ANÁLISE ESPACIAL DE FRAGMENTOS DE CERRADO COMO SUBSÍDIO PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO

SILVIA CRISTINA DE JESUS[1]
ADALBERTO KOITI MIURA[1,2]

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
[2] Embrapa Clima Temperado
{silviac, miura}@dsr.inpe.br

RESUMO - A área de um fragmento de um dado bioma está relacionada à riqueza de espécies e à capacidade de manutenção de populações mínimas viáveis, enquanto seu perímetro está associado à intensidade do efeito de borda sobre as comunidades nele presentes. Além disso, a distância entre fragmentos do entorno influencia a capacidade de dispersão de organismos e amplitudes geográficas de metapopulações, ou seja, a reposição de pequenas populações e fluxo gênico entre fragmentos. O objetivo deste trabalho é avaliar a concentração dos fragmentos do bioma cerrado na Bacia do Rio Corrente (GO) de acordo sua relação área / perímetro, a partir do estimador Kernel de densidade de pontos, de modo que seja possível fornecer diretrizes para o planejamento e manutenção de áreas protegidas.

ABSTRACT – Species richness and maintenance of minimum viable populations are associated to area of fragment, whereas edge effect is related to its perimeter. Further, distance to nearest fragments affect the capacity for organisms dispersion and the geographic amplitude of metapopulations, i.e., replacement of small populations and gene flow between patches. The aim of this study is assess clusters of cerrado biome in the Corrente River Basin, in the State of Goias – Brazil, through Kernel estimator of points pattern, in order to provide guidelines to planning and maintenance of protected areas.

1 INTRODUÇÃO

A redução da diversidade devido à fragmentação ocorre por dois processos distintos, que agem em escalas temporais distintas. O primeiro, a curto prazo, é a própria redução da área do habitat em questão, que por um simples efeito de amostragem leva os fragmentos a terem menos espécies que a área contínua. O outro processo, menos evidente e que atua em um prazo mais longo, é o de insularização. Após um bioma, antes contínuo, ter sido reduzido a uma unidade de conservação com apenas uma fração da área original, extinções futuras na UC são esperadas. Esta expectativa deriva do padrão empírico das relações espécie-área, ou seja, geralmente há uma relação estreita entre a área ocupada por uma comunidade e sua riqueza de espécies. Espera-se que, após o isolamento, a riqueza de espécies da UC diminua até atingir um valor proporcional à sua área. Em vista disso, o planejamento e o design das UC's apresentam grande relevância no estudo dos padrões das relações espécie-área e dos processos ecológicos que o geram (FERNANDEZ, 1997).

A área de um fragmento de um dado bioma está relacionada à riqueza e espécies e à capacidade de manutenção de populações mínimas viáveis, enquanto seu perímetro está associado à intensidade do efeito de borda sobre as comunidades nele presentes. Além disso, a distância entre fragmentos do entorno influencia a capacidade de dispersão de organismos e amplitudes geográficas de metapopulações, ou seja, a reposição de pequenas populações e fluxo gênico entre fragmentos. Populações que habitam fragmentos maiores, ao atingirem sua capacidade suporte, podem servir como fonte para aquelas áreas em que as populações estão abaixo do número viável, até que seja atingido um equilíbrio entre esses fragmentos.

A relação entre a área e isolamento dos fragmentos e seus atributos ecológicos, especialmente riqueza de espécies, é um elemento fundamental da Teoria de Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR e WILSON, 1967). O tamanho e a forma do fragmento estão ligados à borda, ou seja, quanto menor o fragmento ou mais alongado, mais forte será o efeito de borda, pois a razão interior / margem diminui (PÉRICO et al., 2005).

O principal interesse na análise espacial de pontos é verificar se os eventos observados exibem um padrão sistemático, buscando entender em qual escala esse padrão ocorre. Sua análise é descrita em termos de efeitos de primeira e segunda ordem. Os efeitos de primeira ordem correspondem a variações no valor médio do processo no espaço. Efeitos de segunda ordem representam a dependência espacial no processo da estrutura proveniente da correlação espacial.

A estimação de kernel é um método de análise de padrões espaciais de eventos bastante empregado em diversas áreas de pesquisa, que tem como finalidade obter uma estimativa suavizada da densidade de eventos por unidade de área, uma propriedade de grande relevância para a análise do comportamento de processos estocásticos espaciais (GATRELL et al., 1996). Os métodos de distância ao vizinho mais próximo fundamentam os métodos formais que avaliam a significância dos resultados exploratórios quando comparados com um modelo teórico conhecido, como o modelo de aleatoriedade espacial completa (*complete spatial randomness* - CSR) (BAILEY e GATRELL, 1995; PAIVA et al., 1999).

O objetivo deste trabalho é avaliar a concentração dos fragmentos do bioma cerrado na bacia do Rio Corrente (GO) de acordo com sua relação área / perímetro, fornecendo diretrizes para o planejamento e manutenção de áreas protegidas. Deste modo, podem ser introduzidos critérios para definir quais áreas devem suprimidas ou mantidas. Fragmentos com baixa relação área/ perímetro que estejam isolados, ou seja, que não façam parte de aglomerados podem ser convertidos em outros usos da terra, ao passo que, aqueles que estejam inseridos próximos de outros fragmentos podem ser reconectados a partir da recomposição da vegetação original.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia do Rio Corrente apresenta 7300km2 de área, tem forma predominantemente alongada, com largura média da ordem de 20 km, exceto em suas cabeceiras, no Parque Nacional das Emas (PNE), onde os divisores se afastam consideravelmente, atingindo área de 60 km de largura. Em função da forma peculiar de sua bacia, o Rio Corrente não apresenta qualquer outro afluente relevante, além de seus formadores, os rios Formoso e Jacuba, ao longo dos seus 459 km de curso.

A sazonalidade das chuvas é tipicamente tropical, com máxima no verão e mínima no inverno. Mais de 70% das chuvas acumuladas durante o ano se precipitam de novembro a março. No inverno, as chuvas são mais raras, tendo pelo menos um mês excessivamente seco. Os tipos vegetacionais e as fisionomias do cerrado encontrados na bacia do Rio Corrente são: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu strictu,* Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Ripícola, vereda de buritis, campo úmido e campo de murundus (IBAMA, 2007).

2.2 Aquisição dos dados

Foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4 de imagens CCD / CBERS-2 (CBERS, 2007) adquiridas na época chuvosa, entre fevereiro e abril de 2007 (Tabela 1). Os procedimentos de aquisição e análise espacial do dados são sumarizados na Figura 1.

As imagens foram registradas individualmente a partir do mosaico de imagens GEOCOVER (2000) referente à zona 22 S. Pelo algoritmo vizinho mais próximo, foram obtidos erros de 0,3 a 0,8.

A partir da matriz de correlação de bandas, optou-se pela eliminação da banda 3 que foi substituída pela primeira componente principal. A classificação supervisionada MaxVer foi aplicada na composição 4(R) 2(G) PC1(B). Inicialmente foram consideradas as classes "Cerrado" (floresta, cerrado e campo), "Não cerrado" (agricultura e áreas urbanas), "Corpos d'água" e "Nuvens".

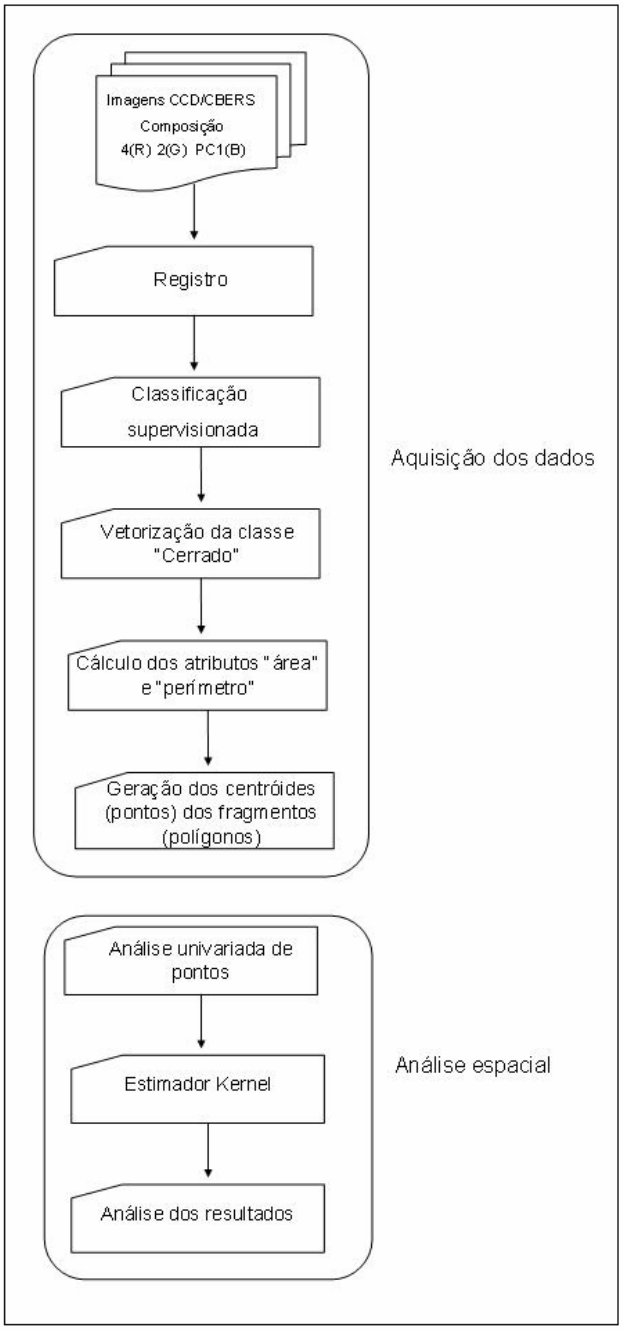

Figura 1. Fluxograma dos procedimentos de aquisição e análise espacial dos dados

Foi aplicado, então, um filtro de mediana 7x7 nas imagens classificadas para eliminação de ruídos. A vetorização da classe "Cerrado" objetivou sua separação das demais classes, resultando em duas classes finais, "Cerrado" e "Não cerrado" (Figura 2).

Tabela 1. Imagens CCD/CBERS-2 utilizadas na classificação

Órbita / Ponto	Data de aquisição
159/122	27/03/2007
160/121	24/03/2007
161/120	23/02/2007
161/121	23/02/2007
162/120	13/04/2007

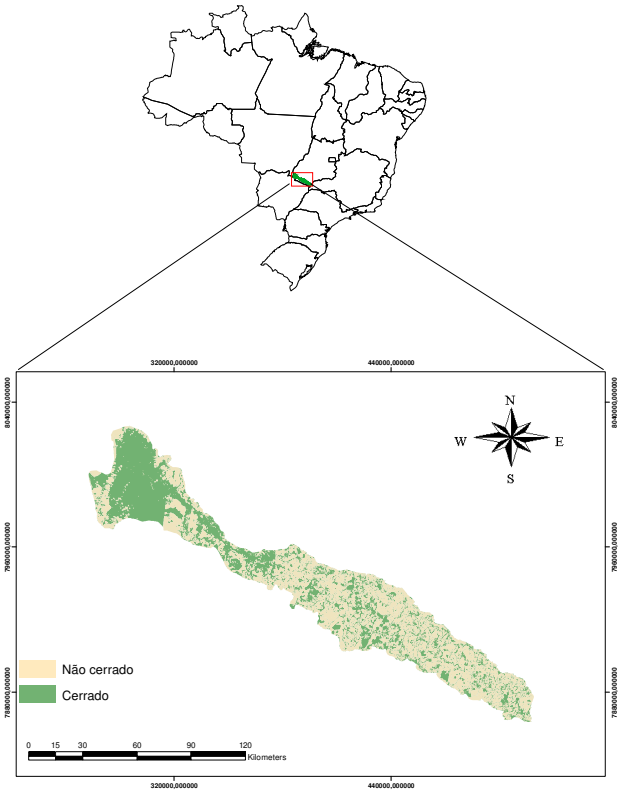

Figura 2. Localização da área de estudo e classificação das imagens CCD / CBERS 2.

O resultado foi confrontado com o mapa da cobertura vegetal do Programa de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (2007).

2.3 Análise espacial

Os dados vetoriais foram analisados pelo *software* SPRING v. 4.3.2 (CAMARA et al., 1996). Foram calculados os atributos área e perímetro dos fragmentos (geocampos) e gerados os centróides (geoobjetos) dos polígonos (Figura 3).

A análise univariada de pontos pelo método do vizinho mais próximo foi aplicada para verificar o padrão de distribuição dos fragmentos. O estimador de densidade de pontos por Kernel (BAILEY E GATRELL, 1995) foi aplicado considerando largura de banda igual a 2 km, 5 km e 8 km para a relação área/perímetro dos fragmentos de cerrado.

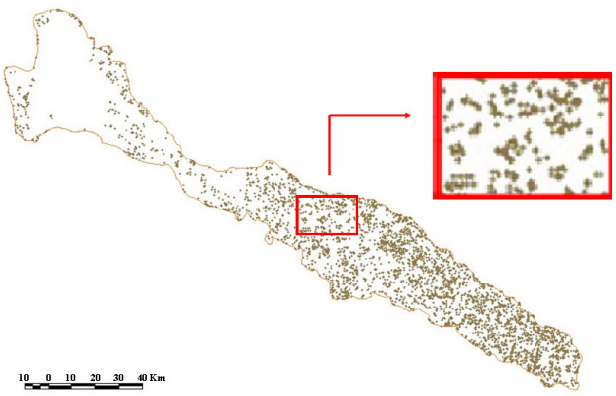

Figura 3. Localização dos centróides

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classes de cobertura e uso do solo consideradas inicialmente apresentaram variações na resposta espectral, em função de diferentes graus de umidade, tipo de solo, e composição vegetal. As classes correspondentes às culturas também sugeriram diferenças de estágios de desenvolvimento. Parte da superfície da área de estudo está dedicada às culturas de soja, algodão, milho e cana-de -açúcar (IBGE, 2007).

A partir de 500 pontos selecionados aleatoriamente, foi obtido um valor de Kappa de 0,56 e, portanto, a classificação pode ser considerada de boa qualidade (CAMPBELL, 1987; MA e REDMOND, 1995). A maior confusão entre classes se deu entre as áreas de cerrado e não cerrado (áreas agrícolas), provavelmente pela classificação errônea de áreas de campo sujo / solo preparado e campo sujo / áreas agrícolas em estágio inicial. A confusão entre espécies nativas e antrópicas pode ser resolvida a partir de dados multitemporais, identificando a evolução das culturas agrícolas (BORTOLUZZI E MANTOVANI, 2005).

A análise univariada de pontos pelo método do vizinho mais próximo mostrou que ocorre agregação de pontos quando são consideradas larguras de banda superiores a 2 km (Figura 4). Optou-se, então por aplicar o estimador Kernel considerando valores de largura de banda igual a 2 km, 5 km e 8 km. O limite do Parque Nacional das Emas foi usado como referência para estabelecer qual a melhor escala de análise dos dados.

A escala de análise mais adequada foi a que considerou largura de banda igual a 2 km. Nestas dimensões, o estimador por Kernel não estendeu as baixas

relações área/ perímetro até a área do PNE. As variações no valor médio de área / perímetro dos fragmentos são apresentadas na Figura 5.

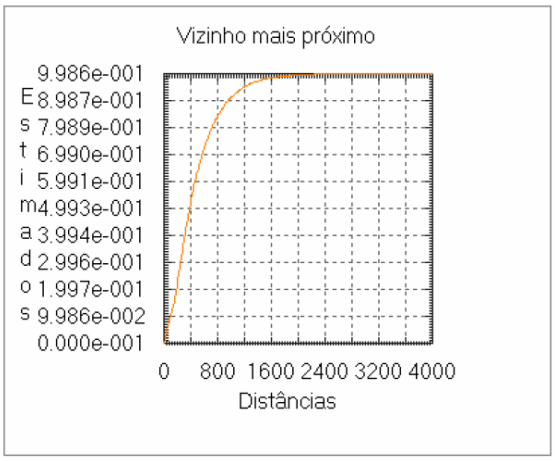

Figura 4. Função vizinho mais próximo para a relação área perímetro dos fragmentos

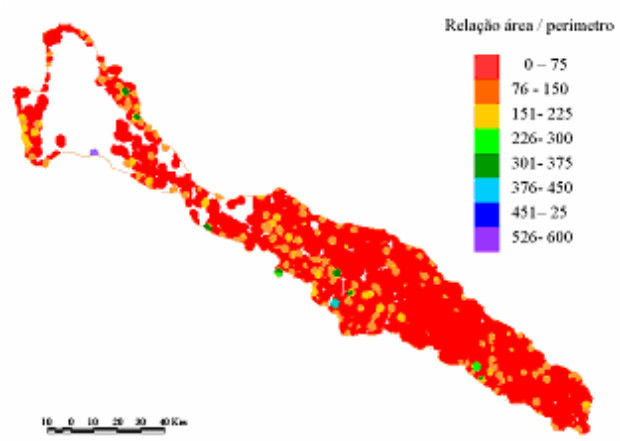

Figura 5**.** Estimador de intensidade Kernel para largura de banda igual a 2 km.

Dado que a maior parte da vegetação natural é constituída por matas ciliares, que por sua forma alongada e irregular apresenta valores de perímetro altos em relação à sua superfície, os baixos valores de área/perímetro são dominantes. Alguns pontos que exibem baixa relação área / perímetro nas proximidades do PNE se devem à cobertura de nuvens nas imagens usadas na classificação supervisionada.

A resolução espacial das imagens empregadas, a aplicação de filtros durante o processo de classificação e o estabelecimento de determinadas variáveis no processo de segmentação interferem no tamanho mínimo dos fragmentos considerados em estudos desse gênero.

Um critério apropriado para estabelecer a largura de banda na estimativa de densidade por Kernel seria o raio de dispersão de espécies guarda-chuva (NOSS et al., 1997). Por exemplo, se a área do fragmento para manter predadores de topo, é adequada também para espécies de outros níveis tróficos.

4 CONCLUSÕES

Fragmentos de pequena área que estejam agrupados podem ser reconectados pela recomposição da paisagem e estabelecimento de corredores ecológicos. Por outro lado, as pequenas áreas isoladas de cerrado, caso não constituam *hot spots* de biodiversidade ou não abriguem espécies endêmicas poderiam ser substituídas por paisagens antropizadas. Segundo Viana e Pinheiro (1998), a definição de fragmentos prioritários para a conservação deve combinar uma análise de parâmetros que afetam a sustentabilidade dos fragmentos, incluindo classes de tamanho, grau de isolamento, forma, nível de degradação e risco de perturbação.

O respeito à legislação referente às áreas protegidas é um elemento primordial para modificação da atual condição do bioma cerrado. Daí a importância da manutenção das áreas de preservação permanente, com ênfase às matas ciliares que constituem importantes corredores entre os fragmentos, e o estabelecimento das áreas de reserva legal contíguas.

A estimativa de densidade por Kernel constitui método de simples aplicação para o planejamento do uso do solo no que se refere à priorização de áreas de conservação, com base no tamanho e distância entre fragmentos. Entretanto, ressalta-se a importância de estudos posteriores que identifiquem as áreas de subclasses de cerrado, bem como análises multitemporais de áreas de queimadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, T.C.; GATRELL, A.C. **Interactive spatial analysis.** London: Longman Scientific and Technical, 1995. 413 p.

BORTLOLUZZI, A.L.; MANTOVANI, J.E. Utilização de imagens CCD CBERS-2 para o mapeamento de hábitats potenciais para o lobo-guará (*Chrysocyum brachyurus*) no nordeste do Estado de São Paulo. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, **Anais...** Goiânia, INPE, 2005, p. 2887-2892.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers and Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403. 1996.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford, 1987. 551p.

FERNANDEZ. F.A.S. Efeitos da fragmentação de ecossistemas: a situação das unidades de conservação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1.,1997, Curitiba. **Anais.** Curitiba:

IAP; UNILIVRE; Rede Nacional Pró-Unidades de Conservação, 1997. p. 48-68.

GATRELL, A. C.; BAILEY, T. C.; DIGGLE, P. J.; ROWLINGSON, B. S. Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. **Transactions, Institute of British Geographers**, v. 21, p. 256-274.

IBAMA. **Plano de Manejo do PNE/GO-MS-MT.** Disponível em www.ibama.gov.br/go/download.php?id_download=48 . Acesso em 01 set 2007.

MA, Z., REDMOND, R. L. Tau coefficents for accuracy assessment of classification of remote sensing data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.61, n.4, p. 435-439, Apr. 1995.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **MMA - Geoprocessamento.** Disponível em http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload . Acesso em 20 set 2007.

NOSS, R. F.; O´CONNELL, M, A.; MURPHY, D. D. **The Science of Conservation Planning**: Habitat Conservation Under the Endangered Species Act. Washington, D.C.: Island Press, 1997. 272 p.

PAIVA, J.A.C.; RODRIGUEZ, A.; CORREIA, V.R.F. **Métodos computacionais para avaliar padrões de pontos espaciais.** 1999. Disponível em http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/estat_pontos/ . Acesso em 01 dez 2007.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; LIMA, D.F.B.; REMPEL, C. Efeitos da fragmentação de hábitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para a seleção de áreas adequadas a testes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais.** Goiânia: INPE, 2005. p. 2339-2346.

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.