



Padrões de fragmentação da paisagem no município de Céu Azul (Paraná)

Thiago Avelar Chaves*

Osmar Abílio de Carvalho Júnior**

Roberto Arnaldo Trancoso Gomes***

Renato Fontes Guimarães****

Éder de Souza Martins*****

Resumo: O presente artigo objetiva avaliar a fragmentação da vegetação natural do município Céu Azul (PR) nas áreas externas ao Parque Nacional do Iguaçu. Estas áreas constituem uma zona de amortecimento deste parque nacional, devendo ter um manejo adequado de forma a expandir os habitats e diminuir as ameaças às populações selvagens em áreas protegidas. A metodologia pode ser subdividida nas seguintes etapas: (a) elaboração de um mapa do uso da Terra a partir da interpretação visual de imagens de alta resolução espacial (PRISM/ ALOS); (b) delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP); e (c) análise da fragmentação. Os resultados demonstram uma melhora dos índices de fragmentação apenas com o cumprindo a lei da APP.

* Mestre em Geografia pela Universidade de Brasília (UNB). Doutorando em Geografia na UNB.

** Doutor em Geologia pela UNB. Professor titular no Departamento de Geografia da UNB.

*** Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor titular no Departamento de Geografia da UNB.

Landscape fragmentation patterns in the municipality of Céu Azul - Paraná (Brazil)

Abstract: This paper aims to evaluate the fragmentation of natural vegetation in the Céu Azul municipality (PR), in areas outside the National Park of Iguaçu. These areas constitute the buffer zone of the national park, should have an appropriate management in order to expand habitat and lessen threats to wild populations within protected areas. The methodology can be subdivided into the following steps: (a) preparation of the land use map from the visual interpretation of high spatial resolution image (PRISM/ ALOS); (b) delimitation of Permanent Preservation Area (PPA); and (c) fragmentation analysis. The results demonstrate a significant improvement in fragmentation rates only following the law of PPA.

**** Doutor em Geologia pela UFRJ. Professor adjunto no Departamento de Geografia da UNB.

***** Doutor em Geologia pela UNB. Pesquisador na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Brasília).

Palavras-chave:

Sensoriamento remoto; sistema de informação geográfica; fragmentação.

Key-Words:

Remote sensing; geographic information system; fragmentation.

Introdução

A fragmentação é a subdivisão de um grande habitat em parcelas menores, que modificam extensas áreas de vegetação natural resultando em um mosaico de ambientes fragmentados e isolados (FORMAN & GORDON, 1986). Essa divisão do ambiente pode ser causada por: (a) impactos antrópicos, (b) processos naturais devido a fatores ambientais, ou (c) uma combinação de ambos (MACHADO, 1995). As interferências antrópicas são as que mais afetam os ecossistemas terrestres, como por exemplo: as rodovias, ferrovias, pastagens, áreas urbanas entre outros. Portanto, a compreensão do processo de fragmentação da paisagem necessita de uma descrição histórica da ocupação da terra e dos fatores econômicos da região (agricultura, pecuária, silvicultura, etc.) (MATOS et al. 2003). A descrição dos fatores que ocasionam a fragmentação, que afeta populações de fauna e flora, é essencial para a criação de diretrizes de gestão e manejo de paisagens fragmentadas, considerando as especificidades de determinada região ou lugar (HOBBS e YATES, 2003).

Genetelli (2004) descreve três principais efeitos devido o processo de fragmentação: (1) aumento do isolamento dos fragmentos no ecossistema; (2) redução no tamanho dos fragmentos; e (3) maior exposição a perturbações externas, tais como invasão e espécies exóticas e alterações das condições físicas do ambiente. Conforme Hobbs (1993), a fragmentação altera as seguintes condições físicas do ambiente: (1) ciclo hidrológico com o aumento do escoamento superficial e a redução da quantidade de água infiltrada no solo; (2) reciclagem de nutrientes no solo com a redução da fixação de nutrientes no solo; (3) balanço de radiação com o aumento do albedo da superfície de reflectância devido à redução da vegetação natural; e (4) alteração no regime dos ventos. Além desses impactos, Kageyama et al. (1998) salienta que a fragmentação afeta a variação genética devido a redução do número de indivíduos de uma determinada população. A redução dos fragmentos pode adquirir um tamanho inferior ao mínimo adequado para a manutenção da diversidade genética.

A análise da fragmentação da vegetação natural adota uma abordagem espacial, a qual normalmente utiliza imagens de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). As imagens de satélite e fotografias aéreas são utilizadas para a classificação dos fragmentos da paisagem segundo padrões espaciais e estruturais. As características básicas para a interpretação da imagem são: tamanho, forma, padrão, tonalidade, textura, fatores topográficos e a associação entre objetos na paisagem (ANTROP & VAN EETVELDE, 2000). O SIG é um sistema computacional que recebe, armazena e analisa dados espaciais em diferentes escalas, possibilitando integrar vários planos de informações (HAINES-YOUNG et al., 1993). O SIG auxilia no estudo da distribuição de espécies e da fragmentação da paisagem, como também, de suas relações (DUNNING et al., 1992; GOUGH & RUSHTON, 2000; SANTOS et al., 2000).

Portanto, os fragmentos da paisagem natural podem ser quantificados em relação ao tamanho da área, forma e conectividade entre os fragmentos. Estas métricas possuem um grande potencial para compreender as mudanças na configuração espacial dos ecossistemas, permitindo, dessa maneira, traçar conclusões mais decisivas acerca da importância dos impactos causados pela fragmentação de áreas de vegetação natural (GENETELLI, 2004). Assim, compreender o processo de fragmentação das paisagens torna-se fundamental para a adoção de um manejo adequado (VIANA & PINHEIRO, 1998).

O presente artigo possui como objetivo avaliar a fragmentação da vegetação natural do município Céu Azul (PR) considerando o tipo de uso e cobertura da Terra e o cumprimento das leis ambientais referentes às áreas de preservação permanente. O Parque Nacional do Iguaçu possui uma extensa área do município, sendo as áreas externas ao parque o principal enfoque deste estudo. Estas áreas constituem em uma zona de amortecimento da unidade de conservação onde as atividades humanas possuem normas e restrições específicas com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade (Art. 2, inc. XVIII da Lei 9985/00). Portanto, a área do município externa ao parque deve primar pela conservação das

áreas de preservação permanente de forma a estabelecer corredores e minimizar a fragmentação, possibilitando o fluxo de genes, movimento da biota, dispersão de espécies e a manutenção de populações que demandam, para sua sobrevivência, área com extensão maior que a descrita pela Unidade de Conservação.

Área de estudo

O município de Céu Azul localiza-se na região do Oeste Paranaense, com sede municipal nas coordenadas 53°50'58"W e 25°8'47"S. É limitado a norte pelos municípios de Vera Cruz do Oeste, Santa Tereza do Oeste e São Pedro do Iguaçu; a oeste pelos municípios de Ramilândia e Matelândia; a sul pelo município de Capanema; e a leste pelos municípios de Lindoeste, Santa Lúcia e Capitão Leônidas Marques (Figura 1).

Figura 1– Mapa de localização do município de Céu Azul.



Fonte: elaborado pelos autores.

O clima do município pode ser definido, de acordo com a classificação de Köppen, como do tipo Cfa, ou Clima Subtropical Úmido Mesotérmico com verões quentes, com baixa ocorrência de geadas e concentração das chuvas nos meses mais frios, porém, sem uma estação seca definida (IAPAR, 1994).

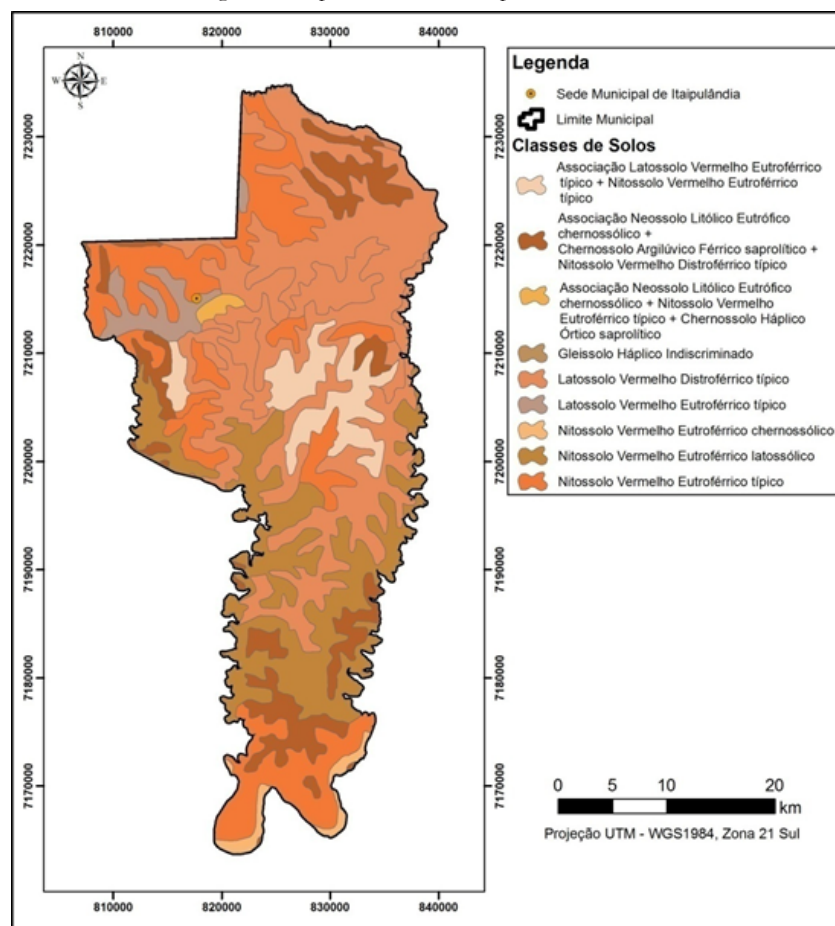
Em relação à geologia, o município encontra-se completamente inserido na Formação Serra Geral (Paraná, 2005). Do ponto de vista geomorfológico, o município encontra-se no Terceiro Planalto Paranaense, que representa o plano de declive da Serra Geral (MAACK, 2001).

O município abrange as seguintes classes de solo: Associação de Latossolo vermelho Eutroférico típico + Nitossolo Vermelho Eutroférico típico; Associação de Neossolos Litólico Eutrófico chernossólico + Chernossolo Argilúvico Férrico saprolítico + Nitossolo vermelho Distroférico típico; associação de Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico + Nitossolo Vermelho Eutroférico típico + Chernossolo Háptico Órtico saprolítico; Gleissolos Hápticos Indiscriminados; Latossolos Vermelhos Distroféricos típicos; Latossolos Vermelhos Eutroféricos típicos; Nitossolos Vermelhos Eutroféricos chernossólicos; Nitossolos vermelhos Eutroféricos latossólicos; Nitossolos Vermelhos Eutroféricos típicos (ITCG, 2008). A Figura 2 mostra a distribuição destas classes no município.

De acordo com o ITCG (2009) a vegetação no município é composta por Floresta Estacional Semidecidual Submontana; Floresta Ombrófila mista Montana; Floresta Estacional Semidecidual Montana; e Floresta Ombrófila Mista Submontana.

Conforme os dados do IBGE (2011), o município possui uma população total de 11.032 habitantes, sendo que, 8.387 (76%) habitantes se localizam na área urbana e 2.645 (23,9%) na área rural. Com uma área de 1.194,75 km², o município possui densidade demográfica de 9,23 hab/km² (Tabela 1). Em relação ao sexo, a população se divide entre 5619 homens e 5.413 mulheres.

Figura 2 – Mapa de solos do município de Céu Azul



Fonte: adaptado pelos autores com base em ITCG, 2008.

Do total da população, 35 famílias possuem renda mensal de até 1/2 salário mínimo; 344 famílias possuem renda mensal de 1/2 a 1 salário mínimo; 961 famílias possuem renda mensal de 1 a 2 salários mínimos; 1.555 famílias possuem renda mensal de 2 a 5 salários mínimos; 493 famílias possuem renda mensal de 5 a 10 salários mínimos; 112 famílias possuem renda mensal de 10 a 20 salários mínimos; e 30 famílias possuem renda mensal de mais de 20 salários mínimos (IBGE, 2011) (Figura 3).

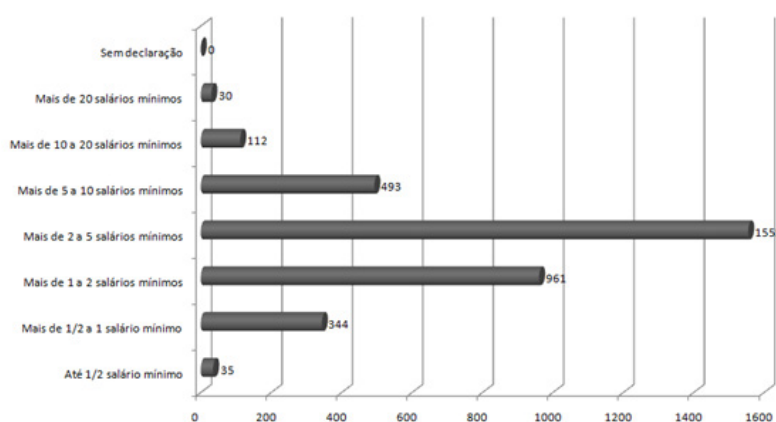
Tabela 1 – Dados demográficos do município de Céu Azul

Tabela 1 – Dados demográficos do município de Céu Azul

Dados Demográficos	Total
População Total (n° de habitantes)	11.032
População Urbana (n° de habitantes)	8.387
População Rural (n° de habitantes)	2.645
População Urbana (%)	76
População Rural (%)	24
Área Total (km²)	1.194,75
Densidade Demográfica (hab/km²)	9,23

Fonte: IBGE, 2011.

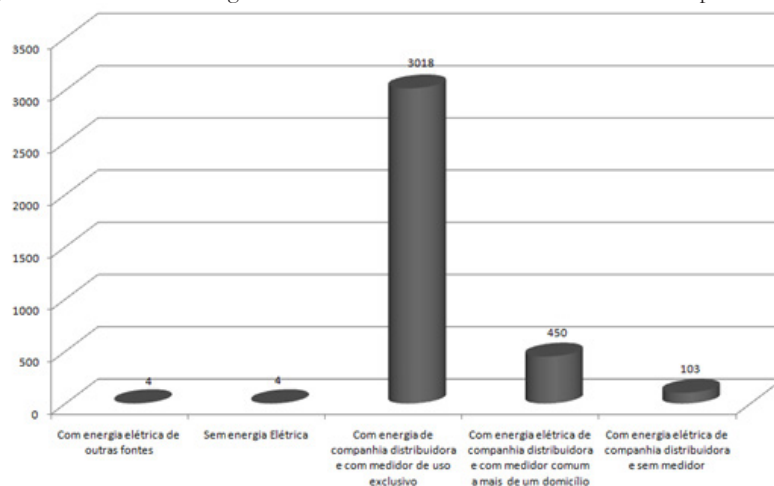
Figura 3 – Renda familiar no município de Céu Azul .



Fonte: IBGE, 2011.

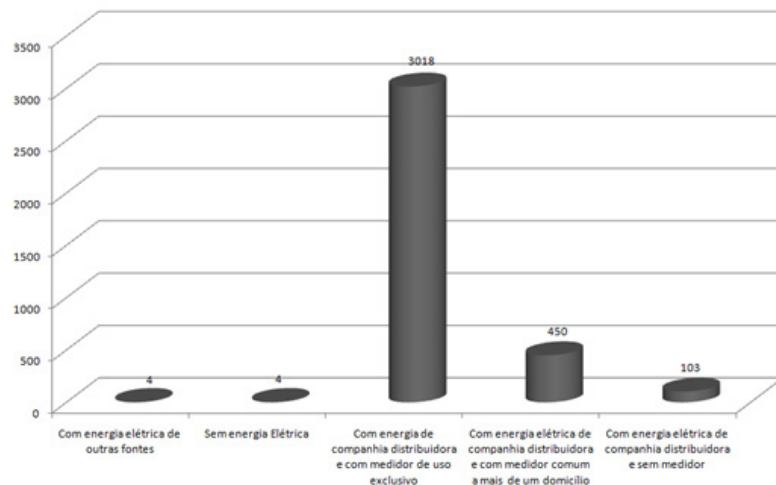
Em relação ao abastecimento da água em Domicílios Particulares Permanentes, 2.898 domicílios são abastecidos pela rede geral, 480 domicílios são abastecidos por poços ou nascente na propriedade, e 201 domicílios são abastecidos por outra forma (Figura 4). Já em relação ao abastecimento de energia elétrica em Domicílios Particulares permanentes (Figura 5), 103 domicílios são abastecidos com energia elétrica de companhia distribuidora e sem medidor; 450 domicílios são abastecidos com energia elétrica de companhia distribuidora e com medidor comum a mais de um domicílio; 3.018 domicílios são abastecidos com energia elétrica de companhia distribuidora e com medidor de uso exclusivo; 4 domicílios são abastecidos com energia elétrica de outras fontes; e 4 domicílios não possuem energia elétrica (IBGE, 2011).

Figura 4 – Abastecimento de água nos Domicílios Particulares Permanentes no município de Céu Azul



Fonte: IBGE, 2011.

Figura 5 – Abastecimento de energia nos domicílios particulares permanentes do município de Céu Azul



Fonte: IBGE, 2011.

Materiais e métodos

Mapeamento do uso e cobertura do solo

No mapeamento do uso e cobertura do solo foram utilizadas imagens do sensor PRISM (Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping), a bordo do satélite japonês ALOS (Advanced Land Observing Satellite). Este satélite foi lançado em 24 de janeiro de 2006, entrando na fase operacional em 20 de outubro de 2006, após um período de calibração. O ALOS descreve uma órbita circular heliossíncrona (KOCAMAN & GRUEN, 2008).

O sensor PRISM possui um conjunto de três sistemas de imageamento que permite obter simultaneamente imagens com visada nadir, inclinada para frente e inclinada para trás (Triplet), o que torna possível a aquisição de imagens estereoscópicas ao longo da trajetória. As imagens ALOS/PRISM são de alta resolução, 2,5 metros, possibilitando mapeamentos detalhados, compatíveis a escala 1: 25.000 (IGARASHI, 2001; KOCAMAN & GRUEN, 2008). A largura da faixa de imageamento é de 35 km no modo de observação estéreo e de 70 km em observação nadir com resolução espacial de 2,5 m. No presente trabalho foram utilizadas imagens do sensor PRISM pré-processadas referentes ao produto 1B2, com calibração radiométrica e geométrica, onde os pixels são alinhados com a grade da projeção UTM. No Brasil, vários trabalhos vêm utilizando este tipo de imagem para o mapeamento do uso e cobertura da Terra (MENKE et al., 2009; HESSEL et al., 2012, FLORES et al., 2012).

A classificação do uso e cobertura da terra foi feita por interpretação visual da imagem considerando as propriedades básicas da imagem de satélite, tais como: cor, textura, forma, estrutura e relações de contexto (Politano, 1994). Deve-se ressaltar que a interpretação visual de imagens de alta resolução combinado ao trabalho de campo é normalmente utilizada como verdade terrestre para validar os métodos de classificação supervisionados e não supervisionados, que possuem como maior vantagem a automação e rapidez (RIDD & LIU, 1988; COHEN et al., 1998). No presente estudo o mapeamento foi realizado na escala 1:50.000, totalizando um número de 8 cartas.

As classes de uso e cobertura da Terra adotado no presente trabalho foram relativas a onze classes: Construções/Instalações; Corpos d'Água; Cultivo Agrícola; Cultivo Forrageiro; Cultivo Florestal; Vegetação Natural; Área urbana; Áreas de Capoeira ou Abandonadas; Áreas de Sede; e Áreas de Uso Não Identificado.

O Parque Nacional do Iguaçu, composto apenas por Vegetação Natural e Corpos d'Água foi considerado como uma classe à parte devido ao seu papel na conservação do meio ambiente do município.

Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente foi feita de acordo com o Artigo 3º da Resolução Conama nº 303, de 20 de Março de 2002. O presente trabalho enfoca nas APPs de margens de corpos d'água que apresentam as seguintes características: (a) APP de 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura; (b) APP de 50 metros para cursos d'água com 10 a 50 metros de largura; (c) APP de 200 m para cursos de água com 200 a 600 metros de largura; (d) APP de 50 metros ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente; e (e) ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de 100 metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros.

Essa definição foi utilizada para todos os cursos de água de Céu Azul, cuja hidrografia é composta por pequenos cursos d'água, onde, a partir destes, foram identificados os pontos de nascente na área de estudo. Lagos, reservatórios e lagoas do município em área rural possuem área menor que 20 ha. O curso de água que possui mais de 200 metros de largura é o Rio Iguaçú, localizado na parte sul do Parque Nacional do Iguaçú.

O parque se constitui em uma unidade de proteção integral, regulamentado pelo Decreto nº 84.017, de 21 de setembro de 1979, e, devido à grande área que ocupa no município de Céu Azul, foram avaliadas apenas as APPs localizadas fora do parque. As demais foram consideradas como parte da área do parque, estando protegidas pelos seus limites.

Análise de fragmentação das Áreas de Vegetação Natural

A análise da fragmentação da vegetação natural no município foi realizada pelo programa FRAGSTATS, que analisa os padrões espaciais da paisagem, quantificando as suas diversas estruturas, tais como extensão de área, distância entre os fragmentos, densidade dos fragmentos, dimensões de borda, dimensões geométricas dos fragmentos, dimensões dos núcleos dos fragmentos (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

As métricas foram calculadas considerando dois cenários (GUIMARÃES et al., 2010): (a) cenário atual com a vegetação existente na área, e (b) cenário hipotético contendo toda a vegetação atual mais a APP integralmente conservada. A partir desses dois cenários é possível avaliar o grau de preservação da vegetação e a importância das APPs no estabelecimento de ligações entre os fragmentos.

Diferentes métricas foram utilizadas considerando os seguintes aspectos: área, densidade, tamanho, variabilidade, borda e forma. As métricas utilizadas referentes à área foram: Área da Classe (CA), Área total da paisagem (TLA), a % da área ocupada pelos fragmentos (%LAND); % da área total ocupada pelo maior fragmento (LPI).

As métricas utilizadas referente à densidade, tamanho e variabilidade foram: Número de fragmentos da classe (NUMP); Tamanho médio dos fragmentos (MPS); Desvio padrão do tamanho do fragmento (PSSD); Coeficiente de variação do tamanho do fragmento, ou seja, a relação entre o desvio padrão e a média do tamanho dos fragmentos (PSCOV).

Em relação às características de borda foram adotados dois índices: Borda total, que indica o tamanho da borda da classe, em metros (TE); e a densidade de borda, que mostra a relação entre a extensão da borda por ha (ED).

Quanto às feições de forma foram adotados: Índice de forma média, que mostra o número de vértices no polígono que delimita o fragmento, sendo 1 o menor valor, representado por um pixel da imagem (MSI); e o Índice de forma ponderada por área, onde os maiores fragmentos recebem um peso estatístico maior (AWMSI). Todas as áreas são expressas em hectare.

Resultados

Mapa de uso e cobertura da terra

O município de Céu Azul possui uma extensa área (84.493,45 ha) contida dentro do Parque Nacional do Iguaçu que corresponde a 70,72% da área do município (Tabela 2). Apesar desta vasta área preservada o município deve ter uma preocupação ambiental com as áreas externas ao parque por constituir uma zona de amortecimento, devendo ter um manejo adequado de forma a expandir os habitats e diminuir as ameaças à vida silvestre presentes nas áreas protegidas.

Tabela 2– Dimensões das classes de uso e cobertura da terra do município de Céu Azul

Classes de Uso do Solo	Área (ha)	Área do município (%)	Área do município externa ao Parque (%)
Área externa ao Parque			
Área de Capoeiras ou Abandonadas	360,30	0,30	1,029
Área de Sede	380,67	0,32	1,088
Área Urbana	351,25	0,29	1,004
Construções / Instalações	176,07	0,15	0,503
Corpos D'água	2.364,22	1,98	6,758
Cultivo Agrícola	20.266,59	16,96	57,935
Cultivo Forrageiro	4.685,94	3,92	13,395
Cultivos Florestais	270,63	0,23	0,773
Vegetação Natural	6.113,76	5,12	17,477
Uso Indeterminado	12,12	0,01	0,034
Subtotal da área externa ao parque	34.981,55	29,28	100,00
Parque Nacional do Iguaçu	84.493,45	70,72	
Total de área no município	119.475,00	100,00	

Fonte: elaborado pelos autores.

A área do município externa ao Parque Nacional, alvo deste estudo, apresenta 10 classes de uso e cobertura da Terra. O principal tipo de uso é a atividade agrícola (principalmente soja, trigo e milho) que ocupa 16,96% da área do município; e 57,93 % da área do município desconsiderando a área do parque. O cultivo de forrageiras é a segunda maior atividade de uso da Terra, representando 13% da área do município externa ao parque. A silvicultura é representada por uma pequena área de 270 ha. O tamanho médio dos polígonos demarcados com atividade agrícola é de 13,39 ha (Figura 6).

A população urbana, que representa 76% da população do município de Céu Azul (Tabela 2), ocupa uma área de 351,25 ha, enquanto a população rural, que representa 24% da população (Tabela 2), encontra-se dispersa em uma área de aproximadamente 25.233 ha.

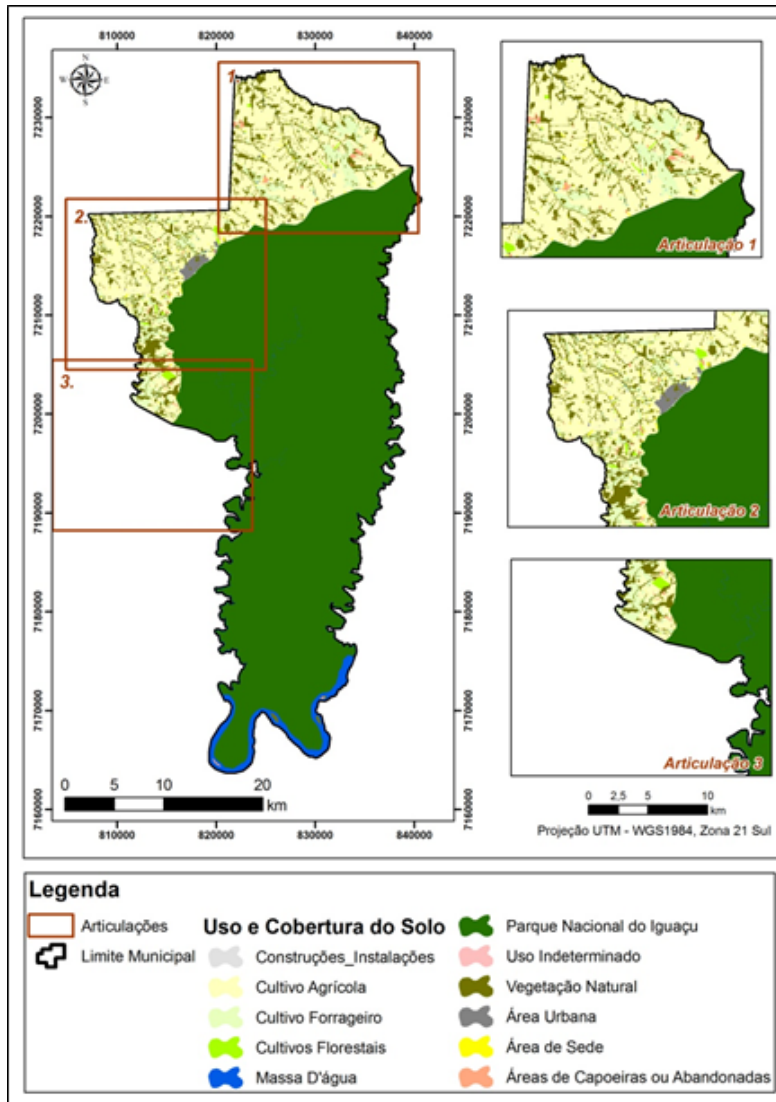
A área de vegetação natural representa 17,477 % da área do município externa ao parque, ocorrendo principalmente ao longo dos cursos d'água. As áreas de capoeiras e abandonadas são representadas por um baixo percentual (1%).

Mapa das Áreas de Preservação Permanente

O mapa com a delimitação das APPs é demonstrado na Figura 7. Desconsiderando a área do parque, a área total no município destinada à APP é de 4.061,21 ha. No entanto, o cruzamento das APPs com o mapa de uso da Terra demonstra uma significativa área com uso indevido, atingindo 1.910,60 ha que correspondendo a 47,05% da área total limitada

para APP. As regiões de APP com vegetação satisfazem à área complementar com 2.150,61 ha (52,95%) (Figura 8). Desta forma, constata-se que mesmo estando em uma área de amortecimento do parque nacional existe uma alta taxa de infração da lei ambiental.

Figura 6 – Mapa de uso e cobertura do solo no município de Céu Azul gerado a partir de interpretação de imagens ALOS.



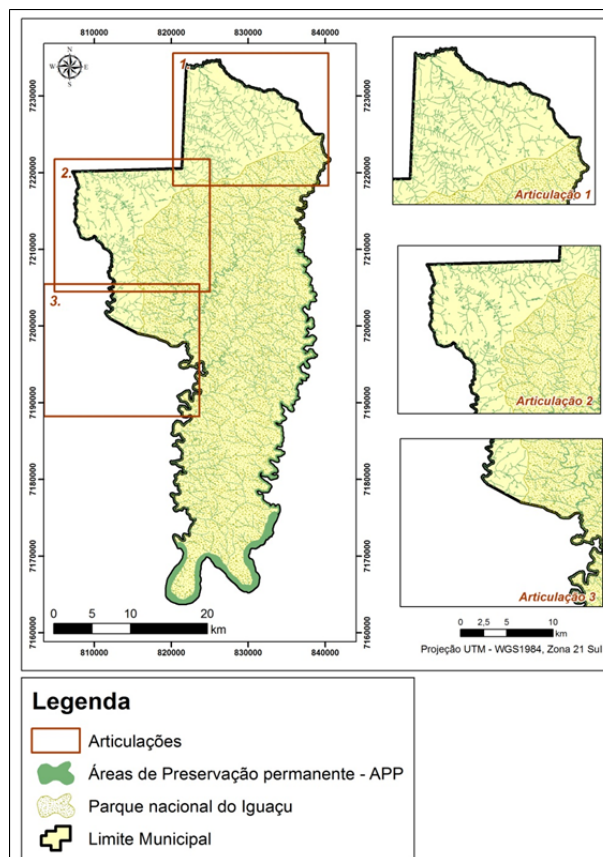
Fonte: elaborado pelos autores.

Análise das métricas de fragmentação da vegetação natural

A partir da vegetação natural extraída do mapa de uso e cobertura da Terra (Figura 9) realizou-se a análise de fragmentação a partir das métricas obtidas pelo programa FRAGSTATS, que considera os fatores de composição (quantificação) e configuração (distribuição) dos fragmentos da vegetação nativa (Tabela 3).

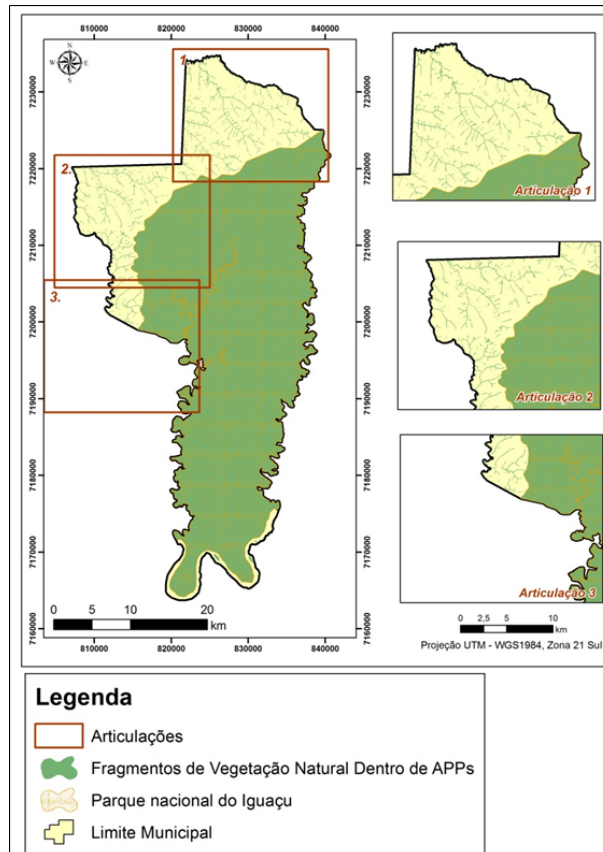
A área total de vegetação preservada na região do município externa ao parque é de 6.115,32 hectares. Observa-se a presença de 1.134 fragmentos com tamanhos variados, sendo o tamanho médio de 5,39 hectares com um desvio padrão de 22,83 hectares. A presença de muitos fragmentos de pequeno porte demonstra uma menor disponibilidade de habitat para as espécies animais e vegetais (Machado, 1995). O maior fragmento possui uma área bem superior a média com 640,72 hectares, posicionada próximo a limite do parque.

Figura 7 – Mapa das Áreas de Preservação Permanente do município de Céu Azul.



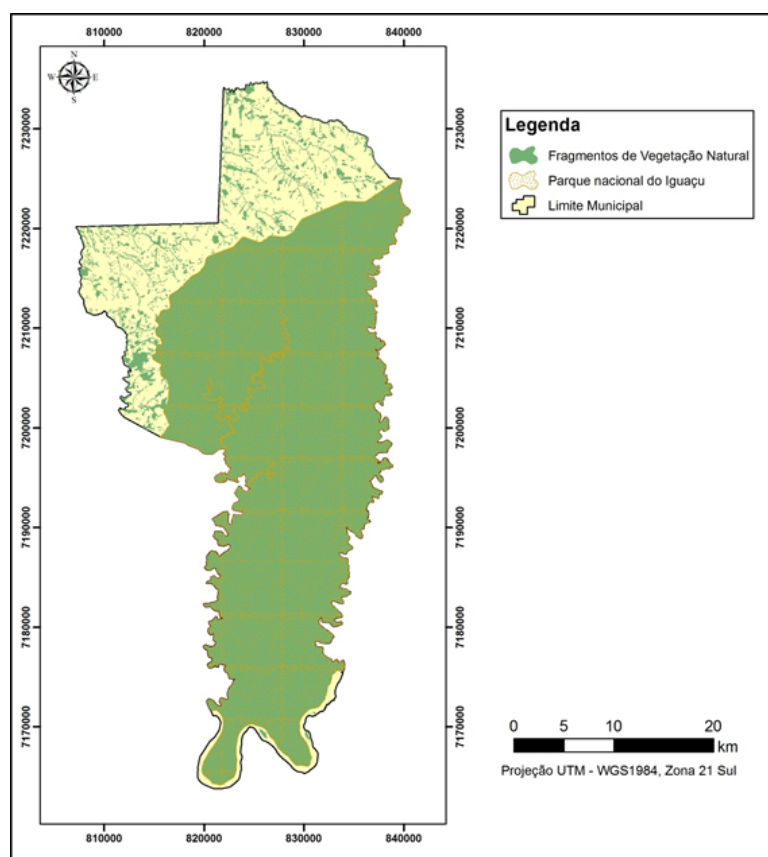
Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 8 – Mapa dos fragmentos de vegetação natural dentro das APPs.



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 9 – Mapa de Vegetação Natural no Município de Céu Azul gerado a partir de interpretação de Imagens ALOS.



Fonte: elaborado pelos autores.

Na área externa ao parque, os índices relativos à extensão da borda total (1.700.446,40 metros), densidade de borda (278,06 metros/hectare) e os índices de forma MSI (1,85) e AWMSI (4,37) demonstram uma alta fragmentação e uma forma alongada dos fragmentos. O aumento das extensões da borda intensifica a exposição às perturbações externas favorecendo o desenvolvimento de espécies de borda e também de espécies generalistas que tendem a excluir, por competição ou predação, as espécies de interior (METZGER, 1999). Além disso, a borda acarreta uma degeneração das condições ecológicas no interior de fragmentos de pequeno porte ocasionando alterações microclimáticas (LOVEJOY et al., 1986; LAURANCE & YENSEN, 1990).

A área do Parque Nacional do Iguaçu no município apresenta um comportamento oposto, com valores bem inferiores para a extensão de borda (392.628,53 metros) e densidade de borda (4,65 metros/hectare), como também, valores superiores para MSI (3,81) e AWMSI (3,81).

Com o propósito de avaliar o efeito da conservação da APP na diminuição da fragmentação da vegetação natural foi realizada uma simulação de um cenário ideal, onde a APP se manteria toda conservada. Neste cenário com a APP corretamente constituída haveria um aumento de área vegetada de 1.910,60 hectares que alcançaria um total de 8.025,92 hectares. Observa-se também uma diminuição muito significativa do número de fragmentos na área externa ao parque, modificando a situação atual de 1134 fragmentos para apenas 537 fragmentos, ou seja, menos da metade (Tabela 4). O tamanho médio dos fragmentos com o novo cenário aumentaria quase três vezes, modificando de 5,39 hectares para 14,95 hectares. No cenário simulado haveria apenas um aumento da extensão de borda dos fragmentos, modificando de 1.700.446,40 metros para 1.881.860,18 metros, o que não representa um aumento significativo em porcentagem.

Portanto, a simples conservação das APPs conforme a legislação proporcionaria uma maior conectividade e melhoria dos índices de fragmentação quando comparada com situação presente no município.

Tabela 3 – Parâmetros métricos do FRAGSTATS.

Parâmetros métricos	Fragmentos de Vegetação Dentro do Parque Nacional do Iguaçu	Fragmentos de Vegetação no Município de Céu Azul fora do Parque Nacional do Iguaçu	Cenário Simulado – Fragmentos de Vegetação + 100% das APPs fora do Parque Nacional do Iguaçu
Métricas de Área (Composição)			
CA - Área da Classe (em ha)	84.491,90	6.115,32	8.025,92
LPA - Área ocupada pelo maior fragmento (em ha)	84.491,90	640,42	2.712,26
%LAND - % da área total ocupada pelos fragmentos	70,72	5,12	6,72
LPI - % da área total ocupada pelo maior fragmento	70,72	0,54	2,27
Métricas de Densidade, Tamanho e Variabilidade (Configuração)			
NUMP - Número de fragmentos	1	1.134	537
MPS - Tamanho médio dos fragmentos (ha)	84.491,90	5,39	14,95
PSSD - Desvio padrão do tamanho do fragmento (em ha)	0,00	22,83	150,96
PSCOV - Coeficiente de variação do tamanho do fragmento (desvio padrão/média)	0,00	4,23	10,09
Métricas de Borda (Configuração)			
TE - Borda total (em metros)	392.628,53	1.700.446,40	1.881.860,18
ED - Densidade da borda (em m/ha)	4,65	278,06	234,47
Métricas de Forma (Configuração)			
MSI - Índice de forma média	3,81	1,85	1,64
AWMSI - Índice de forma média ponderada por área	3,81	4,37	22,29

Fonte: elaborado pelos autores.

Conclusões

A partir do método aplicado, foi possível realizar o mapeamento e diagnóstico do uso e ocupação do solo no município de Céu Azul. O Parque Nacional do Iguaçu ocupa 70,72% da área, possuindo assim, grande importância para o município analisado. Além disso, ao comparar com os dados censitários, é possível verificar que 76% da população ocupam uma área de aproximadamente 350 ha, ou 0,29% da área do município.

Nas regiões do município externa ao parque observa-se uma significativa porção das APPs que estão sendo utilizada de forma irregular (46,05%). Embora a conservação devesse ter prioridade na gestão da zona de amortecimento, as questões sócio-econômicas e políticas ganham na prática prioridade.

A simulação de um cenário mantendo as APPs vegetadas salienta a importância de sua manutenção no município, devido ao aumento da conectividade dos fragmentos, diminuição do isolamento e o aumento das áreas dos fragmentos.

Agradecimentos

O presente artigo foi desenvolvido no âmbito das atividades previstas do projeto “Mapeamento da Agricultura Familiar no Brasil” com apoio do Ministério do Desenvolvimento Agrário. Além disso, os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de produtividade fornecidas aos pesquisadores: Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Renato Fontes Guimarães, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes e Éder de Souza Martins.

Referências

- ANTROP, M. & VAN EETVELDE, V. Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics. **Landscape and Urban planning**, v. 50, p. 43-58, 2000.
- COHEN, W. B.; FIORELLA, M.; GRAY, J.; HELMER, E.; ANDERSON, K. An efficient and accurate method for mapping forest clearcuts in the Pacific Northwest using Landsat imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 64, n.4, p. 293– 300, 1998.
- DUNNING, J.B. DANIELSON, B.J.; PULLIAM, H. R. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. **Oikos**, v.65, p.169-175. 1992.
- FLORES, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T., Análise multitemporal da expansão agrícola no município de Barreiras - Bahia (1988 - 2008). **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 7, n.14, p. 1-19, 2012.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley, 1986.
- GENETELLI, D. Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2004.
- GOUGH, M.C. & RUSHTON, S.P. The application of GIS-modeling to mustelid landscape ecology. **Mammal Review**, v.30, p.197-216. 2000.
- GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; ANDRADE, A. C.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; CARVALHO, A. P. F. Forest fragments distribution as related to geomorphological parameters. **RBC. Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, p. 373-384, 2010.
- HAINES-YOUNG R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. **Landscape Ecology and GIS**. Londres: Taylor & Francis, 1993.
- HESSEL, F.O.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; GUIMARÃES, R.F. Dinâmica e sucessão dos padrões da paisagem agrícola no município de Cocos (Bahia). **RA'E GA**, v. 26 p.128-156, 2012.
- HOBBS, R. Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian Wheatbelt. **Biological Conservation**, v. 64, n. 3, p. 193-201, 1993.
- HOBBS, R.J.; YATES, C.J. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalizing the indiosyncratic. **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 5, p. 471-488, 2003.
- IAPAR – INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná** – Classificação Climática: Segundo Köppen. Doc. 18. Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina. 1994. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acessado em: 05/11/2012
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010 – Sinopse do Censo 2010. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br. Acessado em: 04/04/2012.
- IGARASHI, T. ALOS mission requirement and sensor specifications. **Advances in Space Research**, v. 28, n. 1, p. 127-131, 2001.
- ITCG – INSTITUTO TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Mapa de Formações Fitogeográficas** – Estado do Paraná, 1:50.000, 2009. Disponível em: www.itcg.pr.gov.br. Acessado em 25/04/2012.
- ITCG – INSTITUTO TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Mapa de Solos** – Estado do Paraná, 1:50.000, 2008. Disponível em: www.itcg.pr.gov.br. Acessado em 25/04/2012.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.; SOUZA, L.M.I. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações e espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.

KOCAMAN, S.; GRUEN, A. Orientation and Self-calibration of ALOS PRISM Imagery. **The Photogrammetric Record**, v.23, n.123, p. 323-340, 2008.

LAURANCE, W.F.; YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, v. 55, n. 1, p. 77-92, 1990.

LOVEJOY T.E.; BIERREGAARD Jr., R.O.; RYLANDS, A. B.; MALCOM, J.R.; QUINTELA, C.E.; HARPER, L.H.; BROWN Jr., K.S.; POWELL, A. H.; POWELL, G.V.N.; SCHUBART, H.O.R.; HAYS, M.B. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: SOULÉ, M.E. (Ed.). **Conservation biology** : the science of scarcity and diversity., Suderland, MA: Sinaeur Associates. p. 257-285, 1986.

MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 1946-2001, p. 169-288, 2001.

MACHADO, R. B. Padrão de fragmentação da Mata Atlântica em três municípios da bacia do rio Doce (Minas Gerais) e suas consequências para avifauna. 1995. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Belo Horizonte, 1995.

MATTOS, J.C.F.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. Ecologia da paisagem voltada para o manejo de avifauna. **Espaço e Geografia**, v. 2, p. 89-114, 2003.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. **FRAGSTATS**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest, Research Station, 122 p., 1995.

MENKE, A.B.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, S.N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luis Eduardo Magalhães (Bahia – Brasil). **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 315-326, 2009.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 3, p.1 –19, 1999.

PARANÁ, GOVERNO ESTADUAL. **Mapeamento Geológico do Estado do Paraná** – Folha Foz do Iguaçu, 1:250.000. 2005. Disponível em: www.mineropar.pr.gov.br. Acessado em: 25/04/2012.

POLITANO W. **Manual do emprego de imagens aéreas na avaliação do terreno**. Jaboticabal: FUNEP. 1994, 33 p.

RIDD, M.K.; LIU, J. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. **Remote Sensing of Environment**, v. 63, p. 95–100, 1998.

SANTOS, T. TELLERÍA, J.L., CARBONELL, R. Bird conservation in fragmented Mediterranean forests of Spain: effects of geographical location, habitat and landscape degradation. **Biological Conservation**, v.105, p.113-125. 2000.

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.

Correspondência

Thiago Avelar Chaves

E-mail: thiagochvs@gmail.com

Recebido em 22 de setembro de 2014.

Aceito para publicação em 24 de abril de 2015.