



ARTIGO ORIGINAL

Bruno Wendell Pereira^{1*}
Stephan Almeida Jesuim¹
Maria Nazaré Maciel¹
Francisco de Assis Oliveira¹
Luciana Gonçalves Cardoso Creão¹

¹Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Av. Tancredo Neves, s/n, Terra Firme,
66077-530, Belém, PA, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: brunowendell@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Ecologia de paisagem
Fragmentação da vegetação
Unidade de gerenciamento

KEYWORDS

Landscape ecology
Vegetation fragmentation
Management unit

Fragmentação da vegetação arbórea na bacia hidrográfica do Rio Apeú, Nordeste do Estado do Pará

Fragmentation of trees species populations in the Apeu river basin in northeastern Para State

RESUMO: As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a caracterização ambiental e o estudo de ecologia de paisagem na bacia hidrográfica do Rio Apeú foram usados com a perspectiva de produzir subsídios para a implementação de políticas públicas voltadas ao planejamento ambiental, que atenda à conservação da biodiversidade. Utilizaram-se imagens digitais TM/Landsat 5 do ano de 2008, por meio das quais inicialmente gerou-se o mapa de cobertura vegetal e uso da terra e, posteriormente, efetuou-se a análise da fragmentação da vegetação arbórea mediante métricas de paisagem. A paisagem da bacia do Rio Apeú é fortemente marcada pela atividade pecuária e os ecossistemas naturais abrangem 34,4% da área da bacia. Essa vegetação encontra-se bastante fragmentada e a maior parte dela está localizada junto aos recursos hídricos. Na paisagem da bacia hidrográfica do Rio Apeú, 70% da vegetação natural é constituída de ambiente de borda, o que compromete a sustentabilidade do ecossistema. Dessa forma, a elaboração de planos de manejo ecológicos eficientes constitui uma das formas de contribuição para a conservação dos fragmentos remanescentes e a recuperação das áreas degradadas da região.

ABSTRACT: *The techniques of remote sensing and GIS in environmental characterization and the study of landscape ecology in the Apeu river basin were used with the intention to generate subsidies for the implementation of public policies directed to environmental planning with biodiversity conservation. In 2008, a map of land cover and land use was generated through TM/Landsat 5 digital images; subsequently, the analysis of the fragmentation of trees species populations was performed by landscape metrics. The landscape of the Apeu river basin is strongly marked by cattle ranching and the natural vegetation covers 34.4% of the basin area. This vegetation is highly fragmented and most of it is located next to water resources. In the landscape of the Apeu river basin, 70% of the natural vegetation consists of edge environment, which risks the sustainability of the ecosystem. Thus, the development of efficient ecological management plans is a way of contributing to the conservation and recovery of the remaining fragments of degraded areas in the region.*

1 Introdução

A primeira etapa no processo de planejamento ambiental consiste no conhecimento do ambiente. Esta fase é conhecida como caracterização e análise ambiental, e exige tempo e recursos para conhecer as características dos diversos compartimentos ambientais na área de estudo e classificá-los conforme sua capacidade para absorver os diferentes usos antrópicos, considerando os riscos que cada atividade pode oferecer (PIRES, 1995).

Para que essa etapa seja cumprida de forma eficaz, é de fundamental importância a delimitação de uma área de trabalho adequada. Deste modo, é imperativa a eficiência do uso da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento, considerando-se que “[...] não há qualquer área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica” (SANTOS, 2004).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento possibilita avaliar o seu potencial de desenvolvimento e a sua produtividade biológica, apontando para as melhores formas de aproveitamento dos mesmos, com o mínimo impacto ambiental (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002). Assim, torna-se possível propor uma área de estudo e gerenciamento que englobe uma visão mais ecossistêmica, abrangendo diversos tipos de relações entre os componentes estruturais da mesma.

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento são ferramentas muito empregadas no planejamento de bacias hidrográficas, pois auxiliam tanto na busca de conhecimento sobre padrões e processos ecológicos quanto no apoio a ações de manejo e gestão. Estas ferramentas trouxeram muitos benefícios à gestão e ao manejo de bacias hidrográficas, como: capacidade de armazenar, manipular e visualizar uma grande quantidade de dados em um contexto espacializado; integração com modelos ecossistêmicos ou hidrológicos; geração de dados derivados para outras análises, além de apresentarem formas de consulta e visualização de resultados que facilitam a comunicação entre profissionais de diversas formações (BECKER, 2002).

Com a contribuição do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, torna-se possível vincular os conceitos ecológicos de bacias hidrográficas aos conceitos da Ecologia da Paisagem. A manutenção, em longo prazo, da integridade ecológica de sistemas naturais em uma paisagem requer áreas naturais em tamanho e em condições suficientes. Uma paisagem muito alterada não mantém uma estrutura ambientalmente saudável e que permita sustentar as atividades humanas (ARAÚJO; BERNADINO; MAGALHÃES, 2008).

Assim, para o gerenciamento ecologicamente adequado dos recursos disponíveis em uma região, tornam-se essenciais a identificação e a compreensão de como as estruturas ambientais estão dispostas e interagem na paisagem para a manutenção da integridade regional.

O objetivo foi realizar, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, o estudo de ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do Rio Apeú, baseado na análise da estrutura dos fragmentos de vegetação arbórea.

2 Material e Métodos

A bacia hidrográfica do Rio Apeú ocupa uma área de aproximadamente 315,05 km² (SANTOS, 2006; JESUS, 2009)

e está localizada no Nordeste do Estado do Pará, mesorregião metropolitana de Belém (IBGE, 2009). A bacia se estende entre as coordenadas 1° 13' 10" S e 1° 27' 37" S de latitude e 48° 4' 42" W e 47° 53' 30" W de longitude (Figura 1), sendo que 70% da área pertence ao município de Castanhal, 20% ao município de Inhangapi e 10% ao município de Santa Izabel do Pará.

O clima é Af da classificação de Köppen. A temperatura média anual varia de 23 a 32 °C e a umidade relativa média anual, de 80% a 85%. O índice pluviométrico médio está entre 2.500 e 3.000 mm, com maior concentração no período de janeiro a abril (SUDAM, 1984).

A geomorfologia caracteriza-se pela presença de colinas de topos aplainados e moderadamente dissecados, compondo um dos setores do planalto rebaixado amazônico e da planície sedimentar do Pleistoceno e Holoceno (BRASIL, 1999). Os solos são do tipo Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Espodossolo Ferrocárbico, Gleissolo Háptico, Latossolo Amarelo e Neossolo Flúvico. O relevo é predominantemente plano, com declividade média em torno de 2,48%.

A vegetação, caracterizada como tipo floresta ombrófila densa (VELOSO; GOES FILHO, 1982) ou floresta densa de terra-firme, tem, como parte da sua estrutura, palmáceas e árvores consideradas de grande porte, com mais de 50 m de altura, sobressaindo ao estrato arbóreo de 20 a 60 m (SANTOS, 2006). No local, ocorre ainda vegetação com significativos distúrbios ambientais oriundos de várias décadas de ação humana. Esta vegetação, conhecida popularmente como capoeira, tem como uma de suas características apresentar um baixo número de espécies de valor econômico (VALENTE et al., 2001).

O tratamento e a análise do conjunto de dados e informações georreferenciadas das áreas de estudo foram conduzidas nos programas Envi 4.2 e ArcGis 9.3. Visando ao levantamento da cobertura vegetal e do uso da terra da área de estudo, foram selecionadas imagens digitais TM/Landsat, órbita/ ponto 223/061, bandas TM 3, 4 e 5 do ano de 2009.

Como base cartográfica, foi utilizada a base planialtimétrica compilada a partir do uso de dados digitais disponibilizados pelo IBGE, na escala de 1:100.000, DATUM South American 69 e sistema de projeção UTM, contendo, entre outros elementos, a rede de drenagem e a malha viária existente para a área de estudo.

O limite da bacia de estudo foi baseado em dados georreferenciados do relevo das áreas em questão, derivados de produtos *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, com resolução espacial de 30 m. Para tanto, utilizou-se a ferramenta *Hidrology*, que funciona acoplada ao programa ArcGis 9.3. O limite da bacia foi, portanto, definido pelos divisores topográficos que circunscrevem a área que drena para este ponto específico.

De posse da imagem georreferenciada pelo software ENVI, por meio de 24 pontos de controle e erro médio final (RMS) inferior a 0,08 km, este produto foi submetido ao processo de classificação. Este foi conduzido a partir do algoritmo de máxima verossimilhança que, por ser ligado ao método supervisionado, necessita de um conhecimento prévio das feições ocorrentes na área de estudo. Tal análise teve apoio do trabalho de campo, permitindo, assim, correlacionar as feições

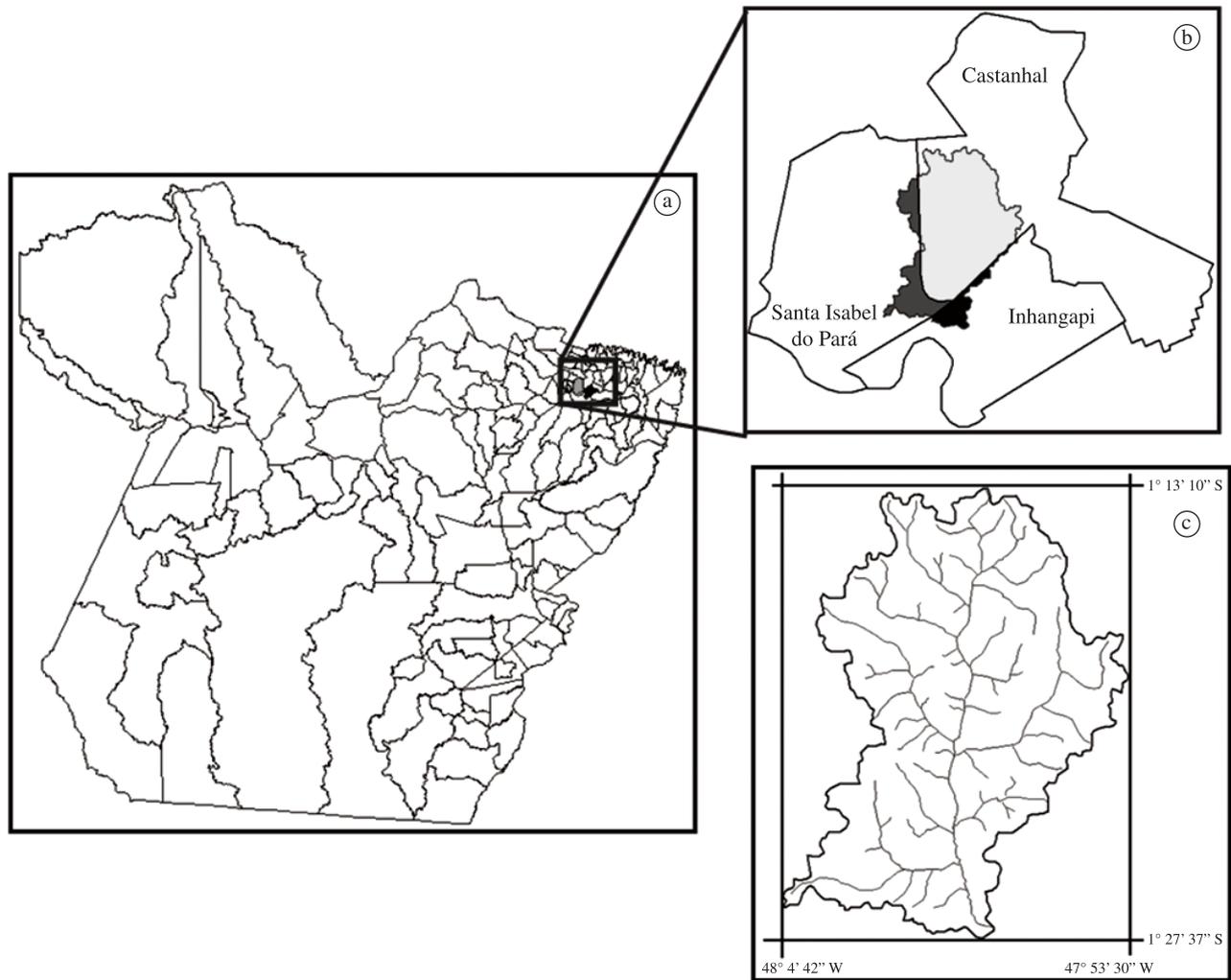


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Apeú. a) Estado do Pará; b) municípios de Castanhal, Santa Isabel do Pará e Inhangapi; c) Limites da bacia hidrográfica do Rio Apeú.

espectrais presentes nas imagens com padrões de cobertura vegetal e uso da terra observados em campo.

Após a coleta de amostras das classes de interesse, foi efetuada uma análise do desempenho das mesmas, sendo, a seguir, gerada a classificação visando a obter o maior índice Kappa. A partir do mapeamento para as geoclasses, foram realizadas edições temáticas de modo a refinar as informações presentes na imagem.

As análises relacionadas à configuração da paisagem e dos fragmentos de vegetação natural foram realizadas por meio do software Arcview, módulo *Patch Analysis*. Esse software calcula diversas métricas, em três níveis: mancha (patch), classe (class) e paisagem (landscape). Em qualquer um desses níveis, essas métricas quantificam a composição e/ou a configuração da paisagem, que afetam de forma significativa os processos ecológicos, tanto independente quanto simultaneamente.

As métricas de composição podem ser mais facilmente quantificadas e se referem às características associadas com a variedade e a abundância dos tipos de manchas na paisagem, sem considerar as características espaciais, como a sua localização na paisagem.

Por outro lado, a configuração espacial é mais difícil de ser quantificada e se refere às características espaciais, de arranjo, posição e orientação das manchas na classe ou na paisagem (McGARIGAL et al., 2002).

As métricas geradas pela ferramenta *Patch Analysis* foram as seguintes: número de fragmentos; área total ocupada pelos fragmentos; tamanho médio dos fragmentos; total de bordas dos fragmentos; tamanho médio das bordas dos fragmentos; dimensão fractal média dos fragmentos; área de interior dos fragmentos (core); número de áreas de interior (n° core), e tamanho médio das áreas de interior.

3 Resultados e Discussão

Foram identificados seis tipos de uso e ocupação da terra para a bacia hidrográfica do Rio Apeú: agrossilvicultura; solo exposto; água; pastagem; área de mineração, e vegetação arbórea (Figura 2). O uso predominante da terra é com pastagem, seguida de vegetação natural (Tabela 1). Estudos realizados em várias regiões do Estado do Pará

constataram que a maior ocupação das terras é com pastagens (McCRACKEN et al., 1999; MERTENS et al., 2002; WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009). Na Amazônia, estima-se que pelo menos 80% das áreas desflorestadas estão ocupadas com

pastagens cultivadas ou constituem vegetação secundária oriunda de áreas de pastagens degradadas e/ou abandonadas, principalmente sob tutela de grandes proprietários de terra (FEARNSIDE, 2001).

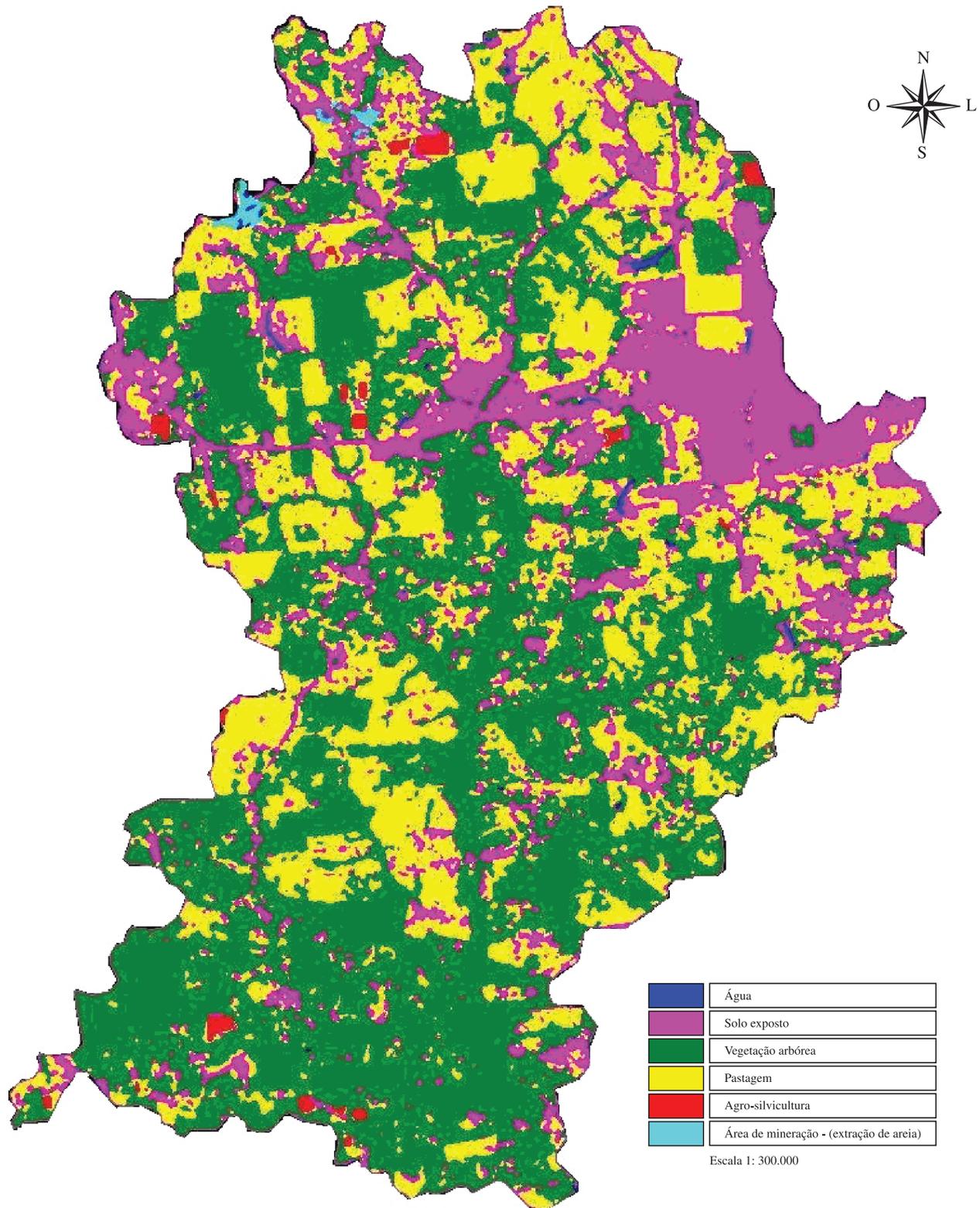


Figura 2. Representação do uso e da ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Apeú no ano de 2009.

A área de solo exposto representa 27,28% da área. Vale ressaltar que, nesta classe, foram consideradas as regiões urbanas, bem como áreas desmatadas por implantação de atividades agropecuárias ou exploração florestal.

Ocupando áreas pouco expressivas, estão as classes agrossilvicultura e área de mineração, que representam somente 0,7% e 0,24% do total da área, respectivamente.

Os resultados calculados a partir do módulo *Patch Analysty* dentro do software ArcGis (Tabela 2) mostraram que, do universo da bacia hidrográfica do Rio Apeú, 10.811,45 ha constituem a vegetação arbórea, compreendendo assim um percentual de 34,45%.

A paisagem da bacia hidrográfica do Rio Apeú é bastante fragmentada, formada por 507 fragmentos de vegetação natural (Figura 3). As bordas dos fragmentos compreendem 1.281.999,00 m e a dimensão fractal média encontrada para os fragmentos foi 1,36, demonstrando, assim, que, em geral, os fragmentos apresentam-se com pouca complexidade de suas bordas, tendendo a formas regulares, o que evidencia a forte presença humana na paisagem da bacia. A forma dos fragmentos florestais é um importante parâmetro a ser considerado, pois está diretamente relacionado ao efeito de borda, determinando o grau com que esse efeito age sobre o fragmento e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre a sua biodiversidade (PIRES, 1995).

A área de interior é de 3.289,77 ha, o que mostra que 70% da área dos fragmentos de vegetação natural que compõe a bacia hidrográfica do Rio Apeú é constituída por ambiente de borda, o que evidencia a presença de fragmentos pequenos e/ou alongados; essa característica acaba por tornar a paisagem da bacia prejudicada quanto à qualidade do habitat, que fica mais exposto aos efeitos de borda.

A maior parte dos fragmentos está localizada junto aos recursos hídricos e, por isso, esses fragmentos apresentam formas mais alongadas, formando corredores, em vez de fragmentos com formatos mais simples, caracterizando uma vegetação ribeirinha, também denominada de mata ciliar.

De acordo com Viana e Pinheiro (1998), a distribuição das classes de tamanho dos fragmentos de vegetação natural na

paisagem é um elemento importante para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade. Assim, os 507 fragmentos de vegetação natural que compõem a bacia do Rio Apeú foram dispostos por classes de tamanhos a fim de atender à grande diversidade de tamanhos encontrados na paisagem (Tabela 3).

Fragmentos menores que 50 hectares: Para esta classe de fragmentos, obtiveram-se 490 fragmentos, ou seja, 97% dos fragmentos que constituem a bacia apresentam área menor que 50 ha. A média de tamanho destes fragmentos é 2,72 ha, tamanho de borda de 371.435,55 m, média de bordas de 758,03 m, dimensão fractal média de 1,36 e área interior de 46,67 ha, conforme se verifica na Tabela 3.

Valores semelhantes aos encontrados neste trabalho foram observados por Watrin, Gerhard e Maciel (2009) que, estudando a configuração da paisagem em duas microbacias bem próximas à área de estudo, no município de Igarapé-Açu, verificaram também a predominância de pequenos fragmentos de vegetação nativa. Os autores constataram que 96,6% dos fragmentos de vegetação dessas microbacias tinham área inferior a 50 ha, com dimensão fractal de 1,35.

A dimensão fractal encontrada neste trabalho (1,36) informa que os fragmentos possuem uma forma próxima da regular. É importante ressaltar que quanto mais distante o fragmento estiver da forma básica, mais recortado este se torna, sendo mais suscetível ao efeito de borda.

Em manchas florestais, as bordas são ocupadas por espécies vegetais pioneiras de baixa longevidade e que se apresentam em uma cobertura mais densa – fruto da maior disponibilidade de luz e da competição vegetal reduzida no seu lado exterior (RAYNE; BRUNER; LEVESON, 1981). Por outro lado, as manchas com áreas maiores possuirão mais espécies do que as manchas com áreas menores, tendo em vista que elas também fornecem um ambiente mais protegido para espécies interiores mais sensíveis (RAVAN; ROY, 1995). Diversamente, do ponto de vista da biodiversidade animal, as bordas ou margens de uma mancha, consideradas também como ecótonos (zonas de transição entre dois habitats), desempenham um papel ecológico importante, pois os recursos ecológicos nessas zonas são, em geral, compartilhados por um número significativamente maior de espécies do que nos habitats interiores (KIENAST, 2007).

Verifica-se que, embora a área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe ser de 1.335,93 ha, apenas 46,67 ha (3,5%) são considerados áreas de interior, ou seja, 96,5% da área é composta exclusivamente por ambientes de bordas. Esse aspecto fica ainda mais evidente pelo número reduzido de 51 áreas de interior, com média de 0,9 ha cada, as quais expressam que os fragmentos desta classe possuem formas muito pequenas e/ou alongadas.

Os fragmentos desta classe, além de possuírem um número baixo de áreas de interior, nos fragmentos em que essas áreas

Tabela 1. Área (em ha e %) ocupada por cada classe de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Apeú no ano 2009.

Classes	ha	%
Água	106,38	0,33
Solo exposto	8.587,25	27,38
Vegetação arbórea	10.811,45	34,45
Pastagem	11.572,60	36,9
Agrossilvicultura	221,58	0,7
Área de mineração	75,69	0,24
Total	31.374,95	100

Tabela 2. Valores de métricas da classe vegetação da bacia do Rio Apeú.

Área total da vegetação arbórea (ha)	Número total de fragmentos	Comprimento total de bordas (m)	Dimensão fractal média	Área total de interior (ha)	Número de áreas de interior
10.811,45	507	1.281.999,00	1,36	3.289,77	268

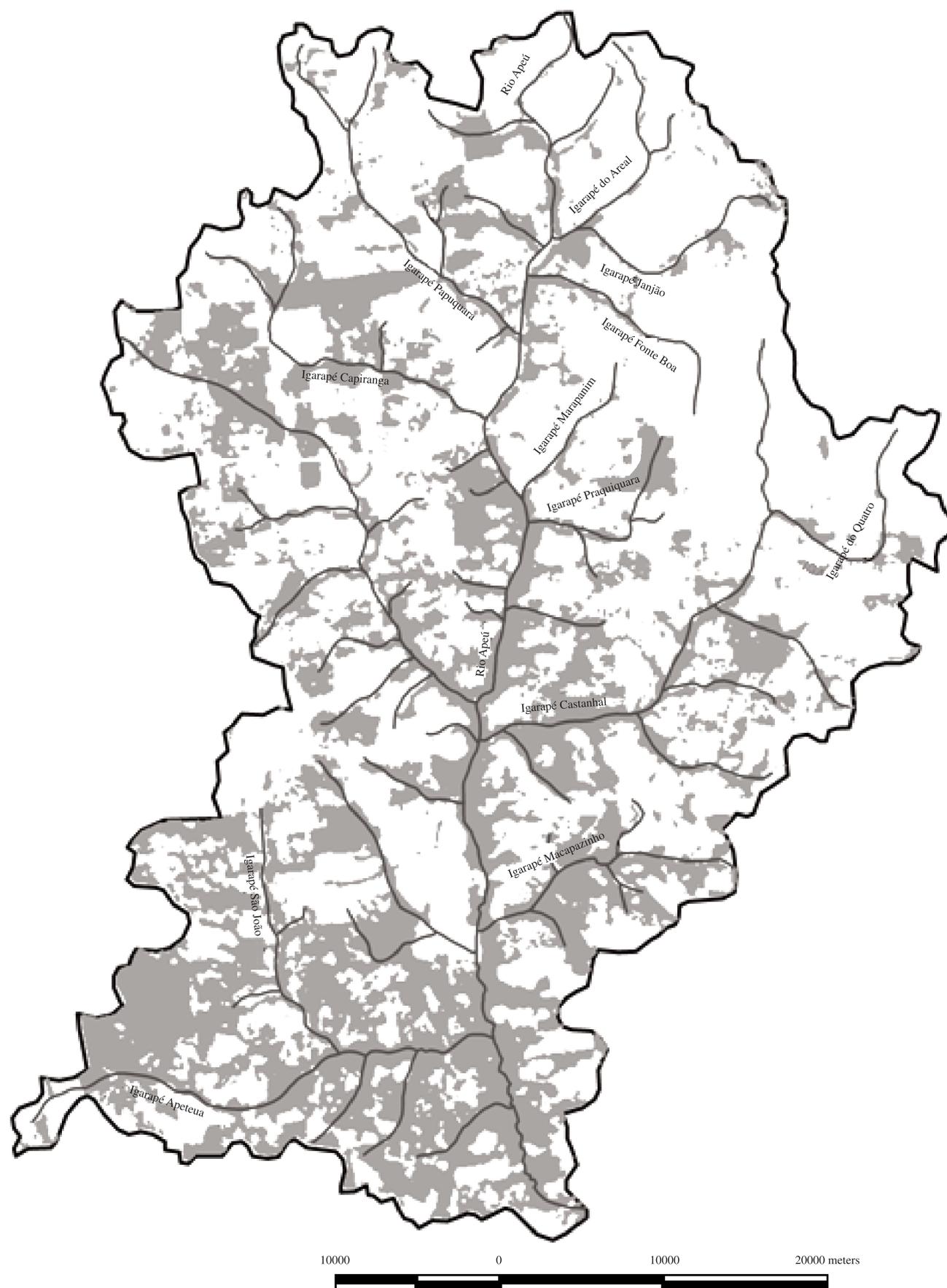


Figura 3. Fragmentos de vegetação arbórea e rede hidrográfica da bacia do Rio Apeú.

existem, além de serem pequenas, prejudicam a qualidade ambiental de seus fragmentos.

Na Figura 4, pode-se perceber que a maior parte dos fragmentos desta classe possui uma área menor que um hectare, caracterizada pela grande retirada da vegetação nativa, o que não é um bom indicativo para a sustentação e a manutenção de espécies de fauna. Apesar disso, esses fragmentos são importantes e devem ser conservados, pois auxiliam na conexão entre os fragmentos maiores. De acordo com Metzger (1997), os fragmentos com área superior a 0,72 ha têm condições de assumir uma importante função na conexão florestal, pois são úteis à locomoção de animais e à dispersão de sementes na paisagem.

Fragmentos maiores que 50 hectares e menores que 100 hectares: Esta classe de fragmentos é constituída de seis fragmentos, com média de tamanho de 75,80 ha, tamanho de borda de 56.087,74 m, tamanho médio de bordas de 9.347,95 m e dimensão fractal média de 1,35.

A área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe é de 453,80 ha, sendo 78% da área composta por

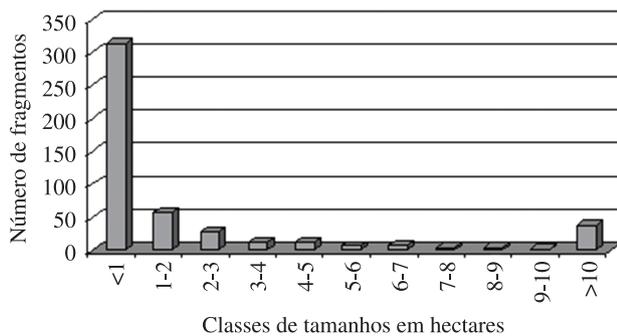


Figura 4. Distribuição do número de fragmentos menores que 50 ha na bacia hidrográfica do Rio Apeú.

ambientes de borda, ou seja, 22% constituem-se de áreas de interior. Os resultados indicam que a área total de interior é de 100,71 ha com formação de 17 áreas, o que representa que cada área de interior tem em torno de 6 ha. Esta área, segundo Metzger (1997), não é considerada suficiente para manter a sustentabilidade de algumas espécies e a integridade de sua estrutura natural. O estabelecimento de uma estrutura interna está, portanto, relacionado a uma área mínima, capaz de manter as espécies típicas do tipo de formação florestal a que o fragmento pertence. Para fragmentos de floresta, Metzger (1997) coloca que essa área é de aproximadamente 25 ha.

Estes fragmentos, embora considerados pequenos para a manutenção da biodiversidade, apresentam-se como elementos importantes dentro da paisagem e devem ser conservados, pois auxiliam na conexão entre os demais fragmentos, sendo úteis à locomoção de animais e à dispersão de sementes.

Fragmentos maiores que 100 hectares e menores que 200 hectares: Como é possível observar na Tabela 3, para esta classe, obtiveram-se quatro fragmentos com média de tamanho de 149,03 ha, tamanho total de borda de 65.843,90 m, tamanho médio de bordas de 16.460,97 m, dimensão fractal média de 1,35 e área interior de 177,09 ha.

A área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe é de 596,15 ha, sendo que 70% (419,06 ha) desta área é constituída por ambiente de borda, ou seja, 30% (177,09 ha) referem-se a ambientes de interior. As áreas de interior apresentam em média 13,6 ha, o que demonstra uma menor tendência ao formato alongado, característica esta que contribui para um menor comprometimento da qualidade ambiental destes fragmentos.

Fragmentos maiores que 200 hectares e menores que 350 hectares: Para esta classe de fragmentos, obtiveram-se dois fragmentos, com média de tamanho de 297,51 ha, tamanho total de borda de 86.441,49 m, média de bordas de 43.220,74 m, dimensão fractal média de 1,42 e área interior de 90,96 ha (Tabela 3). Os fragmentos desta classe apresentam

Tabela 3. Métricas dos fragmentos de vegetação da bacia hidrográfica do Rio Apeú, distribuídos por classe de tamanho.

	Classes de tamanho (ha)							
	<50	50-100	100-200	200-350	350-500	500-1000	1000-3000	>3000
Número de fragmentos	490	6	4	2	1	2	1	1
Tamanho médio de fragmentos (ha)	2,7	75,8	149,0	297,5	386,7	551,9	2.553,2	3.985,8
Total de borda (m)	371.435,6	56.087,7	65.843,9	86.441,5	31.725,0	104.697,8	235.068,5	330.699,6
Tamanho médio de borda (m)	758,0	9347,9	16.461,0	43.220,7	31.725,0	52.348,9	235.068,5	330.699,6
Dimensão Fractal média	1,36	1,35	1,35	1,42	1,36	1,39	1,45	1,45
Área total (ha)	1.335,9	454,8	596,2	595,0	386,7	1.103,8	2.353,2	3.985,8
Área total de interior (ha)	46,7	100,7	177,1	90,9	143,3	387,7	754,4	1.589,0
Número de áreas de interior	51	17	13	19	5	26	55	82
Tamanho médio das áreas de interior	0,92	5,92	13,62	4,79	28,65	14,91	13,72	19,38

bordas mais complexas, ficando assim mais expostos ao efeito de borda.

As áreas de interior destes fragmentos são bastante reduzidas, somente 90,96 ha, o que representa 15% da área total; dessa forma, ficam os 85% restantes da área representados por ambiente de margem.

Apesar de não existir um consenso sobre a área mínima para a conservação da biodiversidade – e sim a necessidade de uma Área Mínima Viável (AMV) para uma População Mínima Viável (PMV) –, o estabelecimento da eficiência no tamanho de uma área deve estar de acordo com a população que se deseja manter sustentável. Carmo (2000) estabelece que esta área mínima é de 300 ha. Assim, apesar de os fragmentos desta classe apresentarem uma dimensão muito próxima à mínima requerida (CARMO, 2000), a média de cada área de interior é de somente 4,7 ha. Isto significa que estes apresentam uma forma bastante alongada, sob grande influência dos efeitos de borda, principalmente pela influência direta da matriz (pastagem), levando a extinções e invasão de outras espécies que se mostram mais adaptadas. A reduzida área de interior incorrerá, portanto, na perda de biodiversidade das espécies mais sensíveis às mudanças.

Fragmentos maiores que 350 hectares e menores que 500 hectares: Como demonstra a Tabela 3 para esta classe, obteve-se apenas um fragmento, com tamanho de 386,70 ha, tamanho de borda de 31.725,00 m e dimensão fractal de 1,36.

Da área total ocupada pelo fragmento que compõe esta classe, 37% é considerada área de interior, o restante (63%) da área do fragmento é composto por ambientes de borda.

Considerando-se o proposto por Carmo (2000), segundo o qual áreas maiores que 300 ha têm um alto valor para a conservação, a área do fragmento desta classe atende a esse padrão. Outro fator importante a ser avaliado é que, embora este fragmento apresente uma grande área de borda, ele comportou cinco áreas de interior (cores) com média de 28,6 ha, área esta superior à mínima estabelecida por Metzger (1997); esta característica indica que sua forma é pouco alongada.

A partir desta abordagem, este fragmento torna-se de extrema relevância para a conservação da biodiversidade dentro da paisagem da bacia do Rio Apeú, o que possibilita uma maior diversidade de espécies dentro do habitat e maior eficiência de alimentação de animais dentro da mancha.

Fragmentos maiores que 500 hectares e menores que 1000 hectares: Para esta classe de fragmentos, obtiveram-se dois fragmentos, com média de tamanho de 551,91 ha, tamanho de borda de 104.697,85 m, média de bordas de 52.348,92 m e dimensão fractal média de 1,39 (Tabela 3).

A área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe é de 1.103,84 ha, sendo que 65% desta área (716,15 ha) é constituída por ambiente de borda.

Verifica-se, então, que, embora os fragmentos desta classe apresentem-se com tamanhos suficientemente grandes, a qualidade ambiental não é assegurada, uma vez que as áreas de interior não atingem a condição mínima de 25 ha, proposta por Metzger (1997). A área de interior média dos fragmentos desta classe é de 14,9 ha, indicando que se trata de formas alongadas, nas quais o efeito de borda é potencializado e, conseqüentemente, a qualidade ambiental fica comprometida.

Fragmentos maiores que 1000 hectares e menores que 3000 hectares: Para esta classe de fragmentos, obteve-se um fragmento, com tamanho de 2.553,18 ha, tamanho de borda de 235.068,45 m e dimensão fractal de 1,45 (Tabela 3).

Verifica-se que a área total ocupada pelo fragmento que compõe esta classe é de 2.353,18 ha, da qual apenas 754,4 ha (32%) são considerados áreas de interior, ou seja, 68% do fragmento é composto por ambientes de margem.

De forma semelhante ao que foi verificado na classe anterior, os fragmentos desta classe apresentam-se com tamanhos suficientemente grandes, porém com reduzida área de interior, em média 13,7 ha, bem abaixo do mínimo requerido. Estes resultados demonstram o formato alongado dos fragmentos e o comprometimento da qualidade ambiental nestes habitats.

Fragmentos maiores que 3000 hectares: Para esta classe de fragmentos, obteve-se apenas um fragmento, com tamanho de 3.985,80 ha, tamanho de borda de 330.699,61 m e dimensão fractal de 1,45 (Tabela 3).

Observa-se que 1.588,99 ha (39%) do fragmento que compõe esta classe são constituídos por área de interior, ficando os 61% restantes da área representados por borda.

Trata-se de um fragmento bastante grande, com 82 áreas de interior, o que expressa sua forma pouco alongada. As áreas de interior apresentam em média 19,4 ha, ou seja, estão próximas à área proposta por Metzger (1997), que é de 25 ha. Estas áreas de interior são indícios importantes, pois permitem a manutenção de espécies especializadas.

Assim sendo, este é um fragmento de enorme importância para a manutenção da qualidade ambiental sob o ponto de vista da conservação da biodiversidade da fauna e da flora na paisagem da bacia do Rio Apeú.

4 Conclusões

A paisagem da bacia é fortemente marcada pela atividade da pecuária, visto que 37% da área de estudo é destinada a esse fim. A vegetação natural abrange 34,5% da área da bacia;

A paisagem da bacia hidrográfica do Rio Apeú encontra-se prejudicada em relação à qualidade do habitat, pois 70% da vegetação natural é constituída de ambiente de borda, o que compromete a sustentabilidade do ecossistema;

A maior parte dos fragmentos está localizada junto aos recursos hídricos e, por isso, apresentam formas mais alongadas, formando corredores ecológicos caracterizados pela mata ciliar;

A existência de alguns fragmentos mais conservados dentro dos limites da bacia apresenta-se como um fator positivo para a conservação da biodiversidade. Desta forma, a elaboração de planos de manejo ecológico eficientes constitui uma das formas de contribuir para a conservação e o manejo dos fragmentos remanescentes, e para a recuperação das áreas degradadas da região.

Agradecimentos

Ao CNPQ, pelo financiamento do Projeto de Pesquisa que originou o presente trabalho. À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu corpo docente, por oportunizar a realização deste Projeto de Pesquisa. Ao Instituto Ciberespacial, pela disponibilização de toda a logística necessária para a concretização deste trabalho.

Referências

- ARAÚJO, R. T.; BERNARDINO, J.; MAGALHÃES, J. P. Caracterização e análise dos fragmentos de vegetação natural da microbacia hidrográfica da cachoeirinha, Santa Cruz da Conceição, Estado de São Paulo. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 12, n. 1, p. 91-111, 2008.
- BECKER, F. G. Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Ecologia e Manejo de Bacias Hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). *Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações*. Ilhéus: Editus, 2002. p. 91-111.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia - MME. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. *Folha AS 22 e AS 23- Belém-PA/São Luís – MA: geologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. rev. Rio de Janeiro, 1999. p. 226.
- CARMO, A. P. C. *Evaluación de un paisaje fragmentada para la conservación y recuperación de biodiversidad*. 2000. 133 f. Tese (Magister Scientiae)-Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza Costa Rica, 2000.
- FEARNSIDE, P. M. Land-tenure issues as factors in environmental destruction in Brazilian Amazonia: the case of southern Pará. *World Development*, v. 29, n. 8, p. 1361-1372, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00039-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00039-0)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Perfil dos Municípios Brasileiros*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 02 fev. 2009
- JESUS, A. A. S. *Geoprocessamento Aplicado a Estimativa de Perda de Solos por Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica do Rio Apeú (Nordeste Do Pará) - Amazônia Oriental*. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009.
- KIENAST, F. Analysis of historic landscape patterns with a Geographical Information system - a methodological outline. *Landscape Ecology*, v. 8, n. 2, p.103-118, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00141590>
- McCRACKEN, S. D.; BRONDIZIO, E. S.; NELSON, D.; MORAN, E. F.; SIQUEIRA, A. D.; RODRIGUEZ-PEDRAZA, C. Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 65, n. 11, p. 1311-1320, 1999.
- McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. *Fragstats: spatial pattern analysis program for categorical maps*. Amherst: University of Massachusetts, 2002. Computer Software program.
- MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.-G.; LACQUES, A. E.; VENTURIERI, A. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in the Brazilian Amazonia: the case of São Félix do Xingu in south Pará. *Agricultural Economics*, v. 27, p. 269-294, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5150\(02\)00076-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5150(02)00076-2)
- METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of South-East Brazil. *Landscape & Urban Planning*, v. 37, p. 29-35, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(96\)00367-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(96)00367-2)
- PIRES, J. S. R. *Análise Ambiental voltada ao Planejamento e Gerenciamento do Ambiente Rural: Abordagem Metodológica aplicada ao Município de Luiz Antônio – SP*. 1995. 166 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 1995.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). *Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações*. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-35.
- RAYNE, J. W.; BRUNER, M. C.; LEVESON, J. B. The importance of edges in the structure and dynamics of forest islands. In: BURGESS, R. L.; SHARPE, D. M. *Forest Island dynamics in man-dominated landscapes*. New York: Springer-Verlag, 1981. p. 120-153.
- RAVAN, S. A.; ROY, P. S. Landscape ecological analysis of disturbance gradient using geographic information system in the Madhav National Park, Madhya Pradesh. *Current Science*, v. 68, n. 3, p. 309-315, 1995.
- SANTOS, O. C. O. *Análise do Uso do Solo e dos Recursos Hídricos na Bacia do Igarapé Apeú, Nordeste do Estado do Pará*. 2006. 256 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- SANTOS, R. F. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184 p.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA - SUDAM. *Atlas Climatológico da Amazônia*. Belém, SUDAM/PHCA, 1984. p. 125.
- VALENTE, M. V.; SILVA, J. M. L.; RODRIGUES, T. E.; CARVALHO, E. J. M.; ROLIM, P. A. M.; SILVA, E. S.; PEREIRA, I. C. B. *Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Castanhal, Estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 27. (Embrapa/ Amazônia Oriental, documento n. 119).
- VELOSO, H. P.; GOES FILHO, L. *Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical*. Salvador: Projeto RADAMBRASIL, 1982. 85 p.
- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. *Conservação da Biodiversidade em Fragmentos Florestais*. 1998. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr32/cap03.pdf>>.
- WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. *Dinâmica de Uso da terra e Configuração da Paisagem em Antigas áreas de Colonização de Base Econômica Familiar, no nordeste do Estado do Pará*. Rio Claro, 2009. 21 p.