

CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL REMANESCENTE E IMPLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DA BIOTA NA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE, GOIÁS, REGIÃO CENTRO-OESTE

Characterization of the Remaining Vegetation Cover and Implications for Biota Conservation in the João Leite River Basin, Goiás, Center-West Region

Edson Nishi¹
Francisco Leonardo Tejerina-Garro²
Tule César Barcelos Maia³

¹ Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO
Programa de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável
Campus II - Av. Engler s/n CEP 74605010 Goiânia, GO
edson@pucgoias.edu.br

² Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO
Centro de Biologia Aquática
Campus II - Av. Engler s/n CEP 74605010 Goiânia, GO
garro@pucgoias.edu.br

³ Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-GO
Departamento de Engenharia
Campus I – Av. Universitária 1440 – Setor Universitário
CEP 74605-010 Goiânia, GO
tule@brturbo.com.br

RESUMO

Este estudo tem por objetivo realizar uma caracterização da cobertura vegetal remanescente na bacia do ribeirão João Leite, Goiás considerando o tamanho e forma dos fragmentos, o nível de modificação da paisagem e a implicação destes no processo de conservação da biota local. A partir de imagens CBERS 2 foi calculado o tamanho, o Índice de Circularidade e o Índice Normalizado de Vegetação Remanescente (NRVI) dos fragmentos por cada seção considerada da bacia. Os resultados indicam que dos 77.198,16 ha da área da bacia do ribeirão João Leite, 70,25% está modificada pelos usos diversos com destaque para a atividade agropecuária e 29,75% é formado pela cobertura vegetal remanescente. Os índices de NRVI são negativos em todas as seções indicando uma paisagem modificada. A seção alta que corresponde à cabeceira da bacia apresentou-se mais fragmentada e com deficiência de cobertura vegetal remanescente que as outras seções, as quais apresentam um saldo positivo resultante principalmente da presença de áreas de conservação >1.000 ha. Na bacia há uma predominância de fragmentos com área ≤ 5 ha, sendo que entre estes os fragmentos ≤ 1 ha apresentam tendência ao formato circular, enquanto que os >1 ha apresentam formas alongadas, sendo que em ambos os casos estes formatos, quando combinados aos tamanhos observados, não se mostram favoráveis à conservação da flora e fauna local.

Palavras chaves: Cerrado, Tamanho de Fragmento, Formato de Fragmento.

ABSTRACT

The goal of this study was to carry out a survey of remaining vegetation cover in the João Leite River basin, Goiás State considering the size and the form of the fragments, the level of landscape transformation and its influence on local fauna and flora conservation. From CBERS 2 images, it was calculated the fragment size, the Circularity Index, and the Normalized Remaining Vegetation Index (NRVI) of fragments found in each basin section considered in this study. The

results point out that 70.25% of the 77,198.16 ha of the basin area are modified by the multiple land use, mainly agriculture, and 29.75% is formed by remaining vegetation. The NRVI indexes are negative in all section considered suggesting a modified landscape. The upper section that corresponds to the basin headwaters is more fragmented and with a deficit of remaining vegetation than the other considered sections that have a positive balance influenced mainly by the presence of conservation areas >1,000 ha. Fragments with area ≤ 5 ha are predominant in the basin and among them those ≤ 1 ha tend to be circular, whereas those >1 ha tend to be elongated. However, both formats when combined with observed sizes are not favorable for local conservation of fauna and flora.

Keywords: Neotropical Savanna, Fragment Size, Fragment Shape.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação espacial natural do bioma Cerrado no território brasileiro compreendia uma área de aproximadamente 2.10^6 km² (EITEN, 1972; KLINK & MACHADO, 2005). Entretanto, esta tem sofrido reduções não havendo unanimidade quanto ao tamanho da área remanescente: 60% (SANO *et al.*, 2002), 47% (EVA *et al.*, 2004), 60,5% (SANO *et al.*, 2008) e 45% (MACHADO *et al.*, 2009). Esta situação parece estar relacionada com a taxa de desmatamento, a qual tem oscilado entre 22.000 e 30.000 km² por ano entre 1998 e 2004, com a inclusão ou não, nos cálculos realizados, das áreas de transição existentes nas bordas do bioma, onde há misturas de elementos florísticos entre duas regiões adjacentes (MACHADO *et al.*, 2009), e com o aumento da precisão na obtenção das imagens por sensoriamento remoto e os utensílios necessários ao tratamento das imagens (NASCIMENTO *et al.*, 2006).

Este bioma é entendido como um sistema biogeográfico constituído por subsistemas integrados interatuantes (campestre, cerrado *stricto sensu*, cerradão, matas, mata ciliar ripária, veredas e ambientes alagadiços) caracterizados pela fisionomia e pela composição vegetal e animal, além de outros fatores (MALHEIROS, 2004). Estende-se por mais de 20° de latitude, com altitudes variando de quase zero a 1.800 m, ocupando diferentes bacias hidrográficas com um clima estacional e uma precipitação média anual de 1.500 mm, as quais apresentam variações intra-regionais (KLINK *et al.*, 2002). Os solos são antigos, profundos, bem drenados, ácidos e de baixa fertilidade, com níveis elevados de ferro e alumínio (RATTER *et al.*, 1997). A biodiversidade é estimada em 7.000 espécies de plantas, 2.566 de vertebrados terrestres e aquáticos e 90.000 espécies de insetos incluindo um elevado número de espécies endêmicas da fauna (57,9% de 1.366 espécies de vertebrados terrestres e aquáticos exceto peixes) e flora (44% de 7.000 espécies de plantas vasculares) (KLINK *et al.*, 2005). Esta biodiversidade está associada à diversidade de subsistemas que podem existir em uma mesma região favorecendo uma maior complexidade da estrutura do habitat (GUIMARÃES, 2006) que inclui a estratificação vertical arbórea de maneira semelhante ao ocorrido na Mata Atlântica e Amazônia (MACHADO *et al.*, 2009).

A expressiva percentagem de espécies endêmicas aliada à forte pressão antrópica decorrente principalmente da substituição da cobertura vegetal por

pastagens cultivadas (26,4% da área total do Cerrado), culturas agrícolas (10,5%), áreas urbanas (0,4%) e áreas de mineração (0,004%) (SANO *et al.*, 2008) permitiram a classificação deste bioma como um *hotspot* (MYERS *et al.*, 2000). Esta transformação da paisagem tem propiciado a perda e fragmentação do habitat natural, isto é, a área coberta por vegetação foi tanto reduzida e isolada como dividida em fragmentos pelas atividades antrópicas (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Esta situação influencia na dinâmica de extinções e colonizações dos organismos nos fragmentos por intermédio da área do fragmento, da qualidade do habitat e do isolamento funcional dos fragmentos (MOILANEN & HANSKI, 2001; HANSKI & OVASKAINEN, 2003).

Apesar da importância da área do fragmento remanescente para a biota, são escassos os estudos a este respeito em áreas do Cerrado.

Em se tratando de fragmentos de florestas tropicais Gascon *et al.* (2000) e Tabarelli & Gascon (2005) mencionam que as extinções de organismos devido à perda de habitat podem afetar a biodiversidade de maneira drástica em fragmentos <100 ha e inseridos numa matriz dominada por atividades antrópicas, enquanto que fragmentos >10.000 ha deveriam constituir Unidades de Conservação (UC).

No caso do estado de Goiás, 70% das 80 UCs de proteção integral e de uso sustentável possuem área <1.000 ha (GALINKIN, 2003), sendo que no caso das sustentáveis o uso do solo é múltiplo como observado na Área de Proteção Ambiental (APA) da bacia do ribeirão João Leite, Goiás.

Tanto as UCs como os fragmentos nelas presentes não apresentam um tamanho de área padronizado e nem um formato geométrico definido. Assim, fragmentos pequenos contêm baixa riqueza de espécies como resultados da interação entre a extinção local de espécies e o aumento na abundância de espécies sobreviventes (DEBINSKI & HOLT, 2000; TABARELLI *et al.*, 2004). Por outro lado, Falcy & Estades (2006) indicam que a forma arredondada de um fragmento pode ser mais eficiente no favorecimento do aumento populacional dos organismos.

Ainda, o tamanho e a forma do fragmento de vegetação remanescente estão relacionados com fenômenos biológicos que afetam a natalidade e mortalidade das plantas como, por exemplo, o efeito de borda (VIANA & PINHEIRO, 1998). Assim, quanto menor e mais alongado for o fragmento maior será o

efeito de borda, aumentando a vulnerabilidade dos fragmentos à invasão por parte de espécies exóticas e à diminuição da biodiversidade original localizada no centro do fragmento. Além disso, coloca as populações da flora e da fauna em contato com plantas e animais domésticos, o que aumenta a probabilidade de veicular doenças das espécies silvestres para as domésticas ou vice versa e até mesmo para as pessoas (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Assim, este estudo tem como objetivo caracterizar a vegetação remanescente na bacia do ribeirão João Leite, Goiás, região Centro-Oeste considerando o tamanho e formato dos fragmentos e o nível de modificação da paisagem e a implicação destes na conservação da biota local.

2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do ribeirão João Leite compreende parte dos municípios de Goiânia, Anápolis, Terezópolis, Goianópolis, Nerópolis, Ouro Verde, Campo Limpo e o distrito de Goialândia ocupando uma área de 72.128 ha (GOIÁS, 2003). Ela constitui uma das principais sub-bacias do rio Meia Ponte no alto do rio Paraná em Goiás (Figura 1).

A ocupação desta bacia está ligada a construção das cidades de Anápolis e Goiânia, sendo que com a chegada da estrada de ferro (1935 em Anápolis e 1950 em Goiânia) e posterior construção da cidade de Brasília, as cidades de Anápolis e Goiânia vieram constituir um dos pólos econômicos importantes na região Centro-Oeste. A expansão do uso do solo pela pecuária e agricultura, abertura de estradas e ferrovias (trecho da ferrovia Norte-Sul), divisão do território em pequenas e médias propriedades, localização entre duas cidades densamente povoadas do estado de Goiás (Goiânia 1.201 habitantes/km² e Anápolis 313,4 habitantes/km²; IBGE, 2006), e mais recentemente a construção de um reservatório para abastecimento de água da cidade de Goiânia e entorno, facilitaram a fragmentação da cobertura vegetal, de maneira que a biota nativa se encontra inserida numa matriz de agroecossistemas como ocorre em outras áreas do Cerrado (CAVALCANTI, 2000).

Esta bacia constitui uma Área de Proteção Ambiental (APA) estabelecida pelo Decreto Nº 5.704, de 27 de dezembro de 2002 e engloba uma unidade de conservação permanente o Parque Ecológico Altamiro de Moura Pacheco (PEAMP) de 4.123 ha (SEMARH, 2009), mas dividido em duas áreas por um trecho da BR-153/GO-060 (Figura 1).

Neste estudo a referida bacia foi delimitada em três seções (alta, média e baixa) em função da melhor simetria determinada pelas estradas localizadas no sentido leste-oeste.

Assim, a parte alta composta pelas nascentes principais em altitudes elevadas está localizada a montante da rodovia GO-222, que interliga as cidades de Anápolis e Nerópolis; a parte média formada por nascentes secundárias em altitudes médias está

compreendida entre a GO-222 e a GO-466, e a parte baixa com nascentes em altitudes baixas localiza-se a jusante da GO-466 até o encontro com o rio Meia Ponte (Figura 1).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Mapeamento das áreas de cobertura de vegetação nativa

Para o mapeamento das áreas de cobertura vegetal foi utilizado o programa ESRI, Arcview 8.3. As imagens utilizadas foram da câmara CCD de alta resolução espacial (20 metros), CBERS 2, órbita e setor 158/118 a 158/119 de 08/08/2006, obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2007). As imagens obtidas correspondem ao período da estiagem na região a fim de facilitar o tratamento das mesmas considerando a ausência de nuvens e o contraste na assinatura espectral típica entre áreas de mata, solo exposto e gramíneas (SANO *et al.*, 2007).

O processamento da imagem foi feito utilizando-se o programa ENVI 4.4 com o sistema de classificação supervisionada e o método de interpolação de *Mahalanobis Distance*. A segmentação da imagem gerou três classes representando área de urbanização, de solo exposto e de vegetação. As amostras foram de 151 pixels para tons de vegetação escolhidos em diferentes regiões, 50 pixels para área urbana em posições representativas e 206 pixels para diferentes solos expostos. As aferições das informações obtidas na classificação da imagem foram realizadas com uso do Sistema Global de Posicionamento (GPS), por intermédio de um receptor modelo Garmin - GPS12, que permitiram determinar as coordenadas das diferentes amostras para o processamento da classificação.

O processamento foi realizado através das Composições coloridas (RGB) bandas 3, 4 e 5 conforme descrito em NISHI *et al.* (2008), permitindo identificar oito grupos considerando o tamanho dos fragmentos de cobertura vegetal (F):

- a) $0,0 \geq F \leq 0,1$ ha;
- b) $0,1 > F \leq 1,0$ ha;
- c) $1,0 > F \leq 5,0$ ha;
- d) $5,0 > F \leq 10$ ha;
- e) $10 > F \leq 50$ ha;
- f) $50 > F \leq 100$ ha;
- g) $100 > F \leq 1.000$ ha;
- h) $F > 1.000$ ha.

3.2 Determinação da forma dos fragmentos vegetais nativos

A forma foi determinada por intermédio do Índice de Circularidade (IC) proposto por Miller (BIERREGARD Jr. *et al.*, 1974). Este índice foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IC = 12,57 * A / P^2 \quad (1)$$

Onde:

IC= Índice de Circularidade <1;

A= área do Fragmento;

P= Perímetro do Fragmento;

12,57= parâmetro de conversão área/perímetro.

A partir dos resultados encontrados, o fragmento foi classificado como perfeitamente circular (IC = 1) ou alongado (IC = 0) conforme demonstrado por Bierregard Jr. *et al.* (1974). Assim temos:

$$IC = A1/A2 = 1 = 12,57 * A1 / P1^2 \quad (2)$$

Onde:

A1= área do fragmento;

A2= área do círculo correspondente ao perímetro do fragmento;

P1= perímetro do fragmento = perímetro do círculo correspondente.

3.3 Indicador da modificação da paisagem

Este foi determinado utilizando-se o Índice Normalizado de Vegetação Remanescente (*Normalized Remaining Vegetation Index* - NRVI) que é um indicador do nível de modificação da paisagem por intermédio da relação entre uso da terra e as áreas remanescentes, neste caso de Cerrado, numa dada região (BONNET *et al.*, 2006). Ele maximiza o monitoramento da cobertura da terra com resoluções espaciais e temporais mais acuradas possíveis dentro das características do instrumento e das propriedades

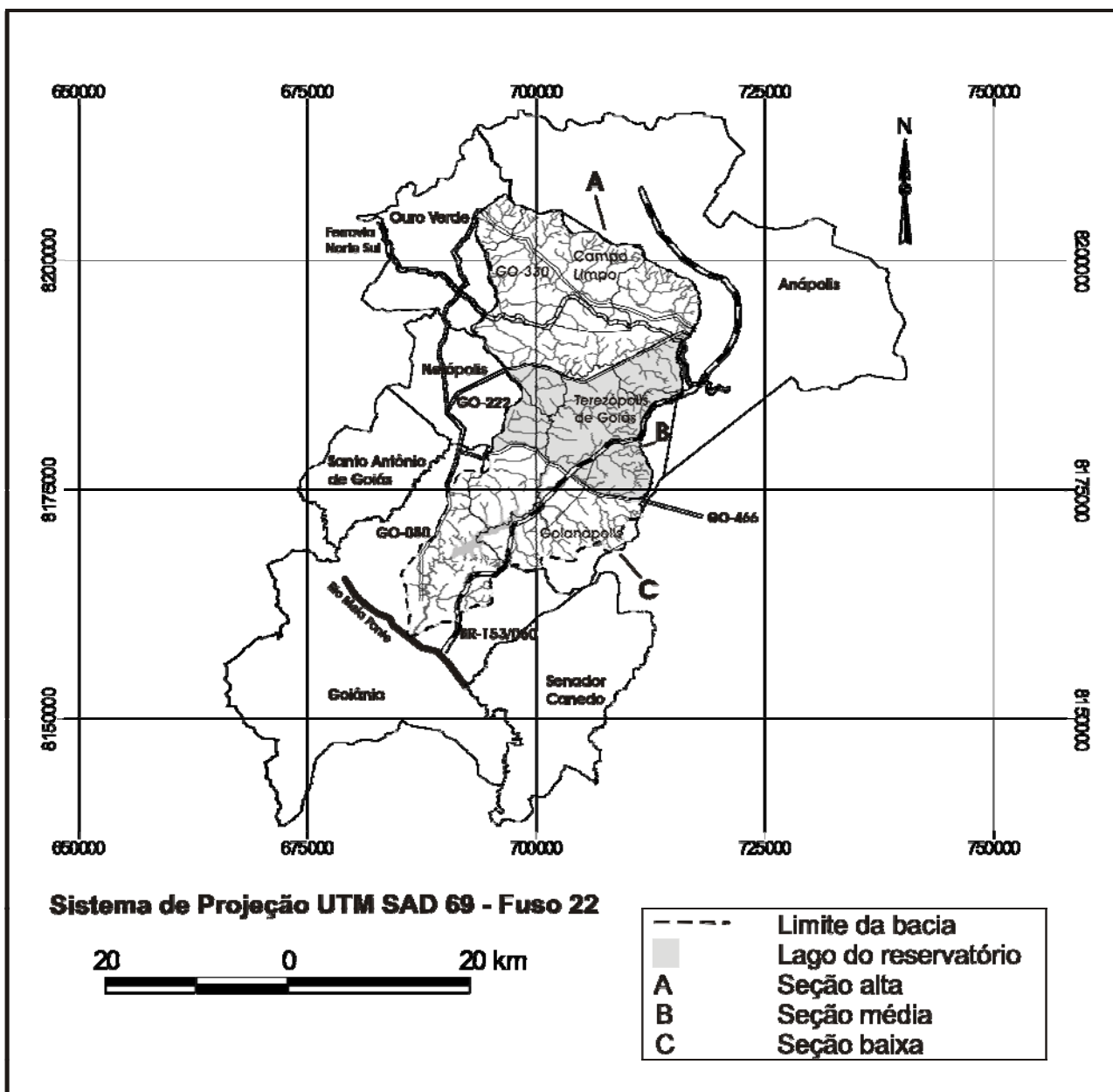


Fig. 1 – Municípios drenados pela bacia do ribeirão João Leite, Goiás, região Centro-Oeste.

físicas imageadas (OLIVEIRA Jr. & SHIMABUKURO, 2005), permitindo assim determinar o grau de antropização e planejar a conservação ou a recuperação de áreas prioritárias.

O NRVI é linearmente correlacionado e diretamente proporcional ao percentual de cobertura vegetal de uma determinada área, a qual pode variar entre -1 e 1 (NRVI = 1 indica 100% de vegetação remanescente; NRVI = -1 equivale a 100% de área antropizada), sendo calculado pela seguinte fórmula (3):

$$NRVI = \frac{\text{área remanescente} - \text{área antropizada}}{\text{área remanescente} + \text{área antropizada}}$$

Neste estudo foram associadas ao NRVI as segmentações das imagens CBERS 2, ou seja, a associação da classificação supervisionada dos fragmentos ao cálculo da área dos mesmos permitiu determinar a área antropizada (áreas de cultivo, pastagens, áreas urbanas e outras) de cada seção. Este procedimento é similar ao utilizado por Barlow *et al.* (2003) que associou a segmentação obtida de imagem do Landsat ao NRVI.

Adicionalmente foi estimada a Área de Preservação Permanente – APP, neste caso representado pela mata ripária, através de um buffer criado para cada uma das seções delimitadas neste estudo e que corresponde a 6% da área total de cada seção. Foi considerada apenas a mata ciliar com 30 metros de largura ao longo de cada margem desde que este valor corresponde às exigências do Código Florestal (BRASIL, 1965) para cursos de água cuja largura da calha é <10 m, como é o caso da maioria de

afluentes na bacia do ribeirão João Leite. Não foram levadas em conta as recomendações do referido Código referente a áreas com uma inclinação superior a 45°, encostas de montanhas, reservatórios ou áreas de cota acima de 1.800 metros.

Foi também estimada a área de reserva legal para cada seção considerando-se o valor de 20% de acordo com a legislação vigente para o bioma Cerrado (BRASIL, 1965). A soma da área da APP e da reserva legal por seção foi denominada área de preservação necessária. Todas as estimativas realizadas envolvendo a seção baixa foram realizadas considerando e não considerando a área do PEAMP a fim de verificar a contribuição desta última. Finalmente, foi estimado o NRVI mínimo para cada seção considerando a área remanescente (6% da APP mais os 20% de reserva legal) e a área da paisagem modificada (74%).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fragmentação da cobertura vegetal e estado de antropização

O processamento das imagens da bacia do ribeirão João Leite permitiu identificar 2.565 fragmentos distribuídos em oito grupos, sendo que dos 77.198,16 ha de superfície da bacia em estudo 29,75% correspondem à vegetação remanescente e 70,25% à cobertura vegetal modificada (Tabela 1; Figura 2).

Este estado de modificação da cobertura vegetal é também evidenciado pelo NRVI comparando o valor mínimo (-0,48) com os resultados negativos encontrados (Tabela 2).

TABELA 1 – DADOS DOS FRAGMENTOS POR GRUPO, SEÇÃO E BACIA.

Grupo	Seção									Bacia		
	Alta			Média			Baixa			n	Área	%
	n	Área	%	n	Área	%	n	Área	%			
0>F ≤0,1 ha	294	16,17	-	166	8,24	-	203	10,78	-	663	35,19	0,05
0,1>F ≤1 ha	466	196,65	-	230	83,00	-	394	133,46	-	1090	413,11	0,54
1>F ≤5 ha	227	553,00	-	79	166,49	-	147	348,00	-	453	1.067,49	1,38
5>F ≤10 ha	70	490,11	-	26	203,04	-	41	282,95	-	137	976,10	1,26
10>F ≤50 ha	90	1.931,89	-	32	667,52	-	40	882,96	-	162	3.482,37	4,51
50>F ≤100 ha	15	979,06	-	03	192,00	-	11	783,96	-	29	1.955,02	2,53
100>F ≤1000ha	16	3.345,03	-	06	2.133,76	-	05	1.066,32	-	27	6.545,11	8,48
F>1000 ha	-	-	-	01	3.072,05	-	03	5.423,10	-	04	8.495,15	11,00
Sub-Total	-	7.511,91	9,73	-	6.526,10	8,45	-	8.931,53	11,57	-	22.969,54	29,75
Área Antropizada Total	-	23.926,48	30,99	-	13.655,35	17,69	-	16.646,79	21,57	-	54.228,62	70,25
Total	1.178	31.438,39	-	543	20.181,45	-	844	25.578,32	-	2565	77.198,16	100

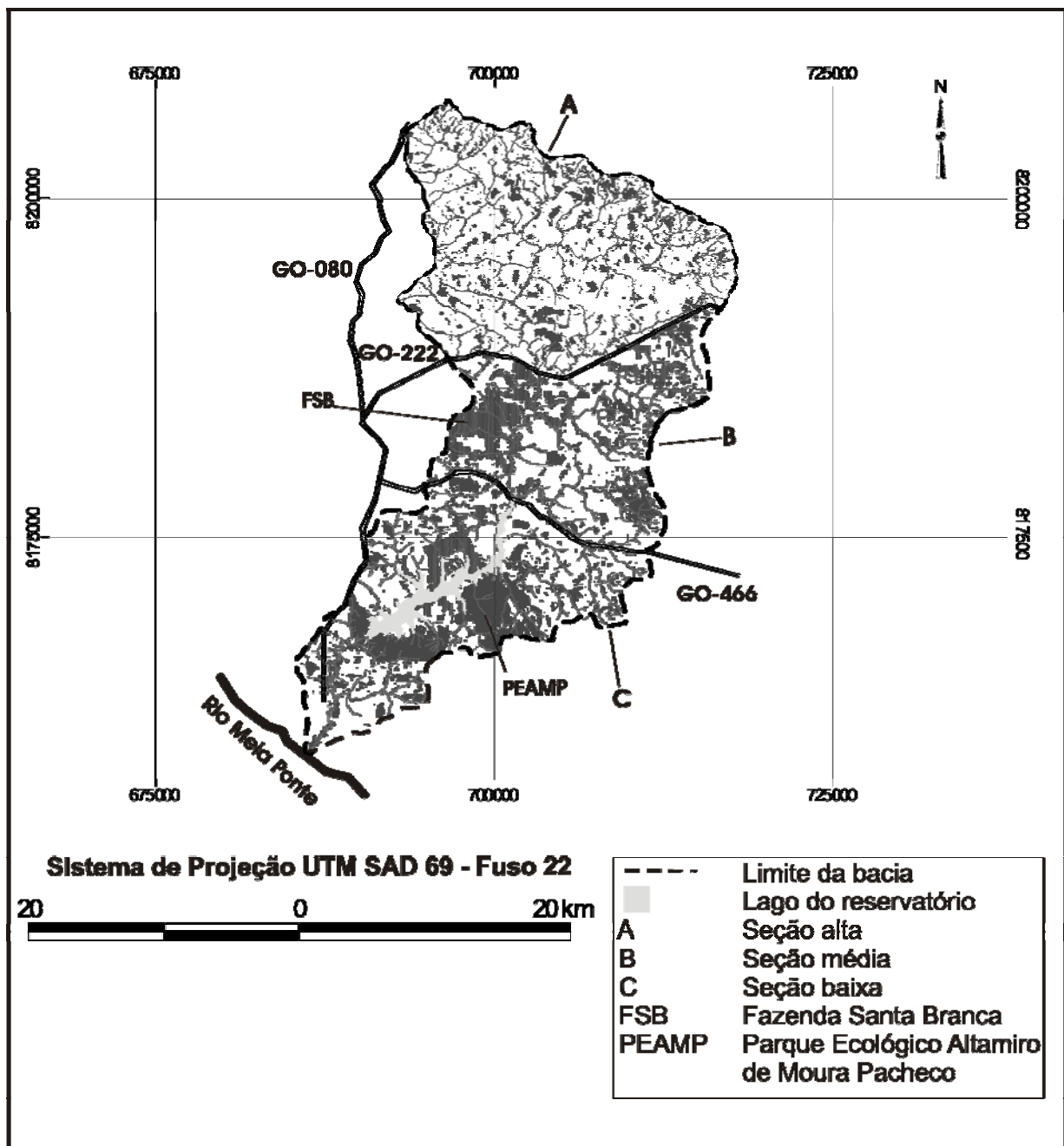


Fig. 2 – Fragmentos de vegetação remanescentes nas três seções da bacia do ribeirão João Leite consideradas neste estudo.

O valor da área da superfície da bacia encontrado difere deste da APA da bacia do ribeirão João Leite que é de 72.128 ha (GOIÁS, 2003) porque este último não inclui a área compreendida entre a barragem do reservatório de abastecimento de água e a confluência com o rio Meia Ponte. A elevada percentagem de área antropizada observada é resultante principalmente da atividade agropecuária, representada na bacia em estudo por propriedades com área <50 ha. A agropecuária é um dos principais fatores que influenciam na modificação da paisagem e conseqüentemente na fragmentação do habitat tanto no Cerrado (KLINK & MOREIRA, 2002; MORAIS, 2006; CUNHA *et al.*, 2007; SANO *et al.*, 2008), como em outros biomas tropicais (FEARNSIDE, 2005). Apesar

desto, o monitoramento sistemático do Cerrado é quase inexistente tanto por questões políticas como técnicas, com relação aos outros biomas, por exemplo, o amazônico que é acompanhado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e pelo Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM (SHIMABUKURO *et al.*, 2000). As questões políticas são decorrentes da Constituição promulgada em 1998 que não considerou como patrimônio ambiental este bioma a fim de não prejudicar a produção agropecuária, entre outros. As questões técnicas são devidas à existência de poucos centros de pesquisa na área de geo-processamento aliadas à pouca quantidade de profissionais que trabalham na área (FERREIRA *et al.*, 2007). Por outro lado, a diferença observada entre a área com cobertura

vegetal (29,75%) e a antropizada (70,25%) na área de estudo reflete a situação de modificação da cobertura vegetal do bioma Cerrado, a qual oscila entre 39,5% (SANO *et al.*, 2008) e 55% (MACHADO *et al.*, 2009) quando se considera a área de Cerrado como um todo ou de 35,57% quando considerado o tipo de atividade antrópica, isto é, culturas, pastagens, estradas e áreas urbanas (FERREIRA *et al.*, 2007). Para o estado de Goiás a modificação da cobertura vegetal é de 55% e compreende culturas agrícolas, pastagens, reflorestamentos e áreas urbanas (SANO *et al.*, 2008), sendo que o grau de modificação da paisagem indicada pelo NRVI para a bacia do ribeirão João Leite se enquadra nos resultados obtidos por Bonnet *et al.* (2006) na avaliação da modificação da paisagem por bacia hidrográfica no estado de Goiás. Entretanto, é necessário considerar nos resultados encontrados neste estudo, a dificuldade inerente à diferenciação de fitofisionomias de cerrado e culturas, principalmente no que se refere à forte mistura espectral presente entre diferentes tipos de culturas e as fitofisionomias campo limpo e campo sujo, assim como entre as pastagens naturais e exóticas (SANO *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2007). A seção alta apresenta o maior número de fragmentos (1.178) e de área antropizada (30,99%) na bacia em estudo que a seção média (543 fragmentos; 17,69%) e baixa (844; 21,57%) havendo predominância, nas três seções, de fragmentos ≤ 5 ha (Tabela 1; Figura 3). Fragmentos >1.000 ha são encontrados na seção média (Fazenda Santa Branca) e baixa (Unidade de Conservação do PEAMP; Tabela 1; Figura 3). Ainda, a seção alta apresenta um valor de NRVI (-0,522) maior que o NRVI mínimo (-0,480) e um saldo negativo em termos de áreas remanescentes (-628,82 ha) em relação aos valores determinados pela legislação.

Situação contrária é observada para as seções média e baixa, onde os valores do NRVI (-0,353 e -0,302, respectivamente) são menores que o NRVI mínimo, ou seja, o saldo de áreas remanescentes é positivo (1.284,12 e 2.288,89 ha, respectivamente) (Tabela 2).

Estes resultados indicam uma compartimentalização da cobertura vegetal em decorrência dos usos múltiplos do solo representados pelas áreas antropizadas, ambos influenciando os aspectos geológicos, hidrológicos e biológicos da bacia em estudo. Nascimento (1998) indica que na bacia em estudo os cultivos perenes e/ou temporários e os solos preparados para cultivo estão associados a uma expectativa de erosão e conseqüente perda de solo nas microbacias presentes, e que o crescimento da cidade de Anápolis localizada na seção alta, se não ordenado, pode resultar em poluição hídrica, produção de sedimentos e de assoreamento nas seções a jusante.

Por outro lado, áreas sem cobertura vegetal ou dominadas por pastagens favorecem o escoamento da água superficial (FEARNSIDE, 2005), diminuindo a recarga dos lençóis freáticos e assim a disponibilidade de água. Esta situação pode se tornar ainda mais crítica se o desmatamento envolve áreas de cabeceira, como é o caso neste estudo na seção alta, a qual apresenta um saldo negativo em termos de área remanescente, o que sugere uma necessidade de intervenção. Esta intervenção poderia ser realizada no escopo da Reserva Legal Extra-propriedade (BRASIL, 1965), mas aplicada preferencialmente na mesma bacia, neste caso esta do ribeirão João Leite; através da Transferência de Direitos de Desenvolvimento – TDR, a qual permite que seja regularizada a cobertura florestal legal requerida em propriedades rurais na forma preconizada por Bonnet *et al.* (2006), ou na forma da alternativa ao sistema de reserva legal proposto por Bonnet *et al.* (2008). Os esforços de conservação representados pela área da fazenda Santa Branca na seção média e o PEAMP na seção baixa se tornam evidentes desde que o saldo de área é positivo em ambas, sendo que a retirada da área do PEAMP na seção baixa ocasiona déficit de área (Tabela 2). Do ponto de vista biológico, o desmatamento é a principal causa da perda da biodiversidade (FEARNSIDE, 2005) desde que propicia a destruição e degradação do habitat (OLIVIERI & VITALIS, 2001).

TABELA 2 – VALORES CALCULADOS DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP), RESERVA LEGAL (RL), ÁREA TOTAL NECESSÁRIA (APP + RL), ÁREA DE FRAGMENTOS EXISTENTES (AFE), SALDO DE ÁREAS E NRVI POR SEÇÃO NA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE, GO. * VALORES CALCULADOS SEM CONSIDERAR A ÁREA DO PARQUE ECOLÓGICO ALTAMIRA DE MOURA PACHECO (PEAMP).

Seção	APP	RL	Área total necessária	AFE	Saldo	NRVI
Alta	1.855,05	6.285,68	8.140,73	7.511,91	-628,82	-0,522
Média	1.205,69	4.036,29	5.241,98	6.526,10	+1.284,12	-0,353
Baixa	1.526,97	5.115,66	6.642,64	8.931,53	+2.288,89	-0,302
*Baixa	751,42	4.291,08	5.042,50	4.808,5	-233,97	-0,551

Ainda, esta perda é potencializada em fragmentos <100 ha e que estejam imersos em matrizes dominadas por atividades antrópicas (GASCON *et al.*, 2000; TABARELLI & GASCON, 2005), como é o caso da maioria dos fragmentos observados na área de estudo. Entretanto, a predominância de fragmentos <1.000 ha não está presente apenas na área em estudo e sim no estado de Goiás (BONNET *et al.*, 2006).

Por outro lado, o tamanho do fragmento influencia na sobrevivência dos vegetais desde que fragmentos <5 ha tendem a sofrer influência do efeito de borda em decorrência do aumento nos níveis de luz,

temperatura, umidade e vento (BIERREGAARD Jr. *et al.*, 1974), sendo que este efeito é mais freqüente nos primeiros 35m mas podendo se estender até 500m em direção do interior do fragmento (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Ainda, fragmentos <5 ha dificilmente suportam populações de animais que precisam de territórios extensos, como por exemplo, de 2.520 a 6.370 ha para o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) (LION, 2007) ou de 907.400 ha para o puma (*Puma concolor*) (SILVEIRA, 1999).

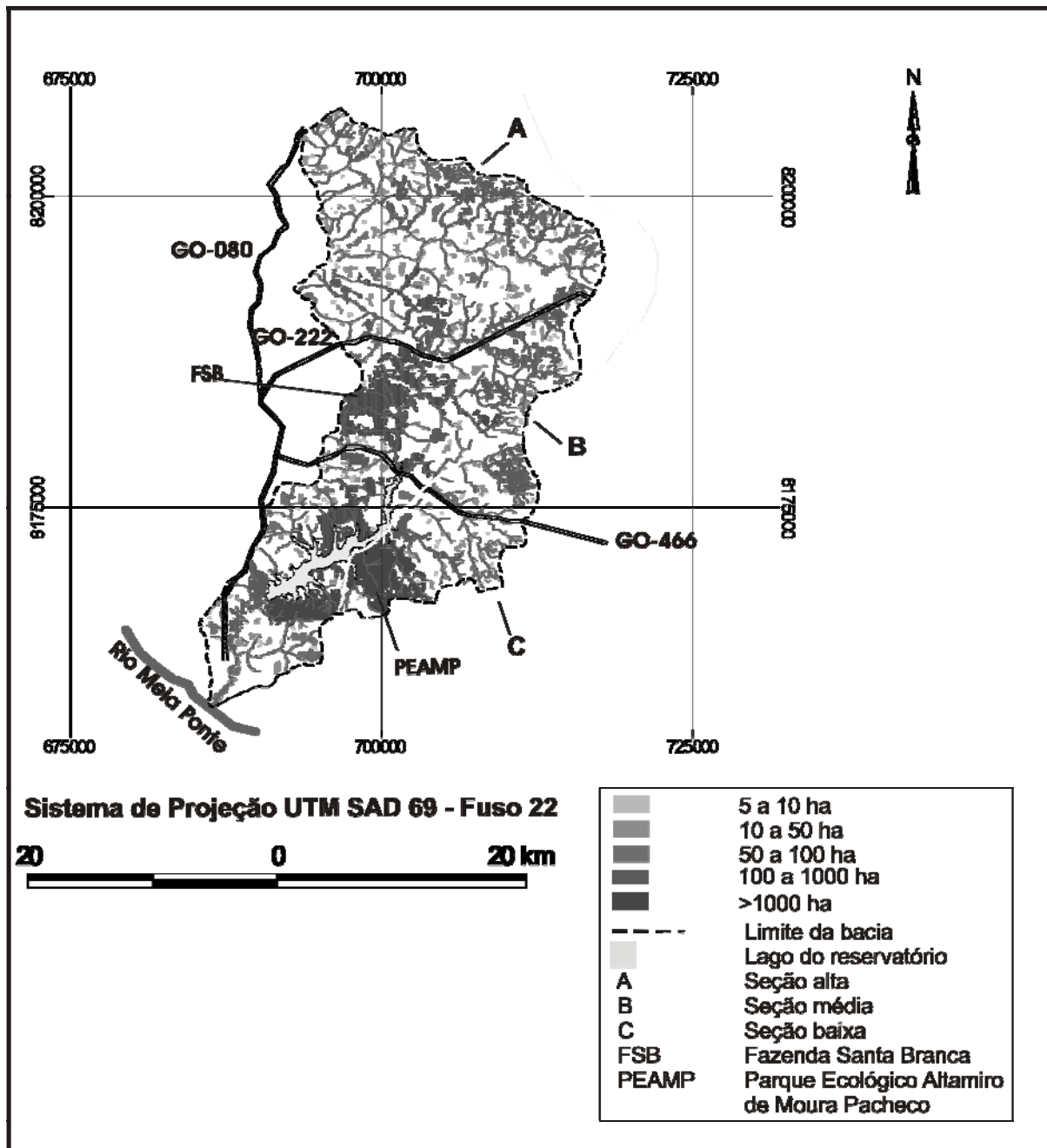


Fig. 3 – Fragmentos de vegetação >5 ha presentes na área da bacia do ribeirão João Leite.

Neste contexto, apenas os fragmentos >1.000 ha localizados na seção média e inferior do ribeirão João Leite poderiam albergar este tipo de espécies apesar de que Vidolin & Braga (2004) indicam que os carnívoros presentes em fragmentos ≤ 4.000 ha são ecologicamente extintos, ou seja, ocorrem na área, mas não desempenham sua função ecológica.

4.2 Forma dos fragmentos

O IC é uma ferramenta para o estudo da dinâmica e estrutura dos fragmentos florestais, desde que permite evidenciar o nível de proteção interior em relação aos efeitos de borda (NASCIMENTO *et al.*, 2006).

Neste estudo, a análise do IC dos fragmentos indica que nas três seções consideradas os fragmentos ≤ 1 ha apresentam um formato com tendência circular e que os fragmentos com área >1 ha tendem a ser alongados (Tabela 3). Entretanto, é necessário considerar nestes resultados o efeito de imageamento em relação aos fragmentos pequenos, isto é, o formato obtido dos mesmos não reflete fielmente a forma real devido à pequena quantidade de pixels que o representam.

TABELA 3 - VALORES DA MÉDIA ARITMÉTICA (M) E DESVIO PADRÃO (DP) DO ÍNDICE DE CIRCULARIDADE POR GRUPO DE FRAGMENTO E SEÇÃO.

Grupo (ha)	Seção					
	Alta		Média		Baixa	
	M	DP	M	DP	M	DP
0>F \leq 0,1	0,739	0,084	0,702	0,133	0,732	0,100
0,1>F \leq 1	0,509	0,120	0,499	0,124	0,504	0,140
1>F \leq 5	0,373	0,135	0,326	0,115	0,358	0,116
5>F \leq 10	0,287	0,155	0,272	0,144	0,284	0,139
10>F \leq 50	0,204	0,136	0,159	0,097	0,218	0,144
50>F \leq 100	0,097	0,090	0,036	0,005	0,131	0,133
100>F \leq 1000	0,032	0,026	0,075	0,139	0,057	0,058
F>1000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,029	0,023

Fragmentos vegetais com formato arredondado seriam menos influenciados pelo efeito de borda que estes alongados. Entretanto, o efeito de borda também está relacionado à área do fragmento conforme já discutido previamente. Assim e desconsiderando o efeito de imageamento observa-se que os fragmentos circulares encontrados em todas as seções da bacia do ribeirão João Leite teriam o formato adequado que diminuiria o efeito de borda, porém quando se considera o tamanho dos mesmos (≤ 1 ha) esta situação se inverte, ou seja, fragmentos deste tamanho têm uma grande influência de efeito de borda, diminuindo a possibilidade de constituir uma matriz original sem grandes alterações, uma vez que fragmentos com estas características são consideradas frágeis na capacidade de suporte e preservação da diversidade de espécies (SAUNDERS *et al.*, 1991).

Considerando a ausência de estudos sobre o formato dos fragmentos no Cerrado, alguns dados

mencionados por Collinge (1996) para florestas temperadas podem servir como referencial. Este autor indica que fragmentos florestais circulares que possuem 11 ha apresentam apenas um simples ponto com as mesmas condições de floresta interior, enquanto que num fragmento de 80 ha a condição passa para 25%, entretanto se o fragmento se encontra isolado este teria que ter 2.850 ha para ter 90% de condição de floresta interior.

Por outro lado, o formato alongado encontrado nos outros fragmentos neste estudo, inclusive em fragmentos >1.000 ha, sofre grande influência do efeito de borda (KAGEYAMA *et al.*, 1998). Entretanto, o efeito de borda poderia ser minimizado pela densificação dos fragmentos, possibilitando o aumento das populações animais presentes, ação esta que juntamente com a presença de corredores biológicos naturais mitigariam os efeitos potenciais da depressão por endogamia a longo prazo (FALCY & ESTADES, 2006).

5. CONCLUSÃO

Este estudo indicou que a área da bacia do ribeirão João Leite é de aproximadamente 77.198,16 ha, dos quais 70,25% estão antropizados por usos diversos com destaque à atividade agropecuária e 29,75% constituem a vegetação remanescente em formato de fragmentos, que incluem estes da fazenda Santa Branca na seção média e do Parque Ecológico Altamiro de Moura Pacheco na seção baixa, este último fragmentado em três partes pela passagem da BR-153/GO-060.

O estudo das seções mostrou que a área mais fragmentada e com deficiência de cobertura vegetal é a seção alta. Na bacia há uma predominância de fragmentos com área ≤ 5 ha, entre os quais estes com área ≤ 1 ha apresentam tendência ao formato circular talvez em parte pelo efeito de imageamento, enquanto que estes >1 ha ao formato alongado. Estes formatos aliados aos tamanhos observados não se mostram favoráveis à conservação da flora e fauna local.

Diante dos resultados obtidos é necessário considerar que em se tratando de fragmentos apenas a proteção contra as perturbações antrópicas não é suficiente tendo em vista que estes não são auto-sustentáveis, ou seja, dependem de um manejo ativo para conservar as populações de organismos presentes (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Assim, haveria necessidade de uma intervenção na área em estudo no sentido de aumentar a cobertura vegetal, seja revegetando os fragmentos presentes ou criando novas áreas de cobertura vegetal via plantio, principalmente na seção superior, tendo em vista a importância da cobertura vegetal original na manutenção do regime hidrológico de uma bacia (FEARNSIDE, 2005), considerando que a bacia em estudo alberga o reservatório de água que abastece a região metropolitana de Goiânia. Por outro lado, a revegetação das bordas dos fragmentos deveria

objetivar atingir a forma arredondada, visto que esta é mais eficiente em favorecer o aumento populacional dos organismos (FALCY & ESTADES, 2006).

Ainda, é necessária a realização de estudos que avaliem a biodiversidade faunística dos fragmentos maiores de >1.000 ha a fim de indicar os possíveis pontos de vulnerabilidade e práticas de manejo necessárias para viabilizar a sustentabilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental que constitui a bacia hidrográfica estudada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe do Laboratório de Topologia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás pela colaboração no tratamento das imagens, especialmente a Eliseu Fradique Marçal e a dois revisores anônimos pelas sugestões que enriqueceram este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARLOW, J.; MARTIN, Y.; FRANKLIN, S. E. Detecting translational landslide scars using segmentation of Landsat ETM+ and Dem data in Northern Cascade mountains. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 4, p. 510-517, 2003.
- BIERREGAARD, R. Jr. T. E.; LOVEJOY, V.; KAPO, A. A. S.; CRISTOFOLETTI, R. W. A. **Geomorfologia**. São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 1974. 149p.
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Uso de dados SRTM como suporte à implementação de um sistema de reserva legal extra-propriedade por bacia hidrográfica no Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 2, p. 129-137, 2006.
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Ampliação de ambientes ripários como alternativa às reservas legais: conciliando política florestal e conservação dos recursos hídricos no bioma Cerrado. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 97-115, 2008.
- BRASIL. Lei Nº4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 de setembro 1965. Código Florestal Brasileiro.
- CAVALCANTI, R. B. Modelagem e monitoramento de estrutura da avifauna em ambientes fragmentados: Exemplo do Cerrado. In: ALVES, M. A. S.; SILVA, J. M. C.; SLUYS, M. V.; BERGALHO, H. G.; ROCHA, C. F. D. (Org.). **A Ornitologia no Brasil: Pesquisa Atual e perspectivas**. Rio de Janeiro: UERJ, p. 17-24. 2000.
- COLLINGE, S. K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, p. 59-77, 1996.
- CUNHA, F. H.; FERREIRA, A. A.; BRANDÃO, D. Composição e fragmentação do Cerrado em Goiás usando Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 2, p. 139-152, 2007.
- DEBINSKI, D. M. & HOLT, R. D. Review: A Survey and Overview of Habitat Fragmentation Experiments. **Conservation Biology**, v. 14, n. 2, p. 342-355, 2000.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- EVA, H. D.; BELWARD, A. S.; DE MIRANDA, E. E.; DI BELLA, C. M.; GOND, V.; HUBER, O.; JONES, S.; SGRENZAROLI, M.; FRITZ, S. A land cover map of South America. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 731-744, 2004.
- FALCY, M. R.; ESTADES, C. F. Effectiveness of corridors relative to enlargement of habitat patches. **Conservation Biology**, v. 21, n. 5, p. 1341-1346, 2006.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.
- FERREIRA, E. D.; FERREIRA Jr., L. G.; FERREIRA, N. C.; ROCHA, G. F.; NEMAYER, M. Desmatamento no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS-MOD13Q1. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007. **Anais**. p. 3877-3883, 2007.
- GALINKIN, M. **GeoGoiás 2002**. Goiânia, Agência Ambiental de Goiás: Fundação CEBRAC: PNUMA: SEMARH, 2003.
- GASCON, C.; WILLIAMSON, G. B.; FONSECA, G. A. B. de. Receding Forest Edges and Vanishing Reserves. **Science**, v. 288, n. 5470, p. 1356-1358, 2000.
- GOIÁS. Decreto nº 5.845, de 10 de outubro de 2003. **Diário Oficial**, Goiânia, GO, 15 de outubro 2003. Dispõe sobre a localização, dimensão e limites da Área de Proteção Ambiental – APA João Leite.
- GUIMARÃES, L. D. & SANTOS, S. O. Composição faunística do cerrado, biogeografia e implicações para conservação. In: GUIMARÃES, L. D.; SILVA, M. A. D.; ANACLETO, T. C. (Orgs.). **Natureza viva: Cerrado**. Goiânia, Ed. UCG, p. 47-91, 2006.
- HANSKI, I.; OVASKAINEN, O. Metapopulation theory for fragmented landscapes. **Theoretical Population Biology**, v. 64, n. 1, p. 119-127, 2003.

- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas nacional do Brasil digital**. Rio de Janeiro, IBGE, 2006.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens CBERS**. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso: 15 de março de 2007.
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; SOUSA, L. M. I. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.
- KLINK, C. A. & MOREIRA, A. G. Past and current human occupation, and land use. In: P. S. Oliveira, R. J. Marquis (Eds.). **The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York, Columbia University Press, p. 69-88, 2002.
- KLINK, C. A.; MIRANDA, H. S.; GONZALES, M. I.; VICENTINI, K. R. F. O Bioma Cerrado - Site 3 In: **Os Sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração**. Porto Alegre, Fundação da Universidade do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 51-68, 2002.
- KLINK, C. A. & MACHADO, R. B. Conservation of cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- LION, M. B. **Diversidade genética do Lobo-Guará, *Chrysocyon brachyurus*, em áreas protegidas do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- MACHADO, R. B.; RAMOS, N. M. B.; PEREIRA, P. G. P.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. 2004. **Estimativas de perda da área do cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional, 2004. Disponível em <<http://conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf>>. Acesso: 16 junho 2010. 26 p.
- MALHEIROS, R. **A rodovia e os corredores da fauna do cerrado**. Goiânia, Editora da UCG, 2004.
- MOILANEN, A. & HANSKI, I. On the use of connectivity measures in spatial ecology. **Oikos**, v. 95, n. 1, p. 147-151, 2001.
- MORAIS, R. P. As transformações sócio-econômicas e ambientais no Cerrado. In: GUIMARÃES, L. D.; SILVA, M. A. D.; ANACLETO, T. C. (Org.). **Natureza Viva: Cerrado**. Goiânia, Ed. UCG, p. 115-132, 2006.
- MYERS, N. R. A.; MITTERMEIER, C. G.; MITTERMEIER, G. A. B.; FONSECA, E.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, M. A. L. S. **Bacia do Rio João Leite: Influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar**. Tese de Doutorado, Rio Claro (SP), Universidade Estadual Paulista, 1998. 176 p.
- NASCIMENTO, C. M.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite IKONOS II. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006.
- NISHI, E.; TEJERINA-GARRO, F. L.; MAIA, T. C. B. O. Uso de Imagens CBERS 2 na Determinação do Índice de Circularidade e Índice normalizado de Vegetação remanescente na Bacia do Ribeirão João Leite, Região Centro-Oeste. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 2008. **Anais**. p. 1-6, 2008
- OLIVEIRA Jr., H. J. & SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da cobertura da terra dos estados de Goiás e Tocantins utilizando imagens do sensor MODIS. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, São José dos Campos, SP. **Anais**. p. 1641-1648, 2005.
- OLIVIERI, I. & VITALIS, R. La biologie des extinctions. **Médecine/Sciences**, v. 17, n. 1, p. 63-69, 2001.
- PRIMACK, B. R. & RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, Ed. Planta, 2001.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230, 1997.
- SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas Tropicales** v. 22, n. 3, p. 2-15, 2002.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA Jr., L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 43, p. 153-156, 2008.
- SANO, E. E.; FERREIRA Jr., L.G.; ASNER, G.; STEINKE, E. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 11-12, p. 2739-2752, 2007.
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, L. R. Biological Consequences of ecosystem

fragmentation: A review. **Conservation Biology**, v. 5, n. 1, p. 18-32, 1991.

SEMARH, Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Relatório Final - Inventário Faunístico - Parque Altamiro de Moura Pacheco e Parque dos Ipês**. Disponível em <<http://www.semarh.goias.gov.br/PEAMP/>>. Acesso: 16 junho 2010.

SHIMABUKURO, Y. E.; KRUG, T.; SANTOS, J. R. dos; NOVO, E. M.; YI, J. L. R. Roraima: o incêndio visto do espaço. **Ciência Hoje**, v. 27, p. 157, 2000.

SILVEIRA, L.. **Ecologia e Conservação dos mamíferos carnívoros do Parque Nacional das Emas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 1999. 177 p.

TABARELLI, M. & GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.

TABARELLI, M; SILVA, J. M. C.; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1419-1425, 2004.

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.

VIDOLIN, G. P. & BRAGA F. G. Ocorrência e uso da área por carnívoros silvestres no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná. **Cad. biodivers.**, v. 4, n. 2, p. 29-36, 2004.