

Análise histórico-comparativa das variações no uso e cobertura do solo na bacia do rio Jamanxim devido à influência da rodovia BR-163, estado do Pará, Brasil.

Ramon Sanfins Freire¹
Maria Victória Ramos Ballester²

1 Universidade de São Paulo - USP/CENA
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Piracicaba - SP, Brasil
E-mail: rafreire@esalq.usp.br

2 Universidade de São Paulo - USP/CENA
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Piracicaba - SP, Brasil
E-mail: vicky@cena.usp.br

Abstract. Deforestation estimation for Brazilian Legal Amazon from 2003-2004 was 26.130km². This represents an increase of 6,23% compared to the last period, the second worst deforestation rate ever (INPE, 2004). This grave matter can be accelerated by the construction and paving of highways like BR163 in Pará. The average annual population growth rate in Jamanxim Basin, southwest of Pará, for 2000-2004 was 9.38%, the highest rate along the highway influence region (IBGE, 2004). For this reason, this was the study area of this project, analysing the changes in land use and land cover from 2000-2005 period in the basin through geoprocessing techniques with CBERS 2 (Chinese-Brazilian Earth Resource Satellite) and LANDSAT-7 scenes.

Palavras-chave: deforestation, land use and covering, Pará, BR-163, supervised classification, remote sensing, desmatamento, uso e cobertura do solo, Pará, BR-163, classificação supervisionada, sensoriamento remoto.

1. Introdução

Definida pela maior área florestal contínua do planeta, a região Amazônica envolve 8 países. No Brasil, encontra-se a maior parte deste imenso bioma, que corresponde a 5.033.072 Km² de extensão, dos quais 680 mil km² já foram desmatados, ou 18% do total da área de floresta (INPE, 2005). A estimativa de desmatamento na Amazônia Legal brasileira para o período 2003-2004 foi de 26.130 km², representando um crescimento de 6% em relação ao período anterior, e a segunda maior taxa da história até o presente (INPE, 2004).

Este aumento está associado a obras sem o planejamento correto implantadas pelo Estado no passado, dentre as quais podemos citar a rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém), que corta os estados de Mato Grosso e Pará. Como consequência, na área de influência da rodovia surgem vários problemas ambientais e sociais, decorrentes de uma ocupação desordenada do território, provocando a concentração da pecuária e o avanço da extração ilegal de madeira e soja. Estes problemas podem ser acelerados pelo asfaltamento da BR-163 no sudoeste do Pará, como proposto pelo governo. Nesta região, encontra-se a bacia do Rio Jamanxim, que apresentou uma taxa de crescimento populacional médio anual entre 2000-2004 de 9%, a maior taxa de toda a área de influência da rodovia (IBGE,2004) e objeto deste estudo. O objetivo deste trabalho foi analisar a forma de ocupação na citada região e seus efeitos na configuração da paisagem. Para tal, foram avaliadas as transformações na cobertura e uso do solo no período 2000-2005, através de técnicas de Geoprocessamento. Assim, foi avaliado o grau de alteração no uso e cobertura do solo provocado por fatores antrópicos, através do mapeamento da região em duas datas distintas. Puderam ser avaliadas então, as mudanças ocorridas na configuração da paisagem resultantes da ocupação humana com dados obtidos pelos satélites CBERS-2 (Chinese-Brazilian Earth Resource Satellite) e LANDSAT-7 sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) e o cálculo de métrica nas referidas datas.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na bacia do rio Jamanxim, estado do Pará (**Figura 1**), a qual apresenta cobertura vegetal secundária e atividades agrícolas ao longo da faixa de abrangência da BR-163. Nas demais áreas, floresta tropical pluvial ombrófila densa e ombrófila aberta predominam. Os solos são, em sua maioria, argissolos vermelhos, com áreas isoladas com neossolos litólicos e latossolos vermelho-amarelo (IBGE, 2001). O clima da região é tipicamente equatorial úmido, com médias térmicas anuais entre 24 e 26°C e com alto índice pluviométrico, que chega a alcançar 2.000 mm nas proximidades do rio Amazonas (IBGE; Governo do Estado do Pará, 2003).

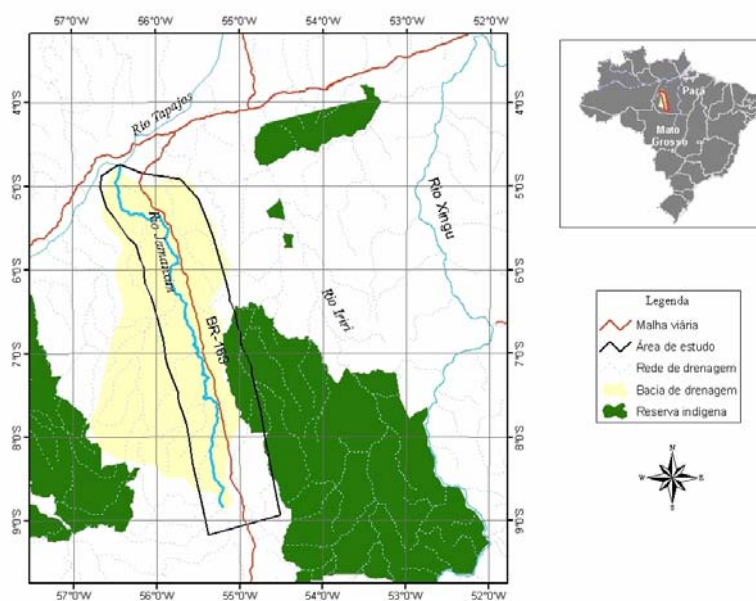


Figura 1 : Mapa da localização da área de estudo na bacia do rio Jamanxim, PA.

2.2 Descrição da metodologia

Para derivar os mapas do uso e cobertura do solo nos anos de 2000 e 2005 da área de estudo foram classificadas, digitalmente, imagens adquiridas pelos sensores a bordo dos satélites CBERS 2 (Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres) e LANDSAT 7.

As imagens adquiridas para esta análise corresponderam a dois momentos distintos, com um período de quatro anos de intervalo, para fins de comparação. Estas foram adquiridas gratuitamente, junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.cbbers.inpe.br>) e Global Land Cover Facility (<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>), respectivamente.

As imagens CBERS 2 abrangem o período de junho a setembro de 2005 e foram selecionadas de acordo com a menor cobertura de nuvens e fumaça. Já as cenas do LANDSAT cobrem o período de maio de 2000 a setembro de 2001 e foram escolhidas entre aquelas disponíveis no momento seguindo as mesmas regras.

Após a obtenção das cenas, foram criadas composições coloridas que compuseram os mosaicos da área total nas duas datas. Para tal foi utilizado o programa para o processamento ERDAS-IMAGINE 8.6 para computadores pessoais. Com os dados adquiridos através do sensor presente no satélite CBERS-2 foram criadas dez composições com as bandas 2, 4 e 3 enquanto que nas LANDSAT-7 sensor ETM+ foram sete as composições coloridas criadas, utilizando as bandas 5, 4 e 3. (**Figuras 2a e 2b**).

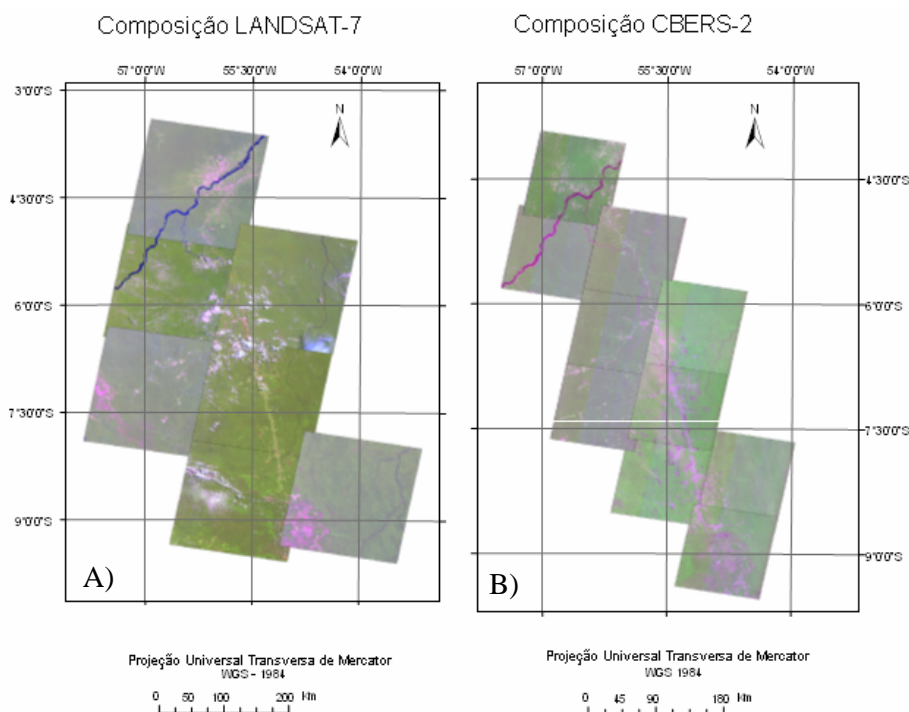


Figura 2: Composições coloridas: Satélite LANDSAT-7 (a) e Satélite CBERS-2 (b).

As imagens CBERS-2 precisaram ser georreferenciadas, pois todas elas apresentavam apenas um ponto de referência no centro da imagem, mas como as cenas apresentaram erros geométricos ao ser composto o mosaico de área total com as imagens temáticas, foi tomada como base o georreferenciamento presente nas cenas LANDSAT-7. A seguir foi iniciado o processo de classificação supervisionada por máxima verossimilhança. Primeiro, foi definida uma legenda composta pelas seguintes classes: floresta, não-floresta, nuvem, sombra de nuvem e rio. Para cada cena foram obtidas as assinaturas espectrais correspondentes a cada classe da legenda com no mínimo 500 células cada uma (Jensen, 1996). Com base nessas assinaturas foi efetuado então o processo de classificação digital.

Finalmente as imagens classificadas foram inspecionadas visualmente e comparadas com as composições coloridas. Os erros na classificação foram corrigidos através da recodificação manual.

2.3 Evolução espaço-temporal do desmatamento

Três tipos de análises foram realizadas para descrever a fragmentação e evolução espaço-temporal da paisagem, a área de ação da rodovia e o grau de fragmentação.

Para avaliar o efeito da rodovia BR-163 na fragmentação da paisagem foi definida uma área de influência de 50 km para cada lado da mesma dentro dos limites da bacia do rio Jamanxim, abrangendo uma área de 49.486 km². Para mensurar seu efeito no desmatamento,

inicialmente foram definidas três áreas de influência: 10, 20 e 30 km para cada lado da rodovia.

Já para avaliar a dinâmica do desmatamento associada à BR-163, as áreas cobertas por nuvens foram desconsideradas nas duas datas. Portanto, foi criada uma máscara contendo as nuvens e sombras de nuvens incluindo as duas datas, isolando estas regiões em ambas.

Estes mapas foram então analisados no ARC-GIS 9.0, para isolar as regiões desmatadas entre 2000 e 2005 e calcular as áreas das mesmas. Por fim, foi analisado o grau de fragmentação da paisagem através da análise de índices de métrica, que descrevem a composição e a configuração da paisagem (Turner et al, 1990). Os índices escolhidos por serem mais condizentes com este estudo foram: Número de fragmentos por classe, a Área do maior fragmento por classe (Índice de maior fragmento) e Tamanho médio dos fragmentos.

2.4 Cálculo da acurácia da classificação

Para determinar os valores de acurácia da classificação no ano de 2005 foram utilizados 110 pontos coletados em videografias adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.dpi.inpe.br/geoma/videografia) que realizou um sobrevôo no período de 28 de maio a 12 de junho de 2006. As fotografias se encontravam no formato JPG foram georreferenciadas em seu ponto central com base nos horários de aquisição e nos dados armazenados na trilha sonora (INPE, 2006). A resolução espacial destas permitem identificar claramente o tipo de cobertura/uso do solo associado a cada parcela imageada. Deste modo, foi possível utilizar as mesmas para obter a cobertura de referência. Os pontos assim coletados foram comparados com a imagem classificada, sendo calculados os erros de inclusão e omissão, e as acurácias do usuário e total.

Os resultados permitiram afirmar que a classificação pode ser aceita pois os valores de acuracidade total e do usuário apresentarem valores acima dos limites mínimos descritos na literatura para a aceitação da classificação (85%, Guptill & Morrison, 1995), atingindo 89,1% de exatidão global. Como a acurácia total superestima a verdade da classificação, também foi encontrado o Índice de Kappa que ficou em 0,701 (70%), que segundo a escala de Kappa pode ser considerada como “Qualidade Muito Boa”.

Já as imagens classificadas referentes ao ano 2000 não puderam ter os valores de acurácia encontrados, já que fica dificultada a obtenção de dados reais numa data já pertencente ao passado, uma vez que não foram encontrados dados referentes à data.

4. Resultados e discussão

As **Figuras 3a e 3b** apresentam os mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 2000 e 2005, respectivamente obtidos pela classificação das imagens de satélite obtidos na faixa a 50 km a cada lado da rodovia BR-163.

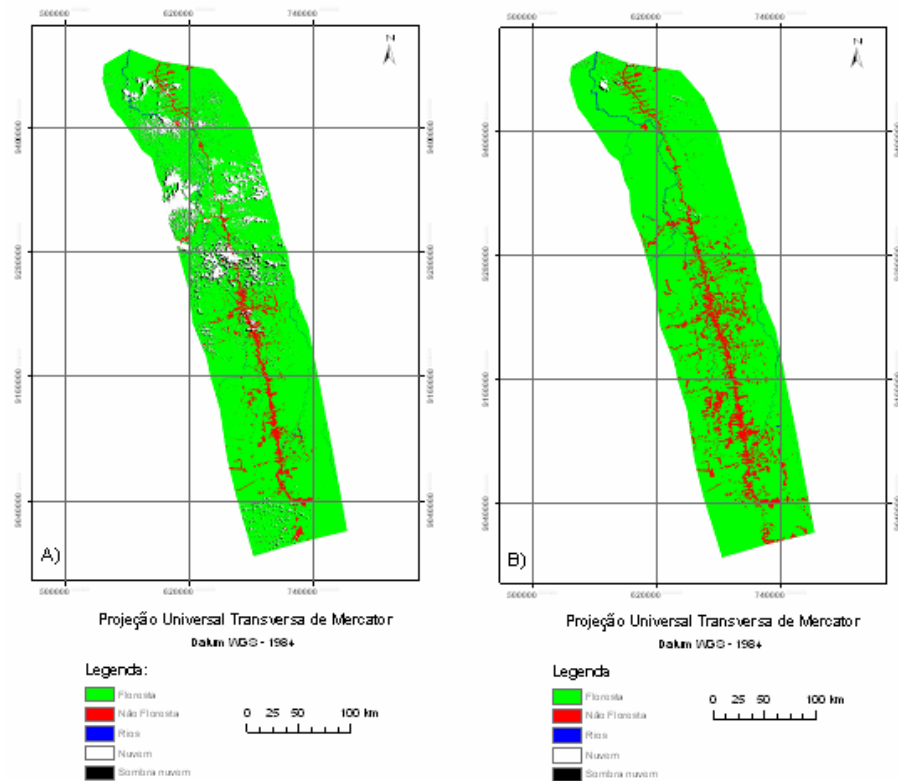


Figura 3: Mapas de uso e cobertura do solo obtidos pela classificação supervisionada das imagens: a) LANDSAT-7, ano 2000 e b) CBERS-2, ano 2005.

Observa-se que, na porção norte da área de estudo, a presença de nuvens e sombra de nuvens dificultou a análise em cerca de 13% da mesma (**Tabela 1**) em 2000. Em 2005, esta cobertura foi de apenas 0,4%. Portanto, em 2000 foi possível mapear o uso e a cobertura do solo de 77% da área de estudo. Deste total, 81% eram cobertos por floresta e 5,1% por não-floresta. Já em 2005, devido à menor cobertura de nuvens, 99,6% da área de estudo tiveram seu uso e cobertura do solo mapeados. A análise destes resultados indicam que até este ano 10,1% (4.987,6 km²) de floresta tinham sofrido algum tipo de conversão.

Tabela 1: Área e porcentagem ocupada por cada classe no ano de 2000 (Satélite LANDSAT-7 sensor ETM+) e 2005 (Satélite CBERS-2 câmara CCD).

Classes	2000		2005	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Floresta	40.307,3	81,4	44.009,8	88,9
Não-floresta	2.532	5,1	4.987,6	10,1
Rio	238,6	0,4	278,3	0,6
Nuvem	4.423,9	8,9	120,6	0,2
Sombra nuvem	2.034,4	4,1	90	0,2
Área total	49.536,4	100	49.486,3	100

Em termos de evolução temporal, a área desmatada na região de estudo praticamente dobrou em apenas quatro anos, passando de 2.532 km² para 4.988 km². Isto representa um incremento de 97% na área florestal alterada no período (ou 2.456 km²), com um incremento anual de 24%. Este valor é superior à taxa de desmatamento média anual no estado do Pará

para o mesmo período, a qual foi 6,2% (INPE, 2006). Em termos absolutos, a taxa anual de desmatamento foi de 614 km², valor quase igual à taxa média de desmatamento de todo o estado do Acre, a qual atingiu 669 km².ano⁻¹ no período.

A distribuição espacial das áreas desmatadas foi bastante heterogênea. O desmatamento foi mais intenso na porção centro-sul da área de estudo (**Figura 4**). Por outro lado, quando analisado o efeito da estrada através dos três tapões definidos observa-se que as áreas desmatadas em cada um deles (**Tabela 2**) ocorrem principalmente nas áreas mais próximas à rodovia, decrescendo na medida em que se afasta da mesma. Na área de influência de 10km de distância, a área desmatada representa 24,8% da cobertura enquanto que no tapão de 20km, essa porcentagem cai em 17,4% e no de 30Km, para em 14,1%.

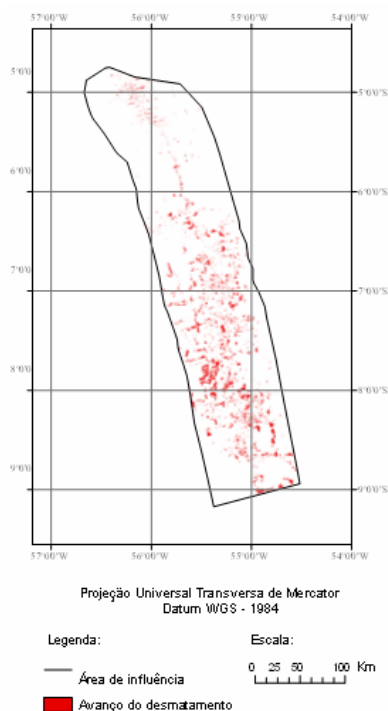


Figura 4: Mapa da localização da área desmatada no período 2000 a 2005 (descontada a cobertura de nuvens e sombras de nuvens das duas datas).

Tabela 2: Taxa de desmatamento e áreas totais dos três tapões analisados na rodovia.

Tapão	Área total	Desmatamento	
Km	Km ²	Km ²	%
(para cada lado da rodovia)			
10	10.377,68	2.577,1	24,8
20	20.502,04	3.572,9	17,4
30	30.548,00	4.303,2	14,1

De fato, a grande maioria do desflorestamento na Amazônia concentra-se nas margens das rodovias. Um estudo realizado por Alves (1999) abrangendo o período 1991-1996 demonstrou que cerca de 17% do desmatamento ocorreu dentro de 50 km do eixo Cuiabá-Porto Velho-Rio Branco, 33% dentro de 50km da malha viária ligando o Centro-Oeste ao Pará e ao Maranhão e 24% dentro de 50 km dos eixos ligando Cuiabá-Santarém e a

Transamazônica. Resultados semelhantes foram obtidos por Alencar *et al* (2000) e Ballester *et al* (2003).

A **Tabela 3** apresenta os valores das métricas da paisagem calculados para cada ano de estudo.

Tabela 3: Índices de métrica calculados no estudo:

Índice	Uso e cobertura	2000	2005
NF (Número de fragmentos por classe)	Floresta	25.534	25.176
	Não Floresta	15.287	30.415
	Rios	4.882	6.225
	Total*	120.365	65.386
IMF - Área do maior fragmento por classe (%)	Floresta	66.17	72.24
	Não Floresta	1.54	1.98
	Rios	0.03	0.39
TMF - Tamanho médio dos fragmentos (m ²)	Paisagem	415.296,16	762.102,21

* A diferença dos valores dos índices resulta da cobertura de nuvens e sombra que foram desconsiderados nesta análise.

O Número de fragmentos por classe apresentou valores discrepantes devido à maior cobertura de nuvens presentes nas imagens adquiridas pelo sensor ETM + (LANDSAT-7). Assim, o número de fragmentos da classe “Floresta” apresentou-se superior nas imagens que datam do ano 2000, 26.534, enquanto que em 2005, foram identificados 25.176 fragmentos.

A classe “Não-floresta apresentou um decréscimo no decorrer das datas, sendo superior em 2005 (30.415 fragmentos) em comparação com o ano 2000 (15.287 fragmentos). Nesse caso, a elevada diferença encontrada demonstra como o grau de fragmentação resultante do desmatamento aumentou ao longo de um curto período. Segundo Bender *et al.*, 1998, em situações nas quais a fragmentação gera um grande número de fragmentos a partir de um sistema contínuo, as espécies que ocupam o interior do fragmento deverão sofrer um declínio em suas populações, pois estarão atuando em conjunto os efeitos do tamanho do fragmento e da perda de hábitat.

Apesar do número de fragmentos ser muito superior em 2005, ainda deve-se considerar a interferência das nuvens nesses resultados, que fica evidenciada quando observado o total de fragmentos nas duas datas, 120.365 em 2000 e 65.386 em 2005.

Outro índice calculado foi a área do maior fragmento por classe que corresponde à porcentagem da área total que é ocupada pelo maior fragmento da classe. Os valores deste índice foram superiores nas três classes em 2005, sendo 72,2% para a classe Floresta, 1,98% para a classe Não-Floresta e 0,4% para a classe Rios. Em 2000, os respectivos IMF foram 66 %, 1,5% e 0,03%, respectivamente. Nota-se, com a análise dos dados anteriores que a área desmatada aumentou significativamente e, conseqüentemente, a área do maior fragmento florestal deveria apresentar uma diminuição em área, mas o fato não foi observado muito provavelmente devido à interferência da nebulosidade nas análises de configuração da paisagem.

Os valores do Tamanho médio dos fragmentos (TMF), que demonstram a área média dos fragmentos na paisagem, indicam um aumento do índice nas datas, passando de 415.296 m² para 762.102 m². O incremento nos valores do índice indicam um aumento no tamanho dos fragmentos de um período para o outro, que possibilitaria afirmar uma melhora relativa no tamanho dos fragmentos, facilitando a permanência de populações nativas na área (Metzger, 1999), não fosse a interferência mais uma vez das nuvens e sombras nos resultados.

Todas as análises mostram, quantitativamente, que a ocupação da área de influência da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém) na região sudoeste do estado do Pará é insustentável sob a ótica social, econômica e ambiental.

Sem levar todas as variáveis e prioridades da região em conta nesta obra, a região sofrerá um agravamento na degradação ambiental e nas condições sociais precárias caso a falta de planejamento permita a ocupação desordenada de toda a área de estudo, que mantida a taxa anual absoluta de 614 km² desmatados ao ano, terá toda a sua cobertura vegetal original perdida até 2078.

5. Referências Bibliográficas

Alencar, A. **Desmatamento na Amazônia - indo além da “emergência crônica”**; IPAM. Belém. 85p. 2004.

Alves, D.S. An analysis of the geographical patterns of deforestation in Brazilian Amazonia in the 1991-1996 period. In: **Land Use and Deforestation in the Amazon**. Edited by Charles H. Wood and Roberto Porro (Gainesville, University Press of Florida, in press) 1999.

Ballester, M.V.R.; Victoria, D. DE C.; Krusche, A.V.; Coburn, R.; Victoria, R.L.; Richey, J.E.; Logsdon, M.G.; Mayorga, E.; Matricardi, E. **A remote sensing/GIS-based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Paraná river basin (Western Amazônia)**. Remote Sensing of Environment 87, 429-445, 2003.

Bender, D.J.; Contreras, T.A.; Fahrig, L. **Habitat loss and population decline: a metaanalysis of patch size effect**. Ecology, v.79, n.2. 1998.

Governo do Pará. Municípios do Pará. Homepage: [^]<http://www.pa.gov.br>. Acessado em julho/2005.

Guptill, S.C and Morrison, J.L. 1995. **Elements of spatial data qualify**. Elsevier Sci., U.K.

Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE). **Perfil dos municípios brasileiros - Meio Ambiente 2002**. Brasil. Rio de Janeiro. 2005.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite. PROJETO **PRODES, 2004**; Catálogo de imagens do satellite CBERS 2. Homepage: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. São José dos Campos – SP. Acessado em julho/2005.

Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE). **Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em: [<]<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>[>]. Acessado em: 05/10/2006.

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). **Os caminhos da Cuiabá-Santarém: oportunidade para o desenvolvimento regional sustentável**. Brasil, 2004. Homepage: [^]<http://www.ipam.org.br>. Acessado em julho/2005.

Jensen, J. R.. **Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective**, 2nd Edition. NJ: Prentice-Hall. 1996.

Metzger J. P. **Estrutura da paisagem e fragmentação: Análise bibliográfica**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 1999, vol. 71 (1), n^o3, pp. 445-463

Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia (GEOMA)/ Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Relatório do sobrevôo para coleta de dados na Amazônia**. Maio/Junho de 2006.

Turner, B. L. II, W. C. Clark, R. W. Kates, J. F. Richards, J. T. Mathews, and W. B. Meyer. **The Earth as transformed by human action**. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1990.