

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE UM FRAGMENTO
FLORESTAL URBANO NA AMAZÔNIA:
PARQUE ESTADUAL SUMAÚMA**

**Environmental vulnerability analysis of an urban forest fragment in Amazon:
Sumaúma State Park**

Davi Grijó Cavalcante

Mestrando em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, UFAM
Manaus/AM – Brasil
davi.grijo@gmail.com

Eduardo da Silva Pinheiro

Professor no Departamento de Geografia, UFAM
Manaus/AM – Brasil
pinheiro@ufam.edu.br

Mariza Alves de Macedo

Analista em Geoprocessamento, IBGE
Manaus/AM – Brasil
macedo2005@yahoo.com.br

Jan Feldmann Martinot

Mestrando em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, UFAM
Manaus/AM – Brasil
felmanian@yahoo.com.br

André Zumak Azevedo Nascimento

Acadêmico de Geografia, UFAM
Manaus/AM – Brasil
andre_zumak@yahoo.com.br

Jenifer Pereira Castilho Marques

Acadêmica de Geografia, UFAM
Manaus/AM – Brasil
jenniffercastilho@gmail.com

Artigo recebido para publicação em 02/04/2010 e aceito para publicação em 20/06/2010

RESUMO: *Desde a criação da Zona Franca e implantação do Distrito Industrial de Manaus, a paisagem da cidade vem sendo alterada devido ao crescimento urbano. Este processo contribui para a redução da cobertura florestal e o surgimento de fragmentos florestais. Neste estudo foi analisada a vulnerabilidade ambiental do Parque Estadual Sumaúma, Manaus/AM, um dos poucos fragmentos florestais protegidos*

na área urbana da cidade. A unidade de conservação está inserida no bairro mais populoso de Manaus. O uso e cobertura da terra do Parque e seu entorno de 300 metros foram mapeados a partir da interpretação de uma imagem do satélite QuickBird. As trilhas e estradas foram mapeadas com uso de GPS e as declividades foram derivadas de um Modelo Digital de Elevação. Para integração dos dados foi aplicada a técnica de suporte à decisão AHP. Na unidade de conservação os maiores problemas de vulnerabilidade ambiental estão localizados ao longo do seu perímetro, nos limites com a área urbana e nas trilhas do Parque.

Palavras-chave: Conservação. Amazônia. Suporte à Decisão. SIG.

ABSTRACT: *Since the creation of the Free Economic Zone and Industrial District of Manaus, the landscape has been changed due to urban growth. This process contributes to the reduction of forest cover and the establishment of forest fragments. In this paper, we analyzed the environmental vulnerability of the Sumaúma State Park, Manaus/AM, one of the few protected forest fragments in the town. The conservation unit is inserted in the most populous district of Manaus. The land use and land cover of the Park and its surroundings (300 m) were mapped by the analysis of QuickBird satellite data. The trails and roads were mapped using GPS and the slope was derived from a Digital Elevation Model. For data integration, the decision AHP support technique was applied. The greatest environmental vulnerability problems in the conservation unit are located throughout its perimeter, in the boundary with the urban area and in the trails of the Park.*

Keywords: Conservation. Amazon. Decision Support. GIS.

INTRODUÇÃO

No Estado do Amazonas, a partir do final da década 60 do século XX, a criação da Zona Franca de Manaus e a implantação do Distrito Industrial na cidade determinaram uma elevada centralização das atividades econômicas e concentração populacional na capital Amazonense (OLIVEIRA e SCHOR, 2009). No período de 1960 a 1980, a população de Manaus praticamente quadruplicou, passando de 173.703 habitantes na década de 60, para 633.383 nos anos 80. Em 1991, a população de Manaus chegou a 1.011,501 de habitantes, atualmente, a cidade possui uma população de 1.738.641 habitantes (IBGE, 2009), o que representa cerca de 10% da população da região Norte e mais de 50% do Estado do Amazonas (OLIVEIRA e SCHOR, 2009).

Em paralelo ao crescimento populacional e econômico da cidade surgiram diversos problemas de ordem social, econômica e ambiental. O elevado crescimento aliado a uma carência de política habitacional não permitiu que a cidade absorvesse e integrasse

toda a população nos setores da economia, surgindo à necessidade de ampliar seus limites urbanos (CARNEIRO, 1998; OLIVEIRA e SCHOR, 2009). Como consequência, a paisagem da cidade vem se modificando constantemente, áreas cobertas por florestas primárias vêm sofrendo ocupações espontâneas (invasões) ou ocupadas por empreendimentos imobiliários autorizados (ROVERE e CRESPO, 2002; OLIVEIRA e SCHOR, 2009).

Lima e Nelson (2003) verificaram uma redução de quase 9.500 ha da cobertura florestal da área urbana de Manaus, entre os anos de 1985 a 1999. Conforme Costa *et al.* (2008), 29,6% da área urbana estão cobertos por floresta (13.492 ha), distribuídos em 443 fragmentos florestais. Estes fragmentos representam áreas de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas (estradas, construções, culturas agrícolas, etc.) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. Para Troppmair (2008), a manutenção de fragmentos florestais urbanos é de extrema importância, uma vez que suas condições ecológicas estão associadas aos índices de

poluição do ar, conforto térmico e refúgio para fauna e flora.

A análise da vulnerabilidade ambiental dos fragmentos florestais remanescentes na cidade torna-se fundamental, uma vez que permitem identificar os locais com maior potencial as pressões da expansão urbana e subsidiam o controle do avanço populacional sobre as áreas florestais. A vulnerabilidade está normalmente associada à exposição aos riscos e a maior ou menor suscetibilidade a eles, quer seja de pessoas, lugares ou infraestruturas (ACSELRAD, 2006).

Mapas de vulnerabilidade ambiental podem apresentar os parâmetros que devem ser respeitados para não ocorrerem alterações que afetem ou mesmo eliminem espécies da flora e fauna. Sua importância reside em representar a sensibilidade da paisagem e manejo adequado dos sistemas bióticos (TROPPMAIR, 2008). Conforme MMA (2002), os mapas de vulnerabilidade são componentes de alta importância,

uma vez que nos fornecem informações para o planejamento ambiental de uma região, bem como sua avaliação em caso de danos como desastres ecológicos.

O Parque Estadual Sumaúma (PAREST Sumaúma) foi criado a partir de uma reivindicação da comunidade local. Esta unidade de conservação representa um dos poucos fragmentos florestais protegidos na área urbana da cidade. Neste contexto, este estudo procurou responder a seguinte questão: Considerando que o PAREST Sumaúma é um fragmento florestal isolado em meio a uma matriz densamente urbanizada, qual a vulnerabilidade ambiental desta unidade de conservação diante das ações antrópicas?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual Su-

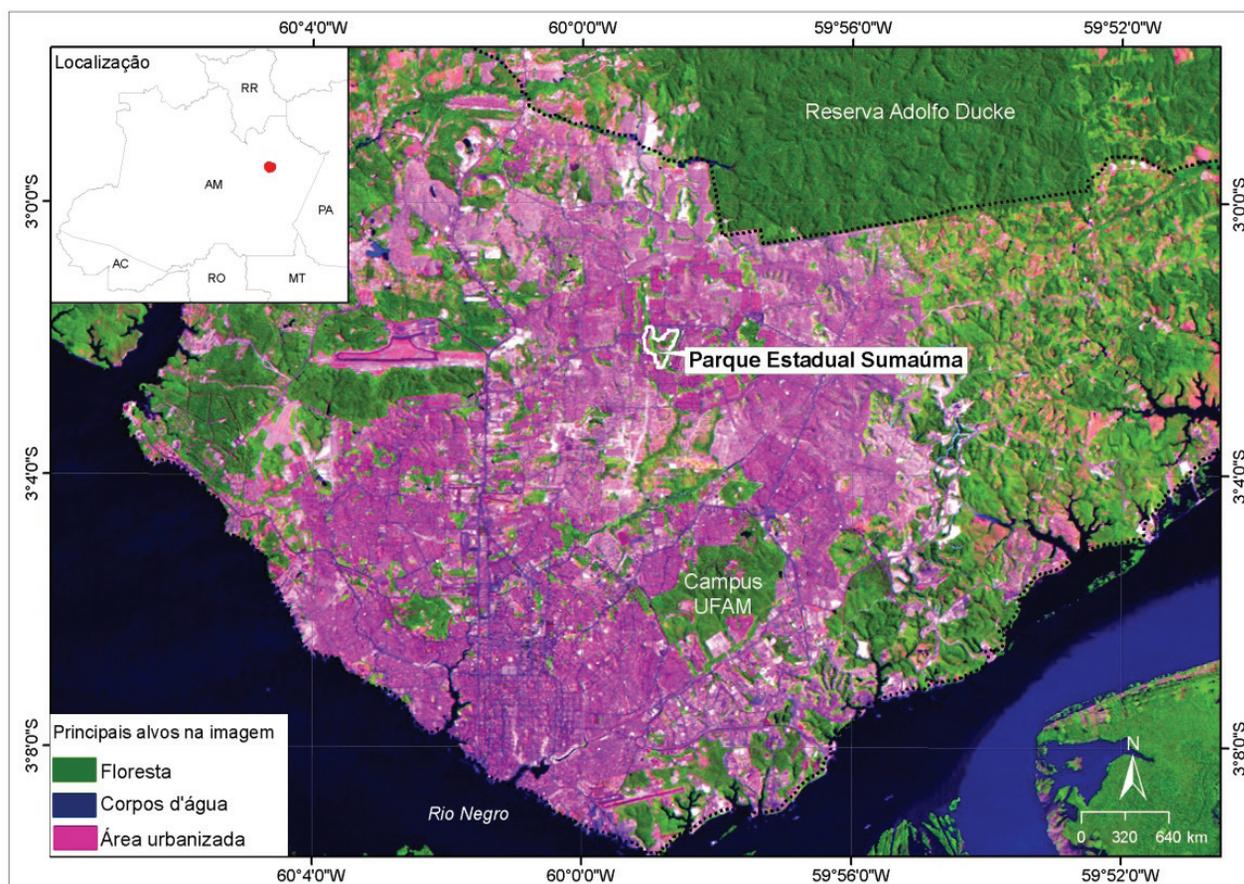


FIGURA 1: Localização do Parque Estadual Sumaúma, na área urbana do município de Manaus, Amazonas. Imagem TM/LANDSAT-5, bandas 5R4G3B, 06/08/2008.

maúma, uma unidade de conservação de proteção integral, criado pelo Decreto Estadual nº 23.721 de 05/09/2003 (BUENO e RIBEIRO 2007). O PAREST Sumaúma possui uma área de aproximadamente 52 ha. A unidade de conservação está localizada no bairro Cidade Nova, Manaus, entre as coordenadas geográficas 03°01'50" a 03°2'26" de latitude Sul e 59°58'59" a 59°58'31" de longitude Oeste de *Greenwich* (FIGURA 1). Este bairro é o mais populoso da cidade, cerca de 307.000 habitantes (AMAZONAS, 2009).

O PAREST Sumaúma está inserido em uma região de clima equatorial úmido, com temperatura média anual de 26,7°C, com temperaturas mínimas de 23,3°C e máximas de 31,4°C. A umidade relativa do ar permanece em torno de 80% e a média da precipitação anual é de 2.286 mm (AMAZONAS, 2009). A vegetação do PAREST é composta por Floresta ombrófila densa, com predomínio de floresta secundária. Em alguns locais há vegetação rasteira e, nos vales, floresta de baixio com manchas de buritizais (GONTIJO, 2008; AMAZONAS, 2009).

Materiais e equipamentos

Para a elaboração deste trabalho foram utilizados os seguintes dados e equipamentos:

- Base cartográfica em escala 1:10.000 (curvas de nível com equidistância de 5 m e hidrografia) disponibilizada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Manaus, AM;
- Imagem de alta resolução espacial do satélite *QuickBird* de 17/08/2005;
- Aparelho receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS) Garmin 76CSx;
- *Softwares* SPRING 5.1.4 e ArcGIS 9.3.

Procedimentos metodológicos

A análise da vulnerabilidade ambiental do PAREST Sumaúma foi desenvolvida em uma abordagem de Geossistemas, segundo Troppmair (2008), com a compartimentação do relevo, delimitação e caracterização geoecológica e sistematização da interferência antrópica. Para mapear os diferentes níveis de vulnerabilidade ambiental do PAREST foram avaliados aspectos legais e conceituais do uso e cobertura da terra,

proximidade da ocupação urbana e formas de relevo.

O uso e cobertura da terra do PAREST Sumaúma e seu entorno (300 m) foram mapeados a partir da interpretação visual das imagens *QuickBird* (LILLESAND e KIEFER, 2000) e checagem das informações em campo. Para mapeamento da cobertura vegetal foram utilizados critérios fisionômico-ecológicos adaptados de IBGE (1992). Nesta etapa também foram mapeadas as trilhas e estradas do Parque, com uso de GPS.

Para análise do relevo foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir da interpolação das curvas de nível, para tanto foram utilizados a Rede Irregular de Triangulação (TIN) e o interpolador linear, o que possibilitou derivar mapas de declividades (CÂMARA *et al.*, 1996).

Quanto aos aspectos legais, foram identificadas e mapeadas as áreas de preservação permanente (APP) do PAREST Sumaúma, sendo utilizados os critérios descritos no Novo Código Florestal Federal (Lei nº 4.771, de 15/09/1965) e Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002. As APP foram demarcadas a partir de mapas de hidrografia e declividade, ou seja, distância de 30 m a partir da margem do curso d'água e 50 m a partir das nascentes e declividade igual ou superior a 45°.

Uma característica da maioria dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é a sua capacidade de suporte à decisão. Os SIG permitem combinar uma série de dados para obter informações que auxiliam no planejamento ambiental. Para identificar os diferentes níveis e locais de vulnerabilidade ambiental do PAREST foi empregada a técnica do Processo Analítico Hierárquico (AHP), disponível no SPRING. A AHP é uma técnica de suporte a decisão com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios, além de medir a consistência dos julgamentos (SAATY, 1999). A técnica possibilita que uma decisão seja tomada com base em critérios qualitativos e quantitativos, um dos seus princípios é dividir um problema complexo em problemas mais simples, na forma de uma hierarquia de decisão (SENA, 2008).

A AHP é executada em três etapas: estruturação do modelo, análise de julgamentos e síntese dos resultados. Na estruturação do modelo é definida a

influência de cada variável no processo de tomada de decisão (SILVA e NUNES, 2009). No Nível 1, é estabelecido o objetivo da análise hierárquica, neste caso, a análise da vulnerabilidade ambiental (FIGURA 2). No Nível 2, encontram-se as variáveis (mapas) que determinam o grau de vulnerabilidade ambiental do

Parque, a saber: uso e cobertura da terra; proximidade da ocupação urbana (limite do Parque); proximidade de trilhas/estradas e declividade do terreno. No Nível 3, as variáveis do nível anterior são detalhadas, por meio de suas classes temáticas (FIGURA 2).

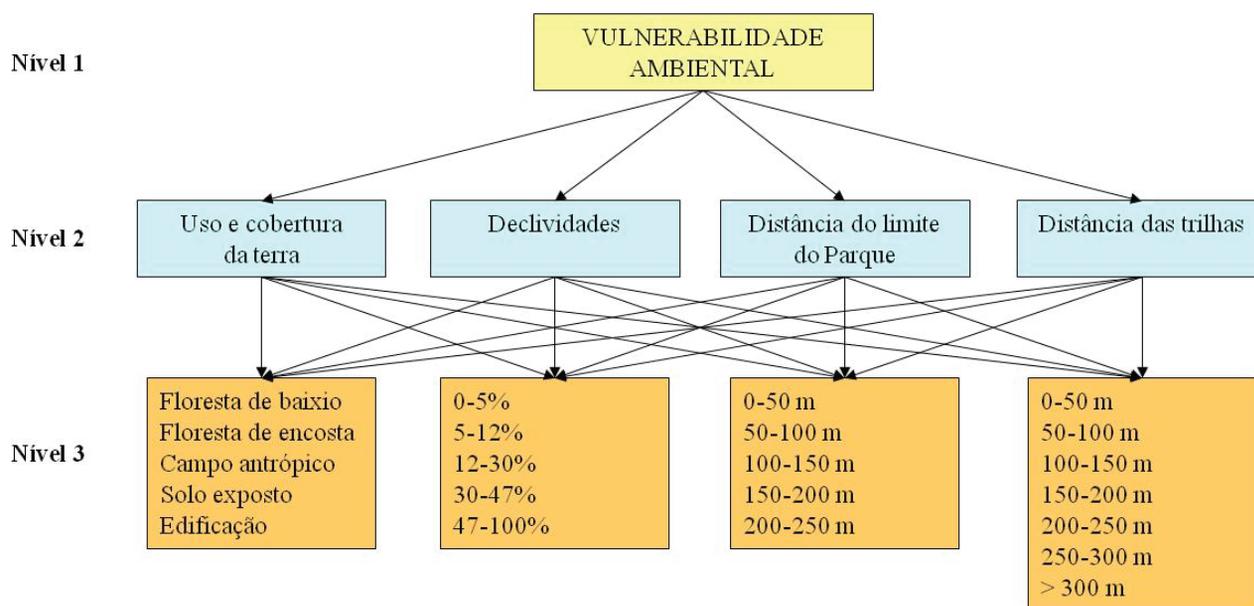


FIGURA 2: Hierarquia da técnica do Processo Analítico Hierárquico.
Fonte: Adaptado de Zahedi (1986).

Para análise da proximidade das trilhas/estradas e limite do Parque com a área urbana foi considerada a distância mínima de 50 m como faixa de influência às ações antrópicas e efeitos de borda (MURCIA, 1995). Conforme o autor, após esta distância os efeitos de borda podem desaparecer, ainda que esta medida seja variável e dependente do tipo e diversidade do fragmento florestal.

Na segunda etapa da técnica AHP, a análise de julgamentos foi feita a partir da atribuição de pesos, segundo a contribuição de cada variável para a vulnerabilidade ambiental. As variáveis são comparadas em pares e atribuída a sua importância relativa, com uma escala de valores entre 1 e 9, onde o valor 1 equivale ao mínimo e 9 ao valor máximo de importância de uma variável em relação a outra (SAATY, 1977; CÂMARA *et al.*, 2001).

Na última etapa do processo foi avaliado o critério de consistência de julgamento, este critério

varia entre 0 (zero) e 0,1 e quanto mais próximo de 0, maior será a consistência da matriz de comparação (SAATY, 1977; CÂMARA *et al.*, 2001). Nesta etapa foi gerado um programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL/SPRING) que calcula uma média ponderada entre as variáveis (mapas) que indicaram os diferentes graus de vulnerabilidade ambiental do PAREST Sumaúma.

Uma última análise consistiu no cálculo das áreas de preservação permanente em relação às áreas de vulnerabilidade ambiental à ação antrópica, efetuando-se para isto uma Tabulação Cruzada entre os planos de informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento de uso e cobertura da terra do PAREST Sumaúma e seu entorno (300 m), permitiu verificar que a área urbanizada (residências e comér-

cios) a partir dos limites da unidade de conservação ocupa aproximadamente 68% da área total (FIGURA 3 e TABELA 1). Durante os trabalhos de campo, em praticamente todo o perímetro do PAREST observaram-se a deposição de resíduos sólidos (lixo), carreado através de galerias de águas pluviais das avenidas e ruas que circundam a unidade de conservação (FI-

GURA 3). Diversas tubulações de esgoto com água servida encontram os cursos d'água e nascentes no PAREST. As saídas de esgotos e águas pluviais além de transportar água contaminada, em alguns trechos aceleraram os processos erosivos nas encostas, formando ravinas e voçorocas no PAREST.

TABELA 1: Uso e cobertura da terra no Parque Estadual Sumaúma e entorno de 300 m.

Classe temática	Área (hectares)	%
Área urbanizada	134,65	67,7
Fragmentos florestais no entorno do PAREST	11,36	5,7
Área do PAREST Sumaúma	52,77	26,5
Total	198,78	100

No entorno do PAREST Sumaúma foram mapeados 13 fragmentos florestais isolados inseridos em meio à área urbana (FIGURA 3), ocupando 11,36 ha (TABELA 2), com tamanho médio de 0,87 ha. Os maiores fragmentos estão ao Noroeste dos limites do PAREST com área de 4,38 ha e ao Sul com 2,95 ha (FIGURA 3). De acordo com a teoria do equilíbrio da biogeografia de ilhas proposta por Robert McArthur e Edward Wilson (1963, 1967) citado por Brown e Lomolino (2006), o tamanho e o grau de isolamento dos fragmentos florestais são fatores determinantes para a manutenção da biodiversidade. A redução da superfície dos fragmentos florestais está relacionada à diminuição exponencial do número de espécies, bem como de suas relações interespecíficas. O isolamento crescente desses fragmentos pode influenciar a queda das taxas de migração e aumento da extinção das espécies isoladas pela crescente pressão urbana (BROWN e LOMOLINO 2006; TROPPEMAIR, 2008). Avalia-se que propostas para a criação de corredores ecológicos entre o PAREST e os fragmentos florestais do seu entorno são difíceis de serem concretizadas, devido às barreiras antrópicas, compostas por ruas e avenidas com elevado tráfego de veículos e pedestres.

A área do PAREST possui 52,65 ha sendo que 90,6% estão cobertos por Floresta de encosta (28,03 ha) e Floresta de baixio (19,79 ha) (FIGURA 3), correspondendo segundo IBGE (1992) como Floresta

ombrófila densa e Floresta ombrófila densa aluvial, respectivamente.

As formações florestais do PAREST sofreram diferentes tipos e graus de impactos ambientais, anteriores a criação da unidade de conservação. Atualmente, a Floresta de encosta está em estágio avançado de regeneração. Avalia-se que devido aos terrenos íngremes com maior dificuldade de acesso, a floresta preserva remanescentes da floresta primária. O sub-bosque apresenta um adensamento com muitas arvores que tem possibilidade de se desenvolver devido à penetração de luz em decorrência de uma regeneração irregular. A Floresta de baixio ocupa terrenos com as menores declividades e altitudes. Observam-se indivíduos arbóreos e arvores de sub-bosque com algumas espécies emergentes, frequentes sistemas radiculares aéreos e um grande número de palmeiras, havendo boa claridade no nível do solo e aberturas de dossel com insolação direta.

A área restante do PAREST (9,4%) está ocupada por campo antrópico (1,90 ha), solo exposto (2,96 ha) e edificações (0,07 ha). As edificações no interior da unidade de conservação correspondem ao prédio da administração e recepção de visitantes e um viveiro de mudas para reflorestamento. As áreas degradadas (solo exposto) estão sendo recuperadas a partir do reflorestamento com espécies nativas.

A combinação dos mapas de uso e cobertura

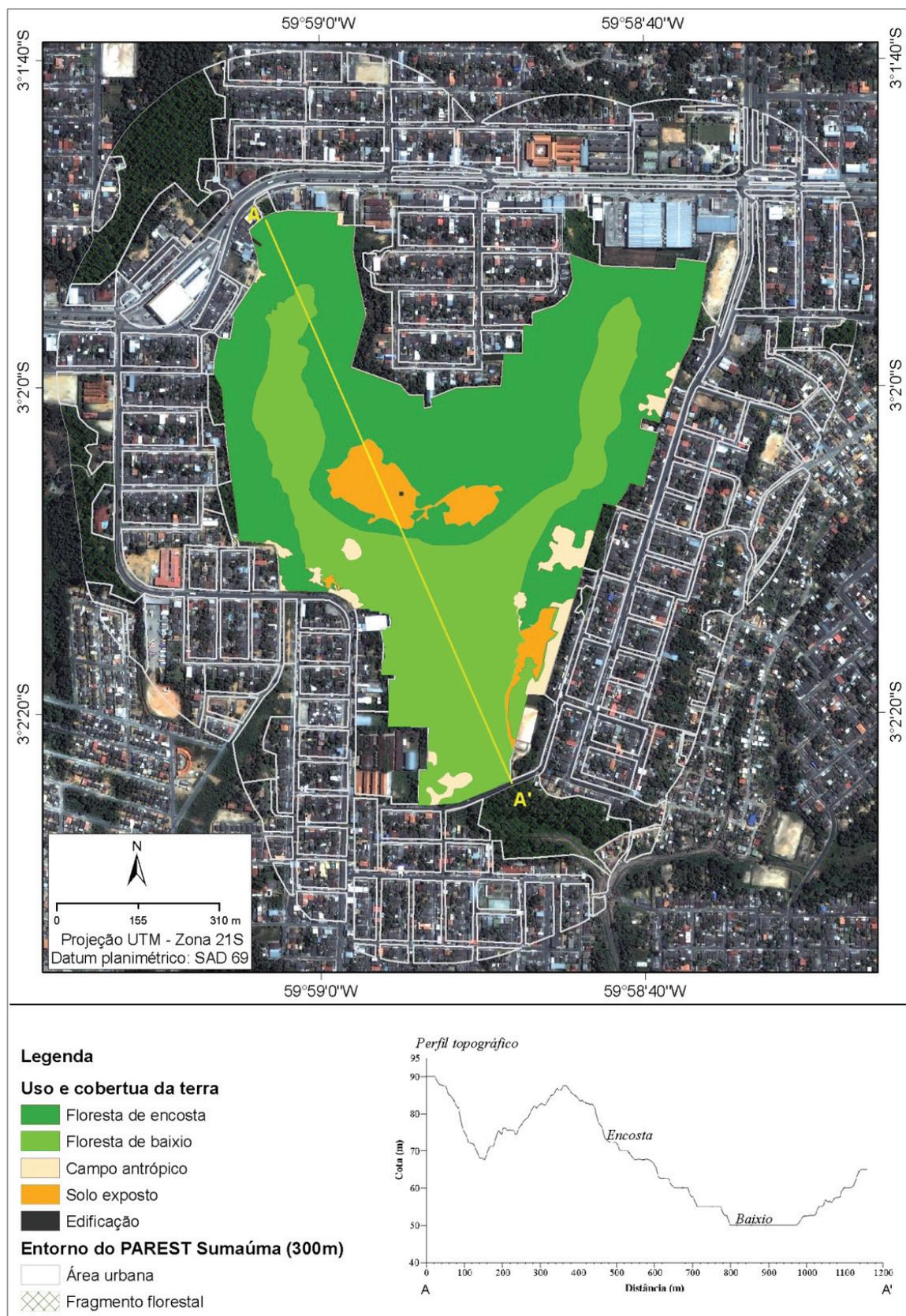


FIGURA 3: Uso e cobertura da terra do Parque Estadual Sumaúma e entorno (300 m). Imagem *QuickBird* de 17/08/2005.

da terra, limite do Parque, distância das trilhas e declividades (FIGURAS 3 e 4) a partir da técnica AHP e programa em LEGAL (TABELA 2) permitiram gerar o mapa de vulnerabilidade ambiental do PAREST Sumaúma (FIGURA 5), o qual obteve valores entre 0,139 a 0,839, onde a mínima e a máxima vulnerabi-

lidade podem variar entre 0 e 1. Estes valores foram divididos em cinco classes temáticas de vulnerabilidade ambiental (TABELA 3). A técnica AHP utilizada para determinar as áreas de vulnerabilidade ambiental obteve uma razão de consistência de 0,081 o que é considerada adequada por Câmara *et al.* (2001).

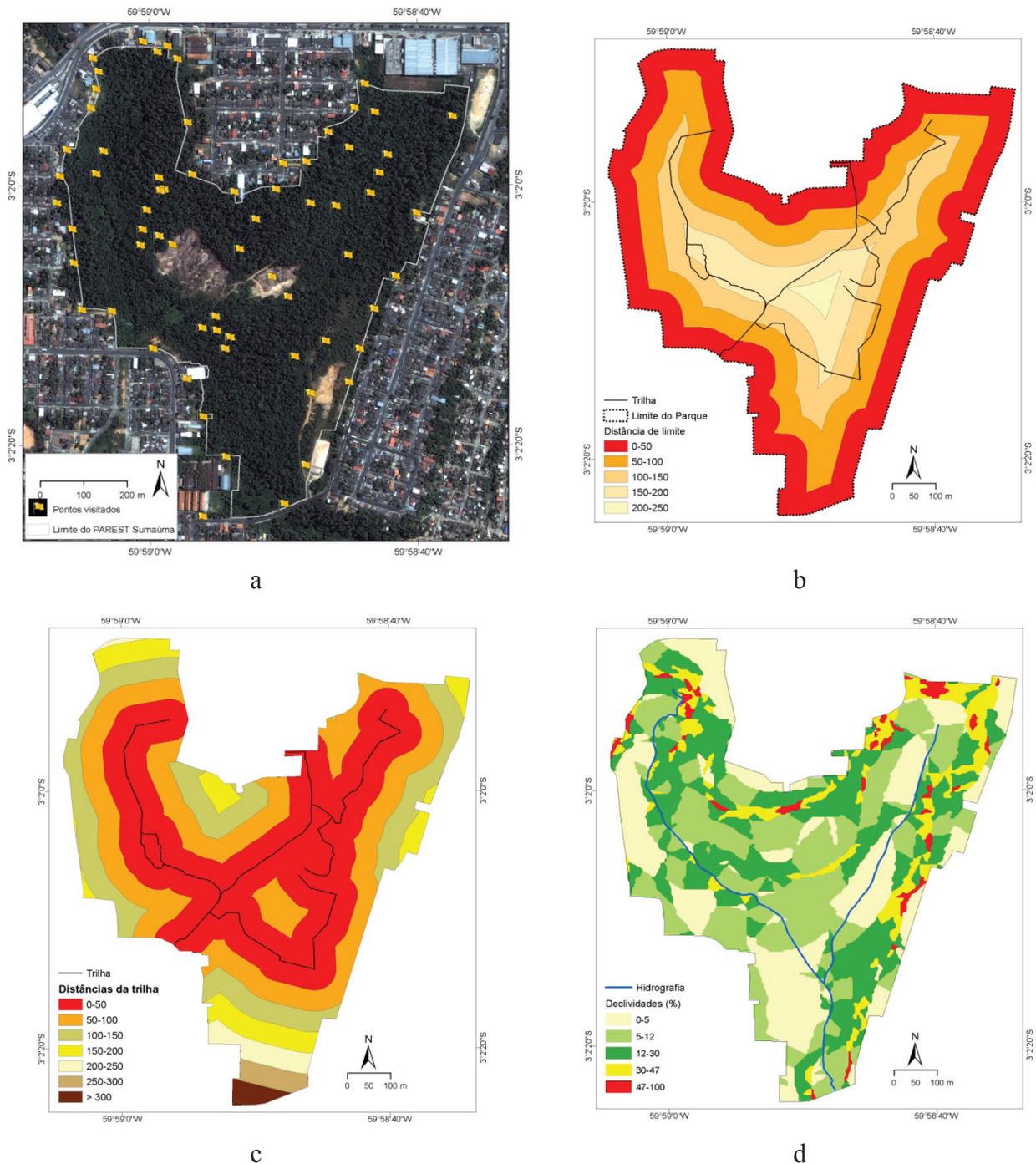


FIGURA 4: a) Carta imagem do Parque Estadual Sumaúma com pontos visitados nos trabalhos de campo; b) Mapa de distâncias do limite do Parque; c) Mapa de distância das trilhas do Parque; d) Mapa de declividades do Parque.

TABELA 2: Parte do programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico (LEGAL) aplicado para interação dos mapas do Parque Estadual Sumaúma.

```
{
// Pesos a ser aplicados
// declividade = 0.078
// gradiente_trilha = 0.287
// limite_bufer = 0.635
// Razão de consistência
// CR = 0.081
// Criação do dado de saída
var4 = Novo (Nome="vulnerabilidade", ResX=5, ResY=5, Escala=10000, Min=0, Max=1);
// Geração da media ponderada
var4 = 0.078*(Pondere(var1, tab1)) + 0.287*(Pondere(var2, tab2))+ 0.635*(Pondere(var3, tab3));
}
```

TABELA 3: Níveis de vulnerabilidade ambiental do Parque Estadual Sumaúma.

Classe de vulnerabilidade ambiental		Área (ha)	%
Baixa	0-0,2	6,499	12,34
Moderada Média	0,2-0,4	14,168	26,91
Média	0,4-0,6	11,800	22,41
Moderada alta	0,6-0,8	12,657	24,04
Alta	0,8-1,0	7,532	14,30
Total		52,656	100

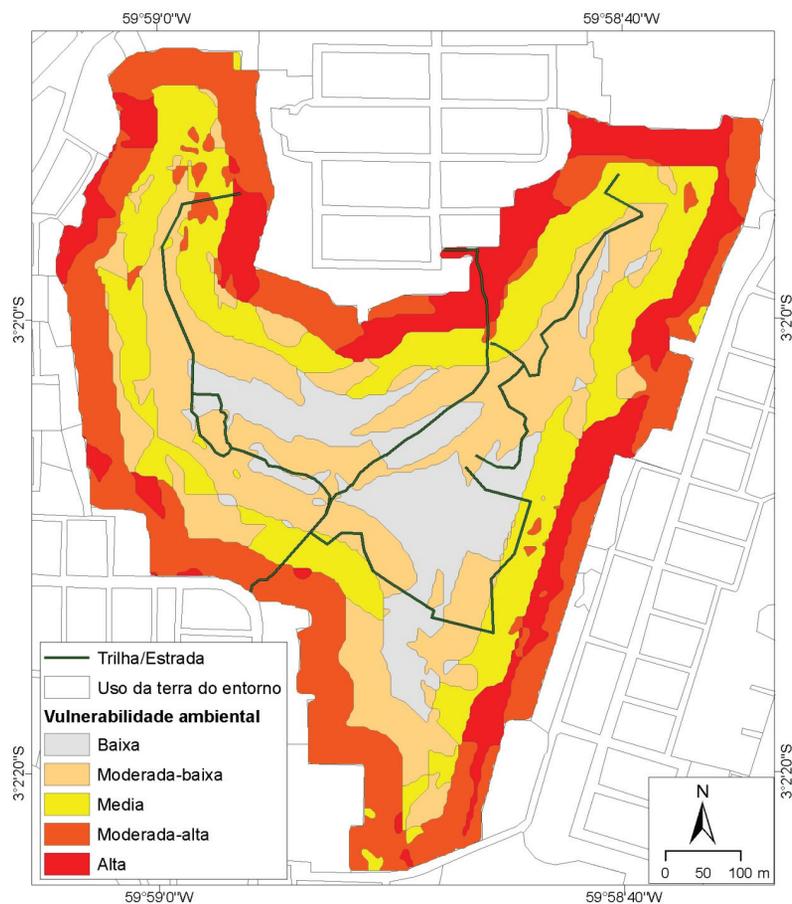


FIGURA 5: Mapa de vulnerabilidade ambiental do Parque Estadual Sumaúma, AM.

Os níveis de vulnerabilidade ambiental Moderada alta e Alta, os quais devem ter maior atenção, somados representam 38,34% da área do PAREST (TABELA 3). Estas áreas estão concentradas principalmente nas bordas ou locais de intersecção entre bordas e trilhas e em áreas com declividade igual ou superior a 45° (FIGURA 5). O fato de estar inserida em um bairro mais populoso da cidade explica os elevados níveis de vulnerabilidade ambiental do PAREST (TABELA 3).

A presença de diversas trilhas (FIGURA 5), a sua dimensão e localização em uma matriz com a paisagem urbana são fatores determinantes na vulnerabilidade ambiental do PAREST. Por um lado as trilhas facilitam a fiscalização, visitação e atividades de educação ambiental. Por outro proporcionam que a vegetação sofra o efeito de borda, o que pode provocar a modificação de sua estrutura, a substituição por espécies menos tolerantes, a redução da matéria orgânica disponível, a erosão e compactação dos solos devido ao pisoteio, além de, permitem o livre trânsito de invasores, coletores, entre outros. De acordo com Gontijo (2008), no PAREST são extraídos, de forma clandestina, produtos não-madeireiros (*Euterpe oleacea* – açaí, *Mauritia flexuosa* – buriti, *Oenocarpus bataua* – patauá, *Astrocaryum aculeatum* – tucumã, palha), madeira, além da caça de pequenos mamíferos (*Dasyprocta prymnolopha* – cutia).

A proximidade com as ocupações urbanas (FIGURA 5) torna difícil controlar e garantir a integridade dos ecossistemas nas bordas do PAREST. Para Nascimento e Laurance (2006), na borda do fragmento pode haver alteração no microclima, devido à maior incidência solar e de vento, além de maior vulnerabilidade ao fogo. Segundo Metzger (2000), nas bordas há maior influência na composição florística e diversidade de espécies arbóreas. Diversos locais nos limites do PAREST com a área urbana são utilizados, clandestinamente, como quintais. Nestes locais foi observado o plantio de espécies frutíferas, como acabate (*Persea americana* Mill.), manga (*Mangifera indica* L), caqui (*Diospyros kaki* Thunb.), cacau (*Theobroma cacao* L.), etc.

O relevo do PAREST Sumaúma é composto por encostas em toda a borda com exceção da parte Sul. As encostas possuem declividades que variam

entre 12 a 47 graus, com predomínio de inclinações com 30°. Na parte central identifica-se um vale com declividades menos acentuadas, variando entre 0 e 5° e máxima de 12°. A altitude média do PAREST é de 71,5 m, as altitudes máximas atingem 90 m e as mínimas 45 m. Os locais com declividades mais acentuadas são potencialmente vulneráveis, onde a possível retirada da cobertura vegetal poderá provocar a instalação de processos erosivos e movimentos de massa do solo (SALOMÃO, 1999).

A poluição sonora representa outro aspecto de vulnerabilidade ambiental no PAREST, uma vez que assusta os animais e pode inibir o comportamento ecológico de várias espécies. No interior da área verifica-se a presença de pequenos mamíferos, destacando-se o sauí-de-coleira (*Saguinus bicolor*) a única espécie ameaçada de extinção entre os Callitrichídeos amazônicos (AMAZONAS, 2007). Avalia-se que sejam necessários novos estudos para analisar o comportamento das espécies diante do elevado nível de ruído no entorno da unidade de conservação.

Recentemente, política pública locais, como a abertura de novas vias, vem promovendo um impasse entre o governo do Estado do Amazonas e o conselho Gestor do Parque. A construção da Avenida da Torres que atravessaria o PAREST ao meio tem promovido diversas discussões, contudo até o momento nenhuma ação neste sentido foi iniciada.

O mapeamento das áreas legais revelou que 12,87 ha, ou seja, 24,23% da área do PAREST são áreas de preservação permanente. Além de se tratar de uma unidade de conservação de proteção integral a importância de sua preservação se justifica pela presença de duas nascentes e dois cursos d'água que representam elemento de grande peso ecológico na paisagem da área. A análise por tabulação cruzada entre as áreas com vulnerabilidade ambiental e as áreas de preservação permanente permitiu verificar que a maior das APP está em condição de Baixa e Moderada baixa vulnerabilidade ambiental (TABELA 4). Um resultado em destaque é a pequena área de APP classificada como vulnerabilidade Moderada alta e Alta (TABELA 4).

Nas cidades brasileiras a inexistência e/ou não execução de planejamento urbano, a carência de uma política habitacional, aliada a uma séria de fatores de

TABELA 4: Tabulação cruzada entre as áreas com vulnerabilidade ambiental e áreas de preservação permanente no Parque Estadual Sumaúma.

Classes de vulnerabilidade ambiental	Áreas de preservação permanente (ha)		Total
	Igarapé	Nascente	
Baixa	2,335	0	2,335
Moderada baixa	5,705	0,048	5,753
Média	3,235	0,440	3,675
Moderada alta	0,718	0,068	0,785
Alta	0,083	0,113	0,195
Total	12,075	0,668	12,743

ordem econômico-social geram condições favoráveis ao avanço da população sobre formações florestais nas periferias ou intraurbanas, o que torna a conservação dos ecossistemas de áreas protegidas inseridas nesse contexto espacial um desafio para as instituições responsáveis por sua gestão.

CONCLUSÕES

As análises realizadas permitiram concluir que aproximadamente 40% do Parque Estadual Sumaúma encontra-se nos níveis mais altos de vulnerabilidade ambiental. A localização do Parque, inserido em uma paisagem urbana de um bairro com elevado número de residências, comércios e oficinas, contribui significativamente para este resultado. Os locais mais impactados são os limites e as trilhas do Parque. Neste sentido, recomenda-se um estudo sobre a capacidade de suporte do Parque e de suas trilhas para instrumentalizar seus administrados quanto ao número de visitantes. No entorno do Parque é necessária a aplicação de programas de educação ambiental, por meio de atividades inclusivas, uma vez que facilita o cumprimento de sua função social ao contribuir para o fortalecimento do vínculo entre a comunidade e a unidade de conservação, bem como para a minimização dos impactos diretos decorrentes dessa proximidade.

O Parque Estadual Sumaúma além de uma opção de lazer para as comunidades que o circundam, representa um importante nicho para diversas espécies animais e vegetais. Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam servir como instrumento de apoio as questões de planejamento e gestão da unidade de conservação, bem como para outros fragmentos florestais na cidade de Manaus.

AGRADECIMENTO

Este trabalho teve apoio financeiro do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo 473603/2008). Agradecemos à Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas pela permissão de pesquisa na unidade de conservação.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS. 2006, Rio de Janeiro. *Comunicação*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2006.
- AMAZONAS. *Parque Estadual Sumaúma*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Manaus: SDS. Série técnica planos de gestão. Manaus, AM. 2009.
- AMAZONAS. *Unidades de Conservação do Estado do Amazonas*. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas. Manaus: SDS/SEAP, 2007.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. *Biogeografia*. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006.
- BUENO, N. P. E.; RIBEIRO, K. C. C. Unidades de Conservação – caracterização e relevância social, econômica e ambiental: um estudo acerca do Par-

- que Estadual Sumaúma. *Revista Eletrônica Aboré*, p. 1-14, 2007.
- CÂMARA, G.; MOREIRA, F. R.; BARBOSA, C.; FILHO, R. A.; BÖNISH, S. Técnicas de Inferência Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). *Introdução à ciência da geoinformação*. 2001. p. 1-48. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: dez. 2009.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". *Computers & Graphics*, n. 20, v.3, p. 395-403, 1996.
- CARNEIRO, A. Manaus: Fortaleza extrativismo – cidade, um histórico de dinâmica urbana amazônica. In: IÑIGUEZ, L. B.; TOLEDO, L. M. *Espaço & Doença: um olhar sobre o Amazonas*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1998. p.161-165.
- COSTA, L. A.; ALVES, J. L.; BÜHRING, R.; BATISTA, M. A. A.; TELLO, J. C. R. Uso de sistema de informações geográficas (SIG) como apoio ao estudo de florestas urbanas na cidade de Manaus, Amazonas. In: VIII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL. 2008, Curitiba, PR. *Anais...* Curitiba, PR, 2008. p. 241-247.
- GONTIJO, J.C.F. *Uso e característica dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus, AM*. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual técnico da vegetação brasileira*. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, Rio de Janeiro. 1992.
- _____. Censo Demográfico e Contagem da População. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em nov. 2009.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. *Remote sensing and image interpretation*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- LIMA, D. J.; NELSON, B. W. Uso de índices de vegetação no monitoramento da cobertura verde no perímetro urbano da cidade de Manaus. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2003, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte, MG, 2003. p. 1827-1833.
- METZGER, J.P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. *Ecological Applications*, n.10, v.4, p. 1147-1161, 2000.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de vulnerabilidade ambiental para derramamentos de óleo*. n.7, 2002.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree*, n.10, p. 58-62, 1995.
- NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. *Acta Amazonica*, n.36, v.2, p. 183-192, 2006.
- OLIVEIRA, J. A.; SCHOR, T. Manaus: transformações e permanências, do forte a metrópole regional. In: CASTRO, E. (Org.). *Cidades na Floresta*. São Paulo, Annablume, 2009. p. 41-98.
- ROVERE, A. L. N.; CRESPO, S.S. *Projeto Geo-Cidade: Relatório urbano ambiental integrado*. Informe Geo-Manaus. Prefeitura Municipal de Manaus, 2002.
- SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, n.15, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T.L. *The seven pillars of the analytic hierarchy process*. 1999. Disponível em: <http://www.isahp2003.net/menu/about_ahp/JAPAN_too.pdf>. Acesso em: mai. 2003.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G.M. (Org.) *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SENA, J. N. O uso de sistema de informação geográfica na avaliação de diferentes alternativas de geração de cartas de suscetibilidade à erosão. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UNPESP – Ilha Solteira, SP. 2008.

SILVA, C. A.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal, RN. *Anais...* Natal, RN, 2009. p. 5435-5442.

TROPPEMAIR, H. *Biogeografia e meio ambiente*. 8. ed. Rio Claro: Divisa, 2008.

ZAHEDI, F. The Analytic Hierarchy Process – A survey of the method and its applications. *Interfaces*, n.16, v. 4, p.96-108, 1986.