de reserva legal (hectares)	% atingido em relação à área total do município
Fragmentos de vegetação remanescentes	15047,50	Buffer de 15 metros a partir dos fragmentos de vegetação	1946,52	15,42
		Buffer de 30 metros a partir dos fragmentos de vegetação	3965,20	17,25
		Buffer de 45 metros a partir dos fragmentos de vegetação	6393,53	19,45
Áreas de preservação permanente (margem dos corpos d'água)	5933,61	Buffer de 15 metros a partir da APP	2173,82	15,62
		Buffer de 30 metros a partir da APP	4107,71	17,38
		Buffer de 45 metros a partir da APP	6758,46	19,78

Observa-se que, para ambos os cenários, o buffer de 45 metros foi o que mais se aproximou dos 20% de vegetação exigida pelo Código. No primeiro cenário a porcentagem de vegetação alcançada com o buffer de 45 metros foi de 19,45% e, no segundo, para o mesmo buffer foi de 19,78%. As duas porcentagens, mesmo estando abaixo de 20%, estão muito próximas desse valor, sendo então adotadas como o necessário para estar dentro lei.

A seguir estão representados os dois cenários em que a porcentagem de 20% de reserva legal, ou o mais próximo desse valor, é obtida (como visto na tabela anterior). Na figura 8 está representado o buffer de 45 metros da APP e na figura 9, o buffer de 45 metros dos fragmentos de vegetação.

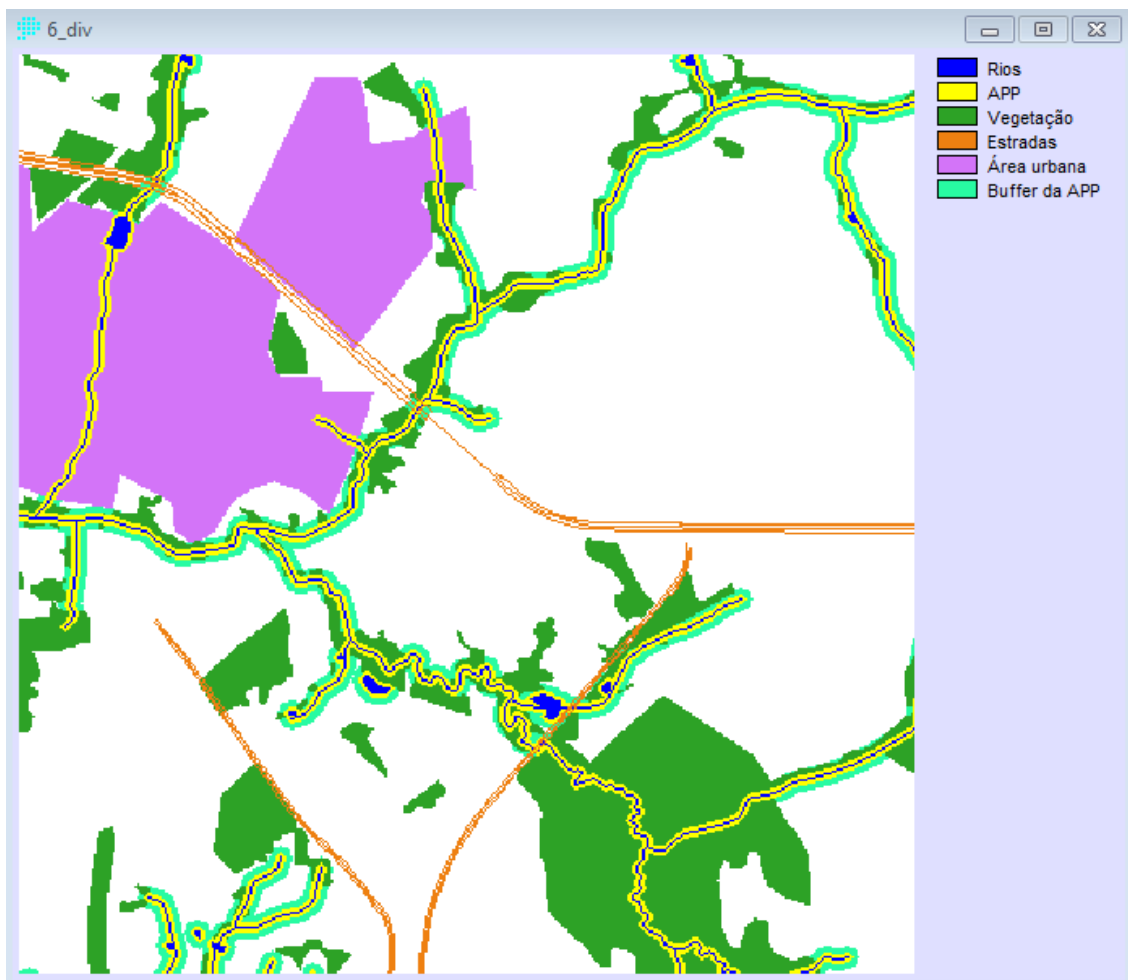


Figura 8 – Detalhe do mapa temático do município de Brotas com um buffer de 45 metros em volta da APP nas margens dos cursos d'água.

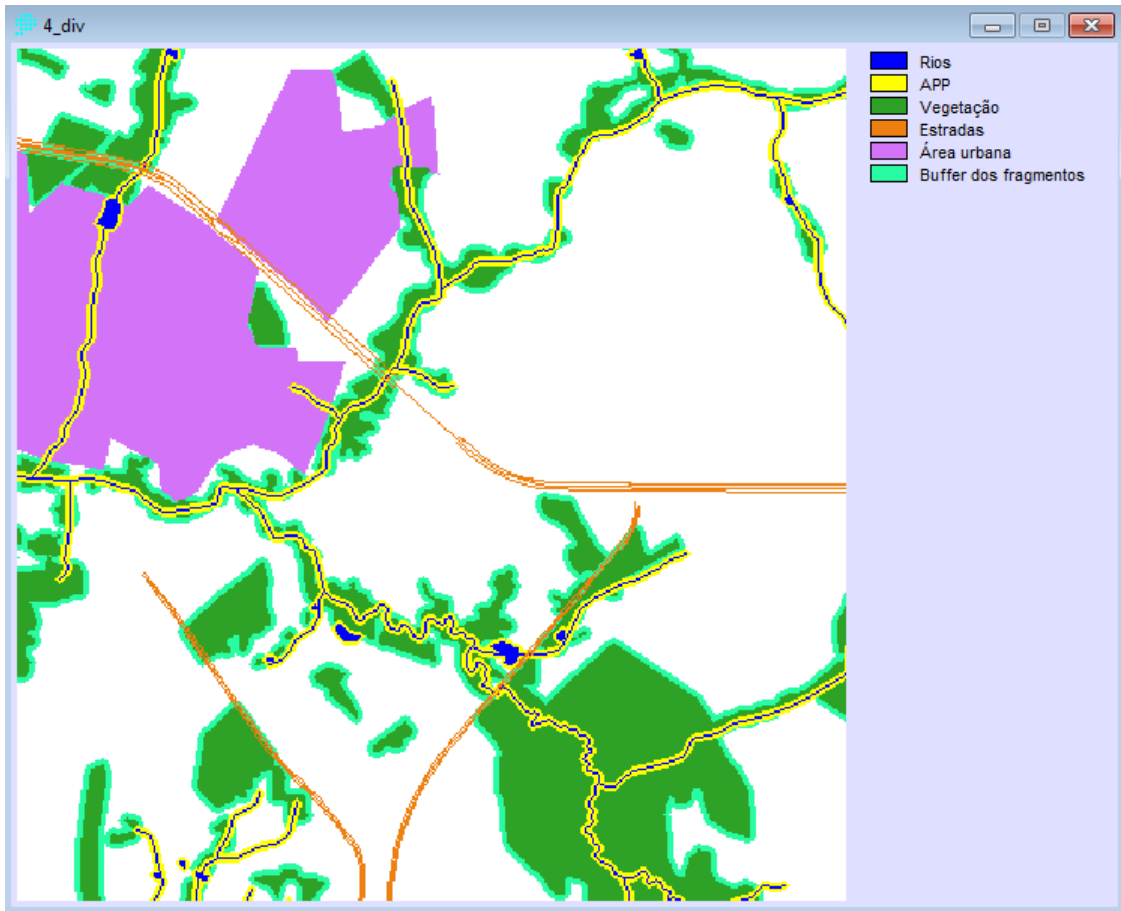


Figura 9 – Detalhe do mapa temático do município de Brotas com um buffer de 45 metros em volta dos fragmentos de vegetação remanescentes.

5.3 EFEITO DE BORDA E ÁREA CENTRAL

Para a comparação entre os dois cenários é preciso calcular métricas envolvendo também efeito de borda e área central, pois, como já visto anteriormente estes são elementos essenciais para o estudo da paisagem e sua relação com a biodiversidade. Para o cálculo desses parâmetros foram feitos cenários com efeito de borda e outros com a área central dos fragmentos para os cenários descritos anteriormente (mapa original, alargamento das APP e alargamento dos fragmentos).

Para a criação destes cenários foi feita uma reclassificação de todas as formas de vegetação (fragmentos, APP e a nova alocação de RL), utilizando-se o módulo RECLASS,

para que todas fossem representadas pelo mesmo número, uma vez que o efeito de borda age em todas elas.

Uma vez determinada a largura da faixa sob efeito de borda, foi feito o BUFFER de fora para dentro utilizando uma distância de 60 metros, ou seja, a matriz foi considerada o “alvo” e a área de buffer, na imagem final, ficou dentro dos fragmentos.

Para a geração dos cenários com as áreas centrais dos fragmentos, foi feita a reclassificação dos cenários de efeito de borda, ou seja, a área sob efeito de borda foi considerada como matriz, para que somente a área central aparecesse na imagem final.

Nas imagens 10, 11 e 12 pode-se ver o detalhe do efeito de borda e da área central dos fragmentos (fragmentos remanescentes, APP e alargamento) nos mapas original, alargamento da APP e alargamento dos fragmentos, respectivamente. Observando-se que, nos cenários a seguir, 0 é a matriz, 1 a área central e 2 o efeito de borda.

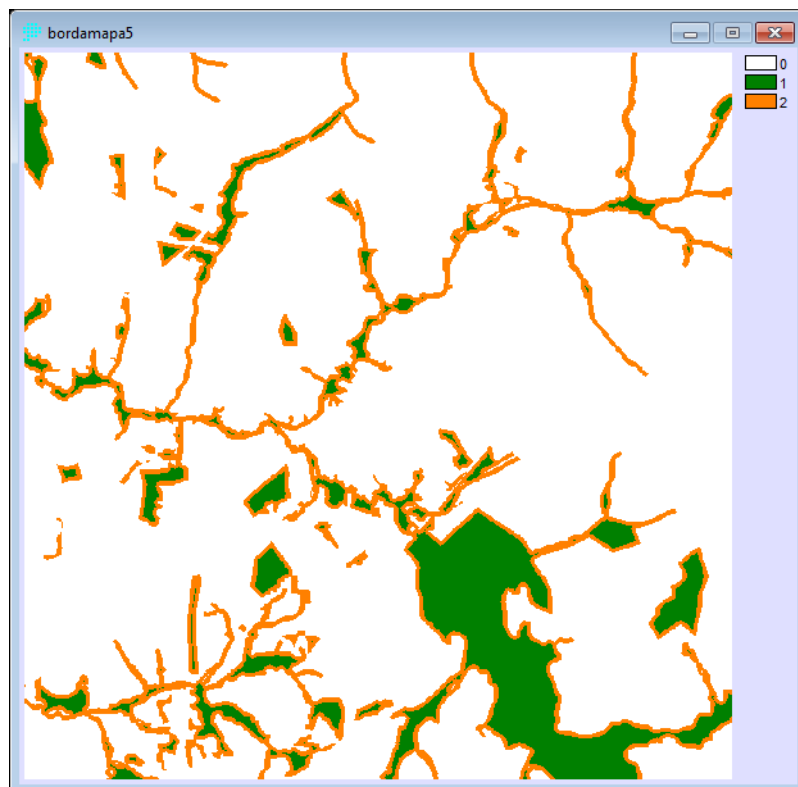


Figura 10 – Detalhe do efeito de borda e da área central no mapa original.

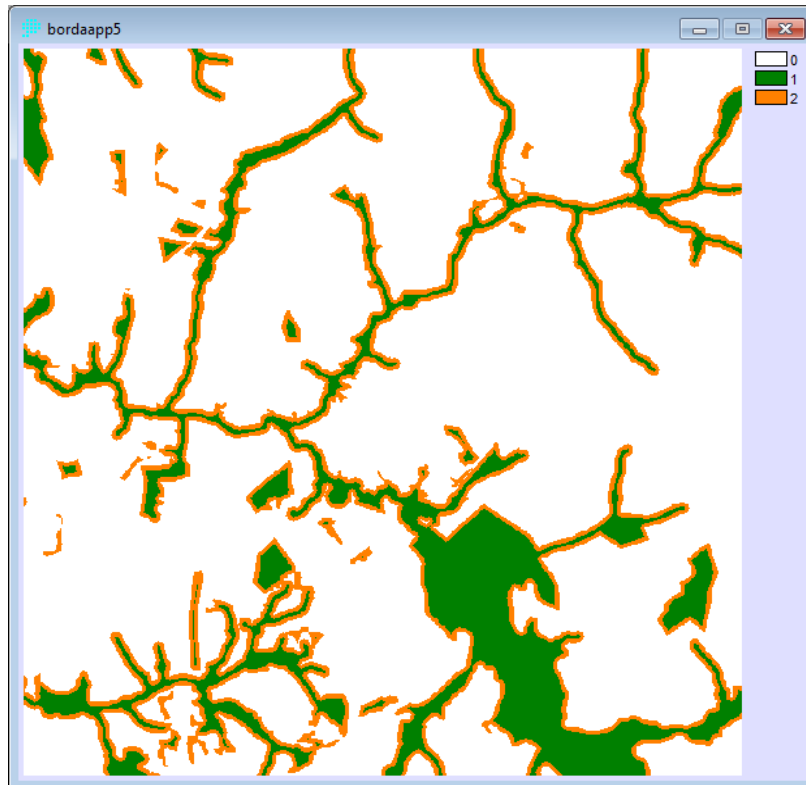


Figura 11 – Detalhe do efeito de borda e da área central no cenário com alargamento da APP.

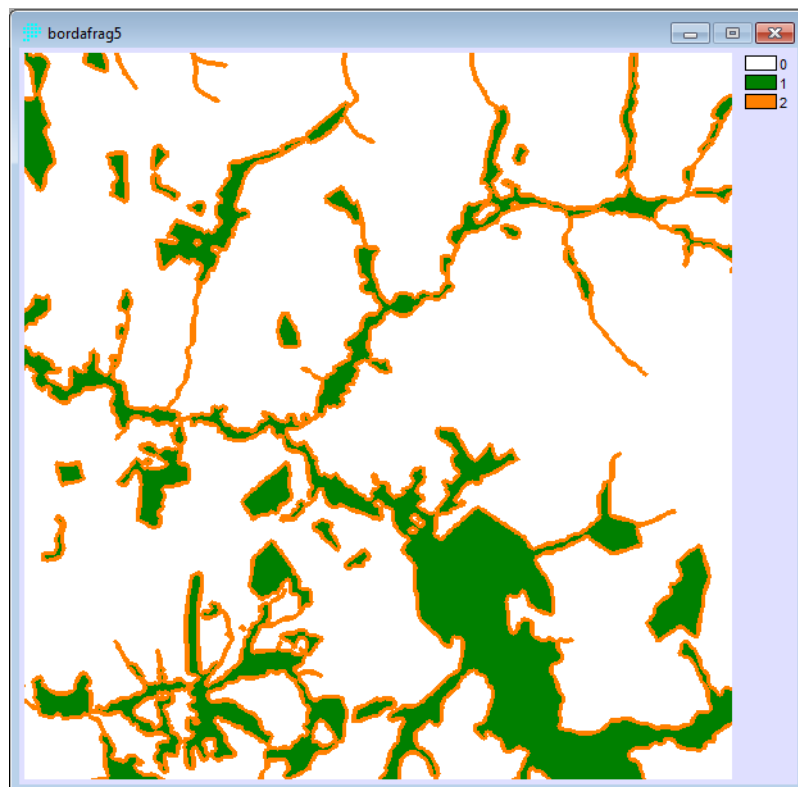


Figura 12 – Detalhe do efeito de borda e da área central no cenário com alargamento dos fragmentos remanescentes.

Analisando-se as imagens, em um primeiro momento, observa-se que os dois cenários criados aumentam a área central dos fragmentos e também aumentam a conectividade. O próximo passo é calcular as métricas para que esses resultados sejam quantificados e analisados.

5.4 DEPURAÇÃO DA IMAGEM

Para se fazer a análise das métricas é necessário realizar uma depuração das imagens, ou seja, remover os pixels isolados, que podem existir devido a erro no uso do programa ou mesmo na digitalização. A não remoção destes pontos pode prejudicar os resultados, uma vez que um pixel isolado representa um fragmento isolado, o que pode alterar o valor de diversas métricas.

Com o objetivo de melhorar as imagens a serem calculados os parâmetros, foi feito um buffer nos fragmentos, de fora para dentro, de 15 metros e, depois, outro buffer de 15 metros de dentro para fora das áreas centrais restantes. Este processo permite com que pontos isolados ou fragmentos muito finos sejam removidos, uma vez que eles não possuem área central. Entretanto, este método diminui a área de fragmentos, alterando sua área, que foi calculada anteriormente. A tabela 5 mostra a área de vegetação (fragmentos, APP e alargamento) antes e depois de as imagens passarem pelo processo de depuração.

Tabela 5 – Valores das áreas de vegetação antes e depois da depuração para cada imagem.

Imagem	Área antes do processo de depuração (Ha)	Área depois do processo de depuração (Ha)
Mapa original	20981,12	20844,61
Alargamento da APP	27739,58	27646,16
Alargamento dos fragmentos remanescentes	27374,65	27272,77

É importante mencionar que, para fazer esse processo de depuração, os recursos hídricos (rios e reservatórios) foram considerados como parte dos fragmentos, uma vez que, sem eles, haveria muitos fragmentos isolados ou finos que deixariam de existir ao passar pelo processo, o que não é o intuito do trabalho. Após os buffers, os recursos hídricos foram novamente separados das áreas de fragmentos e a área destes pôde ser calculada (tabela 4).

A tabela 6 mostra a redução da área de vegetação, em porcentagem, nas imagens resultantes do processo de depuração em relação às imagens originais, as quais foram utilizadas para se calcular a área necessária para se completar os 20% preconizados pelo Código Florestal.

Tabela 6 – Porcentagem de redução das áreas de vegetação das imagens resultantes do processo de depuração em relação às imagens originais.

Imagem	Porcentagem de redução (%)
Mapa original	0,65
Alargamento da APP	0,34
Alargamento dos fragmentos remanescentes	0,37

A tabela 6 mostra que a redução das áreas foi mínima, menos de 1%, o que não alterará os resultados finais.

Após a depuração das imagens, o cálculo das métricas pôde ser realizado.

5.5 CÁLCULO DOS PARÂMETROS

Apesar de a área total de vegetação não ser um dos parâmetros considerados para este trabalho, ele é importante para outras métricas, como a área média dos fragmentos e por isso será apresentado na tabela 7. Outro fator importante para mostrar este resultado é que, para os cálculos dos parâmetros, considerou-se que os rios e reservatórios fazem parte dos fragmentos de vegetação e, portanto, o efeito de borda acontecerá somente nos limites exteriores do fragmento (estradas, rodovias, linhas de alta tensão, uso agrícola, entre outros usos). Quando se muda a vizinhança (ex.: cana com queima, pasto, eucalipto, laranja, etc.) é de se esperar que diferentes efeitos sejam produzidos nos fragmentos, como maior ou menor entrada de luz, de vento e de umidade, ou seja, há o efeito de borda. Como os cursos d'água são elementos naturais, considerou-se para este trabalho que eles não exercem efeito de borda sob os fragmentos, independente de sua largura (neste trabalho todos foram considerados com 15 metros de largura). Como os reservatórios estavam no mesmo plano de informações que os cursos d'água, também foram considerados que não exerceriam efeito de borda, apesar de não serem elementos naturais. Essas considerações podem subestimar a área total de efeito de borda.

Nas tabelas de resultados, cenário 1 é o que considerou o alargamento da faixa de vegetação ao redor das APP, cenário 2 o que considerou o alargamento da vegetação e o mapa original é o que contém os fragmentos remanescentes iniciais, sem alocação de RL.

Tabela 7 – Antes (com a depuração da imagem) e depois (considerando os recursos hídricos como parte dos fragmentos) da área total de vegetação para o mapa original e os dois cenários.

Imagem	Área antes (Ha)	Área depois (Ha)
Mapa original	20844,61	22994,08
Cenário 1	27646,16	29795,62
Cenário 2	27272,77	29422,24

A tabela 8 apresenta os resultados dos parâmetros métricos de paisagem calculados para o mapa original e os dois cenários propostos.

Tabela 8 – Parâmetros métricos referentes aos cenários elaborados.

	Parâmetro	Mapa original	Cenário 1	Cenário 2
	Número de fragmentos	363	242	227
	Área média dos fragmentos (Ha)	63,34	123,12	129,61
Métricas de fragmentos	Área do maior fragmento (Ha)	13,87 (0,06%)*	19,32 (0,06%)	18,92 (0,06%)
	Distância média entre os vizinhos mais próximos (m)	119,20	135,47	132,95
Métrica de borda	Área total sob efeito de borda (Ha)	12205,22 (53%)	14056,88 (47,18%)	12881 (43,78%)
Métricas de área central	Área central total (Ha)	10788,86 (47%)	15738,75 (52,82%)	16541,24 (56,22%)
	Área central média (Ha)	29,72	65,04	72,87

*As porcentagens são em relação à área total de vegetação, representada pela “área depois” na tabela 6.

5.6 DISCUSSÃO DOS PARÂMETROS

Para facilitar a análise e discussão dos parâmetros, a seguir eles serão apresentados individualmente.

5.6.1 *Número de Fragmentos*

Tabela 9 – Número de fragmentos no mapa original e em cada cenário.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Número de fragmentos	363	242	227

Segundo Turner (1989), quanto maior a heterogeneidade da paisagem, maior a probabilidade da ocorrência de perturbações adversas às espécies que habitam esta paisagem. Sendo assim, quanto maior o número de fragmentos, maior poderá ser a heterogeneidade de um cenário e, assim, maiores as perturbações às suas espécies.

De acordo com a tabela 8, o cenário mais favorável segundo este parâmetro é o de número 2. Mas quando comparamos 1 e 2 em relação ao mapa original, os dois primeiros são mais favoráveis em relação ao original, representando uma paisagem menos fragmentada.

5.6.2 *Área Média dos Fragmentos*

Tabela 10 – Área média dos fragmentos no mapa original e em cada cenário.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Área média dos fragmentos (Ha)	63,34	123,12	129,61

O parâmetro “área média dos fragmentos” representa o tamanho em média de cada fragmento de cada cenário, sendo que quanto maior este valor, maiores os fragmentos em comparação a outros cenários.

Segundo Simberloff (1992), se os fragmentos forem pequenos o suficiente, eles podem ser limitados demais para o crescimento e a viabilidade de algumas espécies, pois todas as espécies têm uma população viável mínima. Sendo assim, quanto maior a área de um fragmento, melhor para a conservação das espécies.

Nos cenários de estudo, a maior área média observada é a do cenário 2, porém a do cenário 1 é muito próxima e as duas estão muito além do mapa original, cerca de duas vezes o valor desta última.

5.6.3 Área do Maior Fragmento

Tabela 11 – Área do maior fragmento do mapa original e de cada cenário.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Área do maior fragmento (%)	13,87	19,32	18,92

A área do maior fragmento de um cenário indica, indiretamente, quão fragmentada uma paisagem está, uma vez que, se o valor for pequeno e houver um grande número de fragmentos isto mostra que há um grande número de pequenos fragmentos.

Associando esses dois parâmetros, percebe-se que o mapa original possui mais fragmentos e seu maior fragmento possui a menor porcentagem de área em comparação aos outros dois cenários, indicando uma paisagem mais fragmentada. Já se comparando os cenários 1 e 2, o que possui maior área é o 1, porém com pouca diferença do 2. O cenário 1 possui maior porcentagem de área do maior fragmento, porém possui menos fragmentos, podendo-se concluir que os outros fragmentos são menores em comparação aos outros fragmentos do cenário 2.

5.6.4 *Distância Média entre os Vizinhos mais Próximos*

Tabela 12 – Distância média entre os vizinhos mais próximos no mapa original e nos cenários 1 e 2.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Distância média entre os vizinhos mais próximos (m)	119,20	135,47	132,95

A distância média entre os vizinhos mais próximos representa a distância em linha reta do vizinho mais próximo em média, para cada cenário. Quanto maior este valor, maior a distância que terá que ser percorrida de um fragmento a outro. Segundo Turner (1989), distâncias do vizinho mais próximo refletem o grau de fragmentação de uma paisagem. Este parâmetro também indica o isolamento entre os fragmentos. Segundo MacArthur e Wilson (1967) o isolamento reflete sobre as taxas de migração ou recolonização de populações.

Para este parâmetro, o cenário 2 é um pouco melhor do que o cenário 1, já que a distância em média entre os fragmentos é menor. Como o cenário 2 possui menos fragmentos

que o 1 e a área média dos fragmentos é maior, isto indica que os fragmentos são maiores que os do primeiro cenário e, conseqüentemente, a distância entre os vizinhos é menor.

5.6.5 Área sob Efeito de Borda

Tabela 13 – Área total sob efeito de borda no mapa original e nos cenários 1 e 2.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Área total sob efeito de borda (Ha)	12205,22 (53%)*	14056,88 (47,18%)	12881 (43,78%)

*As porcentagens são em relação à área total de vegetação, representada pela “área depois” na tabela 6.

Segundo Murcia (1995), os efeitos de borda podem afetar as espécies em uma floresta fragmentada causando mudanças nas condições bióticas e abióticas. Tais mudanças podem trazer efeitos deletérios para a maioria das espécies. Sendo assim, quanto menos uma paisagem fragmentada está sob o efeito de borda, melhor para a conservação da biodiversidade.

Assim como na maioria dos outros parâmetros, o melhor cenário é o 2. Como fica claro na tabela 7, o cenário 2 possui uma área sob efeito de borda menor do que no cenário 1, sendo assim melhor do ponto de vista ecológico para este parâmetro.

5.6.6 Área Central

Tabela 14 – Área central total dos fragmentos do mapa original e dos cenários 1 e 2.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Área central total (Ha)	10788,86 (47%)	15738,75 (52,82%)	16541,24 (56,22%)

*As porcentagens são em relação à área total de vegetação, representada pela “área depois” na tabela 6.

Tabela 15 – Área central média dos fragmentos do mapa original e dos cenários 1 e 2.

Parâmetro	Mapa Original	Cenário 1	Cenário 2
Área central média (Ha)	29,72	65,04	72,87

A área central representa o valor da área que não está sob o chamado efeito de borda (neste trabalho foi adotada uma faixa de 60 metros sob efeito de borda).

Para os parâmetros área central e área central média, o cenário 2 apresenta valores consideravelmente maiores do que o cenário 1, representando assim que em média os fragmentos do cenário 2 possuem menor área sob efeito de borda do que os fragmentos do cenário 1.

Apesar de os parâmetros serem próximos para os dois cenários, o cenário 2 possui melhores resultados que o primeiro. Este é menos fragmentado, com menos fragmentos e com uma área média maior, conseqüentemente, sua área sob efeito de borda é menor e a área central média maior, requisitos essenciais para melhor conservação da biodiversidade, como já discutido anteriormente.

5.7 DISCUSSÃO GERAL

Para uma melhor discussão dos resultados, considerando-se a conservação da biodiversidade, foi feita uma pesquisa na literatura por trabalhos que relacionassem a fragmentação da paisagem com a incidência de certas espécies.

De acordo com Ribeiro (2010), os padrões de movimentação das espécies são influenciados pela capacidade dos indivíduos movimentarem-se, orientados por sua capacidade de detectar os fragmentos antes de decidir a rota de migração. O autor chegou à conclusão que, dependendo do processo ecológico analisado, características das espécies e estrutura da paisagem se alternam como efeito principal para a conservação, porém em nenhuma situação a qualidade de habitat apresenta-se como fator mais influente. A sensibilidade da espécie e a quantidade de habitat são igualmente importantes, independente do processo ecológico, sendo a agregação de habitat e a área de vida, variáveis de efeito secundário.

Citando Ribeiro (2010), “a literatura científica apresenta a cobertura de habitat como a propriedade mais importante influenciando a presença e distribuição de espécies e, desta maneira, para a manutenção da biodiversidade”. Sugere ainda que a configuração só passa a ser importante abaixo de certos limiares de cobertura. Entretanto, os resultados de Ribeiro (2010) apresentam a configuração como um fator importante, independente da cobertura, além do fato de que, para certos processos ecológicos (taxa de dispersão e mortalidade), o arranjo espacial é mais influente do que a qualidade do habitat em si. A qualidade de habitat, embora seja sugerido como um fator importante em alguns estudos que o autor pesquisou, apresentou menor influência do que características das espécies e estrutura da paisagem.

A movimentação de indivíduos, que é uma função de acessibilidade das manchas de habitat, é um aspecto primordial para manutenção do fluxo gênico e da biodiversidade. Logo,

o entendimento de como a estrutura da paisagem influencia processos associados à movimentação de indivíduos é de elevada importância.

Segundo Awade (2009), que fez um estudo com espécies de aves em áreas fragmentadas, a distância entre os fragmentos exerce um papel preponderante para a efetivação de movimentos entre fragmentos florestais. A redução na conectividade entre as manchas de habitat é apontada como um fator crucial para se compreender os efeitos da fragmentação do habitat na distribuição espacial das espécies e na dinâmica de suas populações (FAHRIG; MERRIAM, 1985; SAUNDERS et al., 1991; TAYLOR et al., 1993; WIENS, 1994).

Ainda segundo Awade (2009), fragmentos muito distantes entre si (i.e., 25 a 45 m, aproximadamente) formam zonas de baixa conectividade na paisagem, não disponibilizando habitat em quantidade suficiente para manter populações da espécie. A dispersão é um processo afetado por diversas variáveis (HANSSON, 1991; BOWLER; BENTON, 2005), sendo a distância entre os fragmentos florestais uma das mais importantes. Esta variável afeta não só a probabilidade de emigração, mas também o sucesso na movimentação pela matriz.

Boscolo (2007) chegou a uma conclusão parecida em seu estudo com aves, a de que havia mais aves quanto menor a distância dos fragmentos.

Segundo Anjos (1998), que também fez uma pesquisa com aves e fragmentos de vegetação no estado do Paraná, o nível de isolamento dos fragmentos tem uma relação importante com o número de espécies de aves. No estudo deste autor, um fragmento de 7 ha apresentou um número de espécies de aves (102) semelhante ao de espécies encontradas no Horto Municipal de Ibiporã (HMI) com 60 ha (com 98 espécies), provavelmente em função do isolamento deste último.

Outro aspecto levantado por Anjos (1998) é o aumento da densidade de determinada espécie no HMI, sendo que a percentagem de abundância foi muito maior em relação aos

outros fragmentos, provavelmente devido ao isolamento deste fragmento e não ao tamanho. O fenômeno da densidade compensativa, aumento da densidade de certas espécies em ilhas pequenas (MacARTHUR, 1967; MacARTHUR et al., 1972), já verificado em fragmentos florestais no Paraná (ANJOS, 1992) e em São Paulo (ALEIXO; VIELLIARD, 1995) pode estar mais relacionada ao isolamento do que propriamente à área de floresta.

Do ponto de vista da flora, todos os fragmentos são importantes para a conservação da biodiversidade (KOTCHETKOFF-HENRIQUES, 2003), independente de seu estado de conservação. Kotchetkoff-Henriques (2003) fez um estudo das espécies da flora no município de Ribeirão Preto-SP em fragmentos de vegetação e constatou uma grande quantidade de espécies, em ocorrência, em poucos fragmentos. O conhecimento da composição florística dos remanescentes florestais e a ocorrência de espécies possibilita o planejamento de ações concretas para a conservação dos ambientes.

Kotchetkoff-Henriques (2003) fez uma revisão bibliográfica relacionando diversos trabalhos (TURNER, 1989; JOLY, 1991; METZGER, 1885, 1997, 1998; IVANAUSKAS et al., 1997; BERNACCI et al., 1998; SILVA; TABARELLI; 2000; HILL; CURRAN, 2001; NASCIMENTO; VIANNA, 1999) e chegou à conclusão que fragmentos maiores e com maior área central em geral apresentam maior número de espécies e que o isolamento apresentou pouca influência na riqueza de espécies, embora a conectividade seja um parâmetro importantes relacionado com a riqueza.

Além do tamanho e o grau de isolamento dos fragmentos, a frequência e a intensidade dos distúrbios humanos e a natureza da vegetação do entorno também exercem influência importante na riqueza de espécies (TURNER; CORLETT, 1996). As atividades desenvolvidas no entorno e dentro dos fragmentos influem na conservação dos mesmos.

Embora os maiores fragmentos apresentem maior importância para conservação, a conectividade entre eles depende dos pequenos fragmentos. Diversos autores enfatizam a

necessidade de conservar tanto os fragmentos grandes como os pequenos (TURNER; CORLETT, 1996; HONNAY et al., 1999; METZGER, 1999; OERTLE et al., 2002). Fragmentos pequenos podem ser “stepping stones”, contribuindo para a conservação de um número significativo de espécies e genótipos, particularmente para aves (FISCHER; LINDENMAYER, 2002).

Diversos fragmentos espalhados pela paisagem podem estar localizados em diferentes habitats e podem minimizar a extinção de espécies devido à extinção do habitat (HOONAY et al., 1999). Por outro lado, os fragmentos pequenos parecem ser mais suscetíveis a perturbações (KOTCHETKOFF-HENRIQUES, 2003), e podem não ser auto-sustentáveis.

A melhor estratégia para conservação da diversidade consiste em manter todos os fragmentos através de corredores ou “stepping stones” (KOTCHETKOFF-HENRIQUES, 2003), e também pela criação de zonas no entorno dos fragmentos que atuem na minimização dos efeitos de borda e de vizinhança.

A pesquisa de Reis et al. (2003) buscou comparar a quantidade de morcegos encontrada em um fragmento grande e em vários menores. Os autores chegaram à conclusão que, na maioria das vezes, fragmentos grandes são mais estruturados para abrigar maior número de espécies, apesar de os resultados serem parecidos para as duas opções (um fragmento maior *versus* cinco fragmentos menores). Os autores ainda sugerem que, além do tamanho, a qualidade do fragmento, com mananciais de água, disponibilidade de recursos e pouco efeito de borda sejam associados.

Fernandes (2003) realizou um censo de mamíferos em fragmentos de mata atlântica no nordeste do Brasil, verificando a existência de mastofauna terrestre de médio e grande porte. Uma das confirmações foi que animais que necessitam de grandes áreas de uso como os grandes predadores, têm normalmente suas populações reduzidas em paisagens fragmentadas, assim, as espécies menos exigentes são beneficiadas com um aumento em abundância.

Fernandes (2003) observou que a quantidade de quatis era maior em fragmentos menores, devido à ausência de predadores. No maior fragmento analisado pelo autor, foi observada a maior heterogeneidade de espécies, inclusive de espécies ameaçadas de extinção, o que comprovaria a teoria de que quanto maior a área de um fragmento maior a biodiversidade encontrada.

Mesquita (2009) fez uma pesquisa com pequenos roedores no sul de Minas Gerais, tentando comparar sua existência em fragmentos e corredores. O autor chegou à conclusão que os ambientes de corredor e fragmento diferem em termos de riqueza e composição, mas não em termos de abundância. A diferença na riqueza e na composição de espécies de pequenos mamíferos pôde ser justificada pela presença de três espécies exclusivas dos fragmentos. Portanto, os fragmentos, por sofrerem menor efeito de borda que os corredores, possuem uma maior heterogeneidade de espécies, ou seja, a mesma coisa poderia acontecer em relação aos cenários 1 e 2.

Com base nesses estudos, quanto menor a distância entre os fragmentos de vegetação (independente da qualidade), maior a probabilidade de sobrevivência das espécies em uma paisagem fragmentada. Com isso, quanto menor a distância média entre os vizinhos mais próximos, melhor o cenário vai ser para a conservação da biodiversidade, neste caso, seria o mapa original (119 metros). Porém deve-se ater ao fato de que o mapa original possui essa distância menor porque o número de fragmentos é bem maior que os outros dois cenários. Isto indica que no mapa original há muitos fragmentos pequenos dispersos.

Boscolo (2007) citou em seu trabalho que distâncias maiores que 25 a 45 metros entre fragmentos criam uma baixa conectividade na paisagem, sendo prejudicial para algumas espécies. Neste caso, os três cenários possuem distâncias médias entre fragmentos maiores, ou seja, a conservação da biodiversidade é debilitada nesta paisagem, sendo necessária uma maior conectividade.

Outro ponto levantado por este autor (BOSCOLO, 2007) é que a área dos fragmentos influencia bastante na sobrevivência de espécies e, neste caso, o melhor cenário é o segundo, como explicado anteriormente. Já outros autores (AWADE, 2009; ANJOS, 1998) sugerem que mais importante que a área do fragmento, é a sua distância em relação aos outros, a conectividade da paisagem e, nesse caso, o melhor cenário para a conservação também é o segundo cenário, que possui uma distância média entre vizinhos um pouco menor que a do cenário 1. Ou seja, mesmo com divergências entre alguns autores, o cenário 2 é o que mais incorpora as melhores características para a conservação da biodiversidade em fragmentos de vegetação.

Todos estes estudos apresentados têm em comum a consciência de que a conectividade na paisagem é muito importante e que pequenos fragmentos são importantes para gerar esta conectividade e ajudar no transporte de espécies. Portanto os dois cenários são válidos para a conservação da biodiversidade, uma vez que possuem muitas características necessárias para este fim, além de ambos terem melhorado a condição ecológica do município em relação ao mapa original.

6. CONCLUSÕES

A região de estudo, o município de Brotas, apresenta um déficit de vegetação nativa de cerca de 32% , em relação aos 20%, no que tange ao atendimento do Código Florestal brasileiro. Visando propor alternativas para reduzir esse déficit, foram elaborados e discutidos dois cenários nesse presente trabalho, sendo que ambos atenderam ao disposto na legislação brasileira.

A primeira parte da pesquisa focou a construção dos mapas temáticos, para que na segunda parte fossem apresentados os resultados referentes ao cálculo das métricas desses dois cenários e, assim, fossem comparados entre si para ver qual possui maiores vantagens em ser adotado.

Os dois modelos de complementação da vegetação remanescente tiveram como base aumentar áreas ao redor de regiões relevantes no sentido de conservação da biodiversidade, um deles aumentando a área ao redor de APP e o outro aumentando a área dos fragmentos de vegetação existentes.

Coincidentemente, para os dois modelos de complementação da vegetação, o buffer de 45 metros foi o que mais se aproximou dos 20% de vegetação, exigidos pelo Código Florestal. Com a complementação da vegetação, os cálculos e métricas puderam ser calculados, possibilitando uma maior compreensão dos processos biológicos existentes nos cenários.

O cenário 2 – no qual se propõe o alargamento da faixa de vegetação de 45 metros ao redor dos fragmentos remanescentes – é o mais interessante do ponto de vista dos processos ecológicos, pois apresenta uma maior área a ser mantida com vegetação nativa, além dos melhores resultados para os parâmetros de estrutura da paisagem adotados. Entretanto, este

cenário pode ter restrições para ser aplicado na prática, pois as áreas ao redor dos fragmentos remanescentes podem ter diversos usos do solo (agricultura, pecuária etc.), dificultando a sua aplicação.

O cenário 1 – caracterizado pelo alargamento da faixa de vegetação de 45 metros ao redor das APP – possui resultados parecidos com os do cenário 2, porém são um pouco inferiores. Por exemplo, a área do seu maior fragmento é maior do que a área do maior fragmento do cenário 2, porém, analisando-se os outros parâmetros, percebe-se que a paisagem do cenário 1 é mais fragmentada e seus outros fragmentos são menores e mais distantes. Este cenário também encontraria restrições para ser aplicado pelos mesmos motivos do cenário 2.

Muito pouco se sabe sobre os padrões de movimentação de espécies, dificultando a elaboração de modelos holísticos para prever os efeitos da fragmentação da paisagem e da sua dinâmica para a biota. Por conseqüência, isso limita a elaboração de medidas conservacionistas eficientes que abranjam um grande número de espécies, as quais são urgentes em biomas altamente ameaçados. Face ao elevado grau de degradação das florestas de nosso país, a adoção de medidas adequadas de conservação e restauração da biodiversidade é primordial.

Para promover a manutenção da biodiversidade ao longo do espaço e tempo, é necessário o estabelecimento de critérios adequados, ecologicamente bem embasados, e realistas do ponto de vista de execução. Embora muitos estudos reforcem a importância de se utilizar dados biológicos para dar suporte a tais critérios, esse tipo de informação não é de fácil obtenção, seja por conta dos custos, ou pela complexidade de levantamentos extensivos.

Segundo Ranieri (2004), a definição das áreas favoráveis à localização das reservas legais não é uma tarefa fácil. A abordagem estratégica dos dois cenários é parecida e com restrições de prática semelhantes, porém o cenário 2 obteve melhores resultados, do ponto de

vista da biologia de conservação. Qualquer que seja o cenário implantado, estudos sobre o monitoramento da efetividade funcional das áreas protegidas/recuperadas na conservação da biodiversidade são necessários.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, L.; *Consequências biológicas da fragmentação no norte do Paraná*. Série Técnica IPEF. V. 12, n. 32, p. 87-94. 1998.

AWADE, M.; *Padrões de movimentação de uma espécie de ave em paisagens fragmentadas e seus efeitos para conectividade funcional: uma abordagem hierárquica*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

BOSCOLO, D.; *Influência da estrutura da paisagem sobre a persistência de três espécies de aves em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica*. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

BRUNDTLAND, G. *Nosso futuro comum*. São Paulo: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1987.

EASTMAN, J.R. *Idrisi 32: Guide to GIS and image processing. Vol. 1*. Worcester, Massachussets. Clark Labs - University, 1999.

EASTMAN, J.R. *Idrisi Andes: Guide to GIS and image processing*. Worcester, Massachussets. Clark Labs – University, 2006.

FERNANDES, A.C.A. *Censo de mamíferos em alguns fragmentos de floresta Atlântica no Nordeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.

FORMAN, R. T. T. *An ecology of the landscape*. *BioScience* 33:535. 1983.

FORMAN, R. T. T. *Land Mosaics - the ecology of landscapes and regions*. Cambridge. Cambridge University Press. 1997.

FORMAN, R.T.T. ; GODRON, M. *Landscape ecology*. New York. Wiley & Sons Ed., 1986.

HOBBS, R. J. *The Role of Corridors in Conservation: Solution or Bandwagon? Trends in Ecology and Evolution*, v. 7, [S.I.: s.n.], 1992.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O.. *Caracterização da vegetação natural em Ribeirão Preto-SP: Bases para conservação*. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

LACK, D. *Ecological features of the bird fauna of British small islands*. *Journal of Animal Ecology* 11:9-36. 1942.

LEVINS, R. 1969. *Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity of biological control*. *Bulletin of Entomological Society of America* 15:237-240. 1969.

MacARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. *An equilibrium theory of insular zoogeography*. *Evolution* 17:373-387. 1963.

MacARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. *The theory of island biogeography*. Princeton. Princeton University Press. 1967.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. [Computer software program produced by the authors] Amherst: University of Massachusetts. Disponível em: <www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> Acesso em 17 mar. 2011.

MESQUITA, A.O. *Comunidades de pequenos mamíferos em fragmentos florestais conectados por corredores de vegetação no sul de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.

METZGER, J.P. *Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica*. *An. Acad. Bras. Ci.*, v. 1, n. ½, p. 1-14. 2001. Disponível em : <www.biotaneotropica.org.br> Acesso em: 20 jan. 2011. 1999.

METZGER, J.P. (2001). *O que é ecologia de paisagem?* *Biota Neotropica*, v.1, n. ½. Disponível em : <www.biotaneotropica.org.br> Acesso em 20 jan. 2011.

METZGER, J. P. *Bases biológicas para a “reserva legal”*. [S.I.]: Ciência Hoje, 2002.

MURCIA, C. *Edge effects in fragmented forests: implications for conservation*. *Trends in Ecology and Evolution*, [S.I.: s.n.], 1995.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. *Landscape ecology: theory and application*. New York. Springer-Verlag, 1994.

PICKET, S. T. A.; CARDENASSO, M. L. *Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems*. Science 269:331-334. 1995.

POJAR, J., DIAZ, N., STEVENTON, D., APOSTOLI, D. & MELLEN, K. *Biodiversity planning and forest management at the landscape scale*. In: Huff, M.H., Norris, L.K., Nyberg, J.B. & Wilkin, N.L. (Coords.). Expanding horizons of forest ecosystem management. Proceedings of the third "Habitat Futures Workshop". Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR. Pp. 55-70, 1994.

PULLIAM, H. R. *Sources, sinks and population regulation*. American Naturalist 132:652-661. 1998.

RANIERI et. al. *Zoneamento Ambiental do município de Brotas (SP): subsídios ao planejamento territorial*. Relatório final, [S.I.: s.n.], 2006.

RANIERI, V.E.L. *Reservas Legais: Critérios para localização e aspectos de gestão*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

REIS, N. R. dos; BARBIERI, M. L. S.; LIMA, I. P.; PERACCHI, A. L. *O que é melhor para manter a riqueza de espécies de morcegos (Mammalia, Chiroptera): um fragmento florestal grande ou vários fragmentos de pequeno tamanho?* Revista Brasileira de Zoologia, v. 20, n. 2, Curitiba. 2003.

RIBEIRO, M. C.; *Modelos de simulação aplicados à conservação de paisagens fragmentadas da Mata Atlântica brasileira*. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

SIMBERLOFF, D. *Do species-area curves predict extinction in fragmented forest?* In T. C. Whitmore & J. Sayer (Eds.), Tropical deforestation and species extinction, pp. 75-89. Chapman & Hall, London, England. 1992.

TROLL, C. *Luftbildplan und ökologische Bodenforschung (Aerial photography and ecological studies of the earth)*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin: 241-298. 1939.

TURNER, M. G. *Landscape ecology: the effect of pattern on process*. Annual Review of Ecology and Systematic, V. 20, P. 171-197. 1989.

TURNER, I.A.; CORLETT, R.T. *The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest*. Trends in Ecology and Evolution, 11(8):330-333. 1996.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. *Landscape Ecology - in theory and practice*. New York: Springer-Verlag. 2001.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L. A. F. V. *Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais*. Série técnica IPEF. V. 12, n. 32, p. 25-42. 1998.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J.; MARTINS, J.L.A. *Restauração e manejo de fragmentos florestais*. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo, 1992. *Anais*. São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, 1992. p. 400-407.

WIENS, J.A., STENSETH, N.C., VAN HORNE, B., IMS, R.A. *Ecological mechanisms and landscape ecology*. *Oikos* 66: 369-380. 1993.

ZAGHI, R.R. *Influência da ampliação das faixas de preservação permanente sobre a estrutura da paisagem: estudo exploratório na região de São Carlos (SP) utilizando ferramentas de geoprocessamento*. 59p. Monografia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007.