

SUBSÍDIO À GESTÃO AMBIENTAL DO RIO APODI-MOSSORÓ NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ – RN

Reinaldo Antônio Petta¹
Andréa Cristiane de Melo²
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento³

RESUMO

O rio Apodi-Mossoró tem sido submetido a pressões antrópicas, especialmente devido à especulação imobiliária e aos empreendimentos comerciais, ocasionando conseqüências deletérias na qualidade e quantidade de suas águas e na saúde pública. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é fornecer subsídios para o gerenciamento ambiental na área urbana do município de Mossoró inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró. Os procedimentos técnicos constaram na estruturação de um Banco de Dado Georreferenciado, geração de mapas temáticos e integração destes mapas através de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistema de Informação Geográfica. Por fim, obteve-se o mapa de vulnerabilidade ambiental, que em associação com sugestões de ações mitigadoras dos impactos ambientais na área de estudo, sintetiza os principais parâmetros de subsídio à gestão ambiental.

Palavras-chave: Rio Apodi-Mossoró, Sistema de Informação Geográfica, gerenciamento ambiental, vulnerabilidade ambiental.

SUBSIDY FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF THE APODI-MOSSORÓ RIVER IN THE URBAN AREA OF MOSSORÓ – RN

ABSTRACT

The Apodi-Mossoró river has suffered anthropic pressures, especially due to real estate speculation and to the commercial enterprises, causing deleterious consequences in the quality and quantity of water and public health. Therefore, the main objective of this study is to offer subsidies for the environmental management in the Hydrographic Basin of Apodi-Mossoró river in the urban area of Mossoró. The technical procedures consisted in the organization of a Georeferenced Data Base, the generation of thematic maps, and the integration of them using of Remote Sensing and Geographic Information System techniques. Finally, an environmental vulnerability map was produced, which, along with suggestions of mitigating measures of environmental impact in the study area, synthesizes the main parameters of subsidy for environmental management.

Keywords: Apodi-Mossoró river, Geographic Information System, environmental management, environmental vulnerability.

¹ Doutor em Geoquímica Ambiental, Professor do Departamento de Geologia da UFRN. Caixa Postal 1607 Campus Universitário-Natal-RN-59078-970, petta@geologia.ufrn.br

² Mestre em Geociências, Funcionário Progel - Projeto Geológico/Mossoró, meloandrea@yahoo.com.br

³ Doutor em Geociências e Meio Ambiente, Bolsista DCR e Professor Associado Voluntário do Departamento de Geologia da UFRN, Paulo@geologia.ufrn.br

INTRODUÇÃO

O crescimento rápido e desordenado do município de Mossoró no Rio Grande do Norte é o principal fator da degradação do rio Apodi-Mossoró. Este rio constitui a maior fonte de subsistência para as populações ribeirinhas, o que o torna um aspecto fisiográfico de caráter sócio-econômico relevante. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é fornecer subsídios para o gerenciamento ambiental na área urbana do município de Mossoró inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró.

Para atingir este objetivo, foram cumpridos os seguintes objetivos específicos: estruturação de um Banco de Dados Georreferenciados; geração de mapas temáticos contendo informações dos componentes do meio físico e biótico, a partir de dados já existentes, de imagens de satélite e de trabalho de campo; e integrar as informações através de um Sistema de Informação Geográfica, utilizando álgebras de mapas e assim gerar o mapa de vulnerabilidade ambiental. Este mapa em associação com sugestões de ações preventivas e mitigadoras dos impactos ambientais na bacia hidrográfica sintetiza os principais parâmetros de subsídio à gestão ambiental.

A premissa deste trabalho é suprir a necessidade que a prefeitura de Mossoró apresenta de geoinformatizar-se, pois assim, seus planejadores terão materiais visuais atuais e métodos de monitoramento de áreas urbanas com tecnologias de ponta. A crescente falta de recursos hídricos intensificado pela ocupação desordenada das áreas urbanas do semi-árido nordestino e a importância sócio-econômico-ambiental da maior bacia hidrográfica e do segundo maior rio do estado justificam a realização deste trabalho. A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró na área urbana de Mossoró (Figura 1). Mossoró é o segundo centro regional do Rio Grande do Norte, possui uma população de aproximadamente 214.000 habitantes e está situada entre duas capitais (Natal e Fortaleza), na região salineira e petrolífera do sertão nordestino, entre as coordenadas geográficas 5°11'15" de latitude Sul e 37°20'39" de longitude Oeste.

É importante ressaltar, que existem várias prefeituras de cidades de médio a grande porte que utilizam com sucesso das geotecnologias como suporte técnico-organizacional para administrar seus municípios (MEINEL *et al.*, 1998; COSTA; CINTRA; 1999, PIEROZZI JR., 2006). Assim, a vantagem da melhor administração e gerenciamento municipal por meios da geoinformação é uma realidade global. O geoprocessamento se destaca no planejamento urbano, uma vez que organiza e centraliza as informações em uma única base de dados, que possibilitam vários tipos de modelagem espaciais essenciais no planejamento da dinâmica urbana (SOUZA, 2002;

ALMEIDA *et al.* 2009). Desta maneira, o banco de dados armazena documentos cartográficos básicos para tomadas de decisões e que podem ser atualizadas por processos automáticos computacionais.

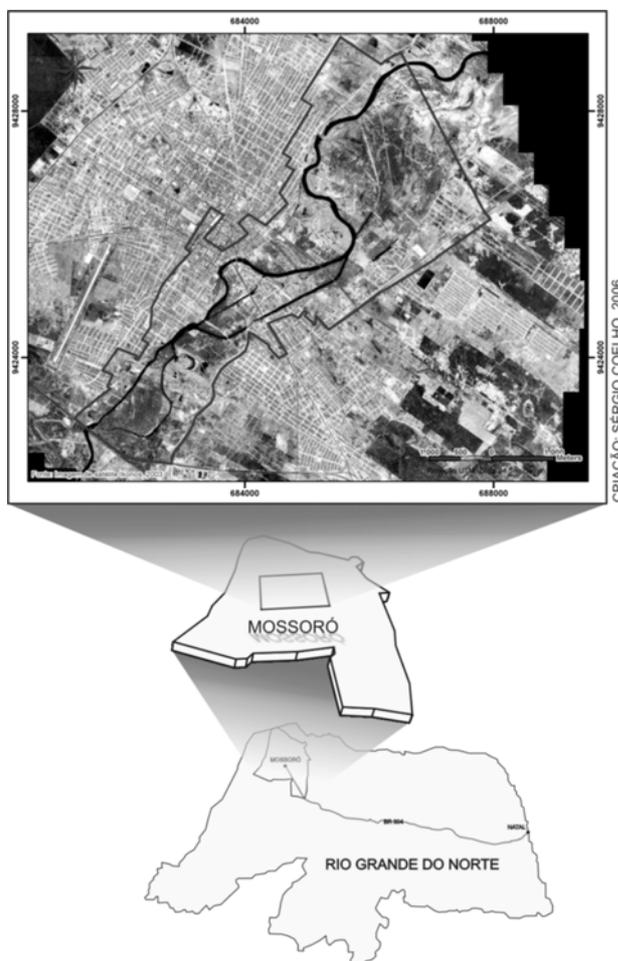


Figura 1 – Mapa da cobertura da terra no ano de 1997

MATERIAL E MÉTODO

Os materiais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho foram:

- Carta Topográfica Mossoró - Folha SB-24-X-D-I de 1972, escala 1:100.000;
- Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000, 1998;
- Mapa Geomorfológico do Projeto RADAMBRASIL, Jaguaribe/Natal, escala 1:1.000.000, 1981;

- Mapa de Vegetação do Projeto RADAMBRASIL, folhas SB.24/25, Jaguaribe/Natal, escala 1:1.000.000, 1981;
- Mapa de Reconhecimento de Solos da SUDENE, Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000, 1968;
- Os programas computacionais ArcGIS® versão 9.1 – ESRI, 2004 e Envi versão 3.5 – SulSoft, 2004;
- As imagens de satélite LANDSAT (1989); IKONOS II (2003) e CBERS 2 (2005);
- Dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do censo realizado no ano de 2000.

Para o desenvolvimento dos procedimentos técnicos foram necessárias duas etapas: compilatória e operacional. A etapa compilatória diz respeito aos levantamentos, seleção e preparação dos dados, e a operacional é o tratamento dos dados obtidos na primeira etapa, os quais se tornam informações para interpretações e análises.

A aquisição dos dados resultou da obtenção das características sobre o meio físico, cujas informações estão sintetizadas na carta topográfica, nos mapas temáticos e nas imagens de satélite, tanto no formato digital quanto analógico; e de indicadores sobre o meio sócio-econômico (densidade demográfica). A preparação ou entrada dos dados englobou todas as atividades necessárias à transformação dos dados do formato analógico para o formato digital e a respectiva inclusão no banco de dados georreferenciados (BDG) concebido nesta etapa. O BDG foi concebido na projeção UTM, Zona 25 Sul, datum SAD 69, tendo como base cartográfica, a Carta Topográfica de Mossoró. Como os mapas temáticos e as imagens de satélite possuíam diferentes sistemas de projeção, elas foram convertidas para o sistema de projeção, coordenadas e datum definidos na concepção do BDG. Desta forma, os dados estão prontos para realizar as várias operações inerentes de um SIG, como cruzamento de dados, análise de correlação estatística, visualização, dentre outros (BURROUGH, 1986; ARONOFF, 1993, SILVA, 2003).

As imagens orbitais foram processadas por técnicas de realce por contraste, melhorando a qualidade visual para a extração de informações (CURRAN, 1985; ASRAR, 1989; RICHARDS, 1995; LILLESAND *et al.*, 2004), e após as imagens processadas, foram confeccionados os principais mapas temáticos que constituem a base de dados do banco georreferenciado: mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e vulnerabilidade ambiental. Os mapas de geologia, geomorfologia,

pedologia e vegetação foram gerados pela interpretação visual das imagens pelo método sistemático de fotointerpretação com base nos padrões fotográficos e a digitalização das classes temáticas foi realizada diretamente na tela do computador.

Pode-se afirmar que a interpretação diretamente na tela do computador possibilita: aplicar inúmeras ampliações da imagem: gerar várias composições coloridas ou novas imagens obtidas a partir da aplicação de funções diversas de processamento de imagens sobre as bandas originais; e utilizar as informações auxiliares, desde que estejam contidas no BDG. Os dados secundários (informações auxiliares), na forma de mapas em diferentes escalas, podem ser facilmente ajustados e sobrepostos às imagens para ajudar na discriminação e adequada delimitação dos alvos.

É importante ressaltar que, além do material cartográfico auxiliar, os trabalhos de campo foram essenciais nesta etapa e consistiram no reconhecimento visual da área de estudo, identificação, descrição e documentação dos problemas existentes no município, no intuito de auxiliar no processo de interpretação das imagens procurando identificar feições não compreendidas nas imagens de satélite. A utilização de três tipos diferentes de imagens foi outro procedimento que facilitou muito na interpretação visual, pois elas se completam nas diferentes resoluções temporal, espacial, espectral e radiométrica.

O mapa de vulnerabilidade ambiental é um instrumento de auxílio para o uso e ocupação do solo do município frente ao crescente processo de urbanização que atualmente vem ocorrendo. Deste modo, ele sintetiza e auxilia quais os empreendimentos e os procedimentos para a ocupação do terreno. Para a sua elaboração, foi utilizado o método multicriterial, onde cada classe dos mapas temáticos (geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação) participa do processo, recebendo um peso, assim como os próprios mapas temáticos (ARAÚJO *et al.*, 1999). Estes pesos são definidos numa tabela de atributos para cada mapa, a qual pode ser modificada a qualquer tempo, bastando apenas executar o modelo novamente.

Assim, depois de reunidos os mapas georreferenciados, no formato digital, foram realizados cruzamentos entre os mesmos. Inicialmente atribuem-se pesos a cada classe temática nos mapas, valores estes entre 1,0 e 3,0. O intervalo dos pesos da vulnerabilidade natural foi de 0,5, desta forma, atribui-se o valor 1,0 para as classes temáticas com baixa vulnerabilidade; 2,0 para as classes intermediárias e 3,0 para as classes com alta fragibilidade à ocupação humana. Para tal foi necessário estabelecer os seguintes critérios: a) geologia: para este tema foi avaliada a gênese, a granulometria da rocha ou do sedimento, composição da matriz, grau de consolidação e espessura da

rocha ou sedimento; b) geomorfologia: os pesos foram definidos a partir da análise da morfologia do relevo; c) pedologia: a resistência dos solos aos processos antrópicos depende do seu tipo e de suas características físico-hídricas, como: textura, estrutura, porosidade, permeabilidade e profundidade; d) cobertura vegetal: as áreas com maiores concentrações de cobertura vegetal são mais vulneráveis a sofrer um processo de ocupação humana do que aquelas com menos densidade, pois as áreas com vegetação fechada são mais frágeis diante dos impactos resultantes das ações antrópicas.

A atribuição de pesos a classes temáticas envolve critérios subjetivos, baseados na percepção do ecossistema e nas informações disponíveis pra este fim (TAGLIANI, 2002). Entretanto o SIG possui a capacidade de atualização de dados, podendo assim, ter uma reavaliação dos pesos por uma equipe multidisciplinar, chegando a um consenso e à tomada de decisão. Neste trabalho, a atribuição dos pesos foi minuciosamente discutida entre os autores deste trabalho e tomou-se todo o cuidado para manter um critério consensual e de forma menos subjetiva.

De posse dos mapas temáticos, foi realizado o cruzamento dos mapas de geologia e geomorfologia, denominado de mapa 1, posteriormente cruzou-se os mapas de vegetação e pedologia, chamado de mapa 2, e por fim o cruzamento dos mapas 1 e 2 gerando o mapa 3 (mapa de vulnerabilidade ambiental), calculando a média aritmética dos valores de vulnerabilidade dos mapas temáticos. O resultado da média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade de acordo com os seguintes intervalos: Muito Baixa (1,0 a 1,3); Baixa (1,4 a 1,7); Média (1,8 a 2,2); Alta (2,3 a 2,5) e Muito Alta (2,6 a 3,0).

RESULTADOS

Apoiado em bases conceituais e tecnológicas configurou-se um ambiente computacional que proporcionou a operacionalização de todas as etapas do procedimento técnico. O Banco de Dados Georreferenciados possui apenas o conjunto de dados utilizados para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental. Os demais dados utilizados e informações criadas no decorrer deste trabalho e que não foram considerados como imprescindíveis (mapas intermediários e testes) foram descartados. Este procedimento foi feito para que o BDG não ficasse com grande volume de dados desnecessários e para que não aumentasse o uso da memória do computador, o que dificultam e tornam lentos os processos de recuperação, visualização e manipulação dos dados. Assim ele pode ser considerado um banco otimizado, contendo apenas as informações de utilidade para o usuário.

No entanto, este BDG não pode ser considerado restrito apenas ao objetivo deste trabalho, pois os dados armazenados podem ser úteis para outras pesquisas que utilizem, total ou parcialmente, os mesmos tipos de dados. Também, desde que disponíveis ou gerados novos dados, eles poderão ser inseridos a qualquer momento para completar aqueles já existentes ou para permitir implementar outras configurações técnicas que se façam necessárias.

A área de estudo é caracterizada por atributos próprios, ou seja, por uma vegetação natural ou antropizada desenvolvida em uma associação de solos, gerados sobre um conjunto de forma de relevo esculpido em corpos rochosos. Assim, os mapas de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação, que caracterizam os aspectos do meio físico, biótico e antrópico da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, podem ser vistos nas figuras 2 a 5. É importante ressaltar que as aplicações de apoio à decisão do planejamento ambiental devem possuir uma boa representação espacial, assim este cuidado foi considerado como fator essencial na confecção dos mapas supracitados.

As técnicas de pré-processamento de imagens utilizadas, os diferentes tipos de imagens analisadas, os materiais auxiliares e o trabalho de campo melhoraram a capacidade interpretativa das imagens para identificação, delimitação e digitalização das classes dos mapas.

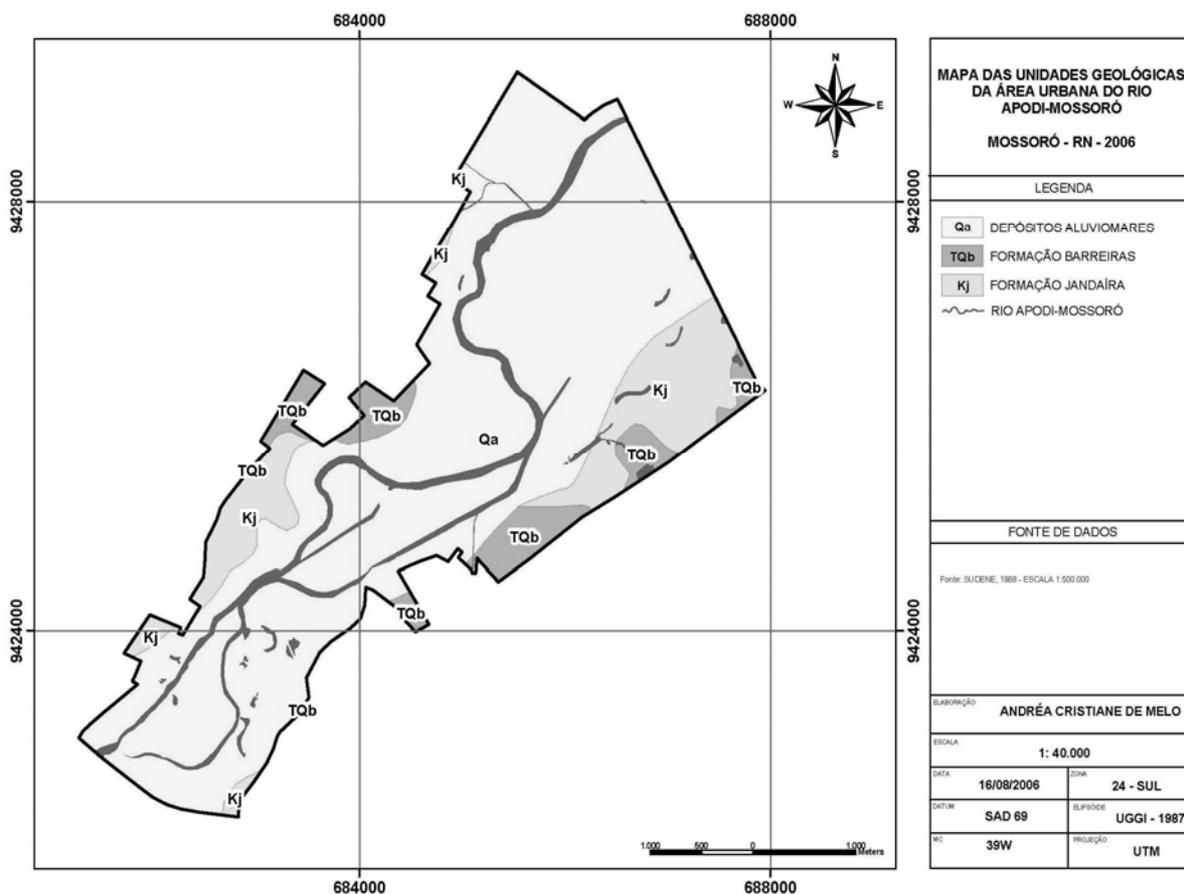


Figura 2 - Mapa das unidades geológicas da área urbana do rio Apodi-Mossoró

Os depósitos aluvionares cobrem praticamente toda a área de influência direta dos processos geológico-geomorfológicos do rio Apodi-Mossoró, o que corresponde a 77% de toda a extensão da área de estudo; as formações Barreiras e Jandaíra com 9% e 14% de extensão, respectivamente, concentram-se nos limites Leste e Oeste da área de estudo. Esta associação de rochas e sedimentos, principalmente os depósitos aluvionares e os arenitos da Formação Barreiras são altamente porosos e permeáveis, susceptíveis a processos erosivos e de assoreamento dos cursos d'água, de contaminação dos corpos d'água superficiais e subterrâneos. Os calcários da formação Jandaíra são mais susceptíveis à dissolução química pelo intemperismo das águas pluviais e fluviais.

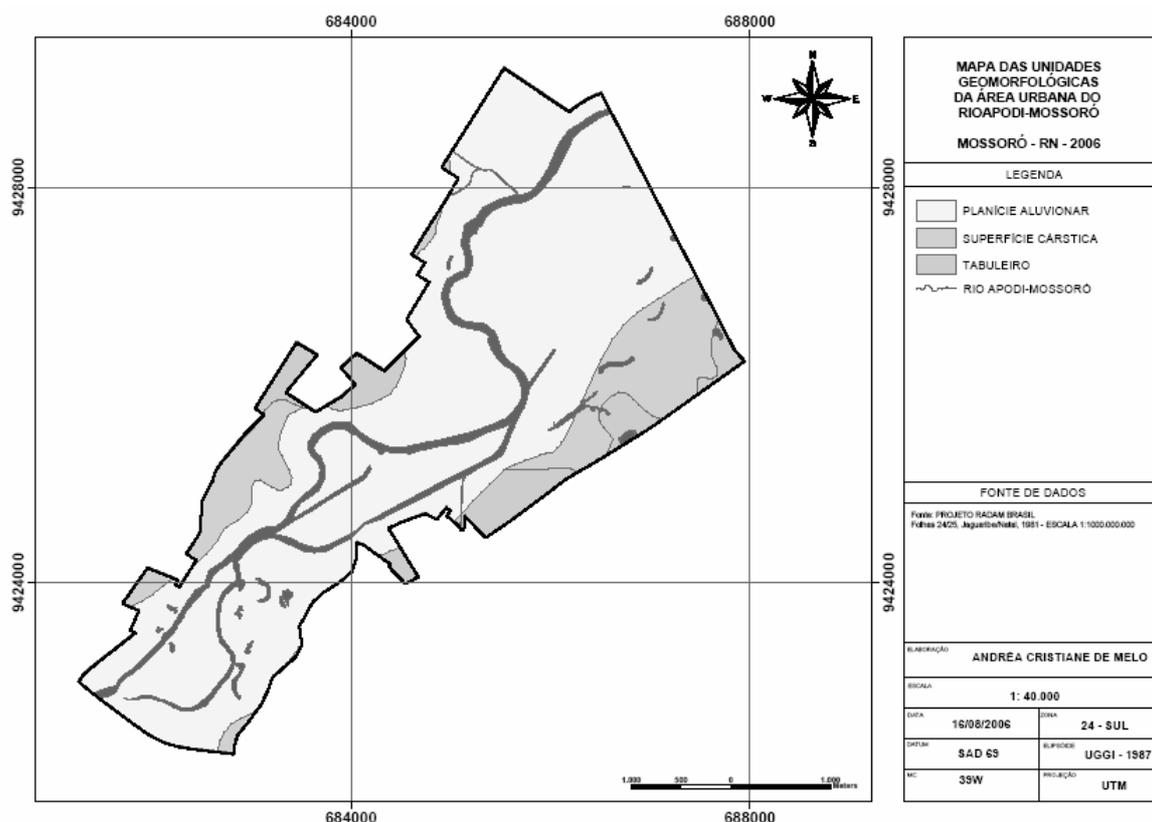


Figura 3 – Mapa de unidades geomorfológicas da área urbana do rio Apodi-Mossoró

As formas de relevo coincidem com as litologias, as planícies de inundação (77%) ocorrem nos sedimentos aluvionares, os tabuleiros (9%), na Formação Barreira e a superfície cárstica (14%), na Formação Jandaíra. Cada forma indica a diretriz específica que se deve tomar para a ocupação planejada, evitando que as mesmas sofram intensas ações erosivas, principalmente, os assoreamentos, comuns no rio Apodi-Mossoró. Nos relevos cársticos a preocupação maior é com a dissolução da rocha calcária formando porosidades secundárias, cavernas e dolinas de colapso, que podem causar grandes transtornos aos empreendimentos e à vida humana. No entanto, as planícies de inundação e nos tabuleiros, apesar das pequenas declividades, as atividades geológico-geomorfológicas são mais intensas, ocasionando os processos erosivos e de assoreamento de grande porte.



Figura 4 – Mapa pedológico da área urbana do rio Apodi-Mossoró

O solo Solonchack ocorre nas porções Norte, Noroeste e Central da área, se estendendo por 43%, o Neossolo Quartzarênico (39%) concentra-se na região Sul e Leste e o Latossolo Amarelo ocorre ao leste com 12% de extensão. O Latossolo Amarelo é muito profundo e permeável, fortemente drenado, boa resistência à erosão e elevado grau de intemperismo. É ácido e de baixa fertilidade natural, utilizado para a pecuária, culturas permanentes e temporárias, sendo necessário que haja um programa de adubação e fertilização, visando a elevar o nível de nutrientes, bem como, irrigação e suporta a mecanização agrícola. O Neossolo Quartzarênico é muito arenoso, profundo, excessivamente drenado, ácido e de baixa fertilidade natural. O Solonchak possui alta salinidade, mal drenado, impróprio para utilização agrícola.

A vegetação de algaroba possui 49% de extensão e cobre as regiões Norte, Noroeste e Central, a mata de carnaúba concentra-se na região Sul (22%) e a área de cultura e extrato herbáceo contorna as demais vegetações, compondo 29% de toda a área. A agricultura é representada principalmente por frutas irrigadas, castanha de caju, milho, algodão e cana-de-açúcar. Num intervalo de aproximadamente 26 anos, o mangue arbóreo nativo foi substituído pela algaroba, espécie bio-invasora oriunda do Peru responsável pelo deslocamento das espécies nativas além de produzir camada de

serapilheira que não permite a germinação de sementes de outras plantas. A vegetação de carnaúba é conhecida na região como Parque das Palmeiras.

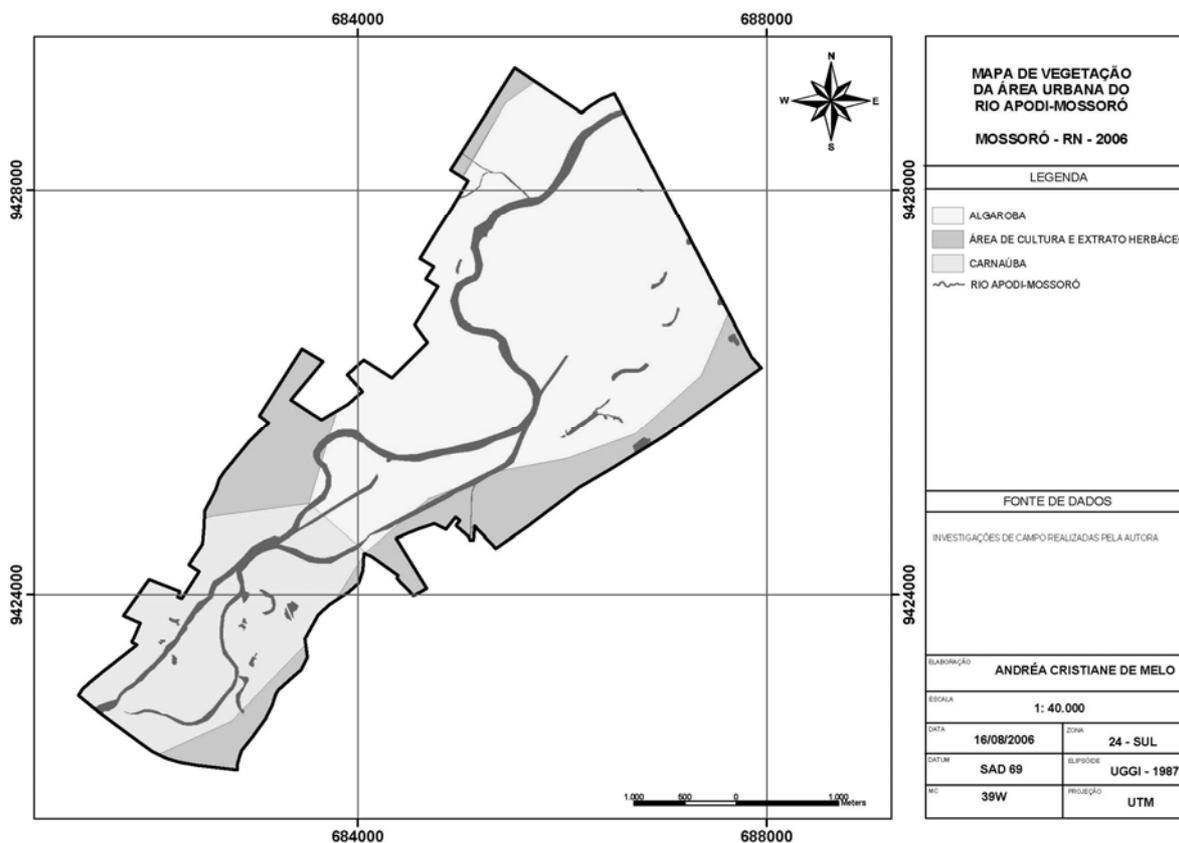


Figura 5 – Mapa de vegetação da área urbana do rio Apodi-Mossoró.

A integração destes mapas através de álgebras de mapas gerou o mapa de vulnerabilidade ambiental. A vulnerabilidade ambiental é a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, onde o termo susceptibilidade assume o sentido de apresentar uma tendência de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que já tinha (TAGLIANI, 2007).

De acordo com o método adotado o grau de vulnerabilidade ambiental estipulado a cada classe temática dos mapas de geologia, geomorfologia, vegetação e pedologia foi distribuído em um intervalo de 1,0 a 3,0 (Tabela 1).

Como se inseriu os pesos de vulnerabilidade de cada classe dos mapas temáticos na tabela de atributos, ao final da união dos quatro mapas dispunham-se dos graus de vulnerabilidade dos mapas de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação em apenas um mapa. Desta forma, pode-se calcular a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe, gerando assim o mapa de vulnerabilidade ambiental (Figura 6), podendo-se identificar as áreas mais frágeis quanto às atividades antrópicas.

O resultado da média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade: classe 1 - Muito Baixa (de 1,0 a 1,3); Classe 2 - Baixa (de 1,4 a 1,7); Classe 3 - Média (de 1,8 a 2,2); Classe 4 - Alta (de 2,3 a 2,5); Classe 5 - Muito Alta (maior ou igual a 2,6).

Tabela 1 – Graus de Vulnerabilidade Atribuídos às Unidades.

Classes dos mapas temáticos	Grau de vulnerabilidade
GEOLOGIA	
Formação Barreiras (Tqb)	2,0
Depósitos Aluvionares (Qa)	3,0
Formação Jandaíra (Kj)	1,0
GEOMORFOLOGIA	
Planície Aluvionar	3,0
Superfície Cárstica	1,0
Tabuleiro	2,0
SOLOS	
Solonchak (SK)	3,0
Latossolo Amarelo (LA)	2,0
Neossolo Quartzarênico (RQ)	1,0
VEGETAÇÃO	
Algaroba	1,0
Área de Cultura e Extrato	3,0
Herbáceo	2,0
Carnaúbas	

A classificação final das classes vulneráveis, por ser uma função dos valores da vulnerabilidade ambiental de cada tema individualmente, varia com o tempo em virtude do caráter dinâmico dos componentes da paisagem. Assim, este produto para que possa continuamente servir de subsídios à gestão ambiental do território, deve ser facilmente gerado e permanentemente atualizado. Estes requisitos são satisfeitos quando usadas geotecnologias de coleta, tratamento e análise de informação, como o instrumental utilizado neste trabalho.

Pelo mapa de vulnerabilidade ambiental percebe-se que contém informações suficientes para subsidiar as tomadas de decisões, além de ser de fácil leitura e compreensão. Pois é na simplicidade e na clareza da representação da hierarquização do subsídio à gestão ambiental que reside a chave para a elaboração de uma estratégia de prevenção e mitigação ao risco de danos sócio-econômico-ambiental (ULLER, et al., 2002). Assim, este mapa representa uma importante ferramenta técnico-gerencial para a priorização dos ambientes a serem protegidos. As áreas mais vulneráveis correspondem àquelas com maiores riscos à intervenção humana e auxiliam no direcionamento dos recursos disponíveis de resposta ao desequilíbrio ambiental.

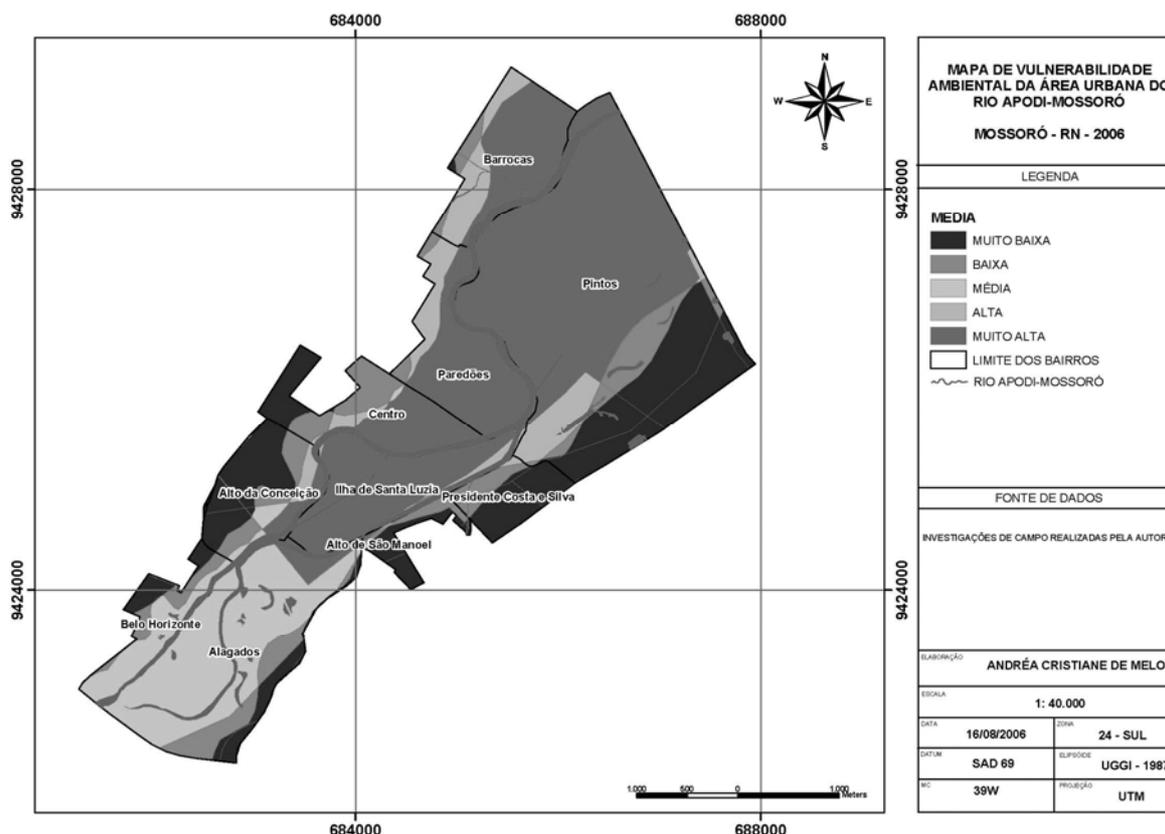


Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área urbana do rio Apodi-Mossoró, exibindo os bairros do município de Mossoró.

Como era de se esperar, a classe de vulnerabilidade ambiental muito alta é definida pelas classes de depósitos aluvionares, planície de inundação, solo Solonchak e vegetação de algaroba e representa a maior área em extensão (39%). A classe de vulnerabilidade ambiental alta concentra-se ao redor da classe supracitada e possui a menor área (8%). A classe de vulnerabilidade ambiental média representa a terceira área em tamanho (18%), determinada pelos depósitos aluvionares, planície de inundação, Neossolo Quartzarênico e mata de carnaúba. A classe de vulnerabilidade baixa contorna as classes acima e sua área (12%) está entre as classes alta e média de vulnerabilidade ambiental. Por fim, a classe de vulnerabilidade ambiental muito baixa, segunda classe em extensão (23%), se localiza nas áreas de cultura de formação cárstica da formação Jandaíra.

As classes de vulnerabilidade baixa e muito baixa perfazem um total de 35% da área de estudo e as classes muito alta e alta atingem quase 50%, aliadas à classe de média vulnerabilidade ambiental totalizam 65%. Deste modo, é notório que a área de estudo necessita de um planejamento ambiental urgente em seu território urbano ao redor do rio Apodi-Mossoró, visando à conservação da quantidade e qualidade dos seus recursos hídricos e em prol de toda a comunidade. O centro da cidade e os bairros

de São Manoel, Ilha de Santa Luzia, Barrocas, Paredões e Pintos estão localizados na classe de vulnerabilidade muito alta e com exceção do bairro Pintos, os demais se encontram com alta densidade populacional. Os bairros Alagados e Belo Horizonte estão situados na classe de vulnerabilidade média e possuem uma densidade populacional baixa. Os demais bairros, Alto da Conceição e Presidente Costa e Silva localizam-se nas classes baixa e muito baixa de vulnerabilidade ambiental, porém, a densidade populacional é alta.

Ao fazer uma correlação entre os mapas de vulnerabilidade ambiental e o trabalho de campo, foi verificado que a área de maior vulnerabilidade ambiental apresenta duas características indesejáveis: uma diz respeito aos bairros com alta densidade demográfica, que estão praticamente ocupadas por residências e comércios, e que apresentam elevado índice poluidor; a outra, são bairros menos povoados, onde a pressão antrópica é maior, por possuir uma alta tendência de surgir novos empreendimentos e, conseqüentemente, novas fontes poluidoras. Estas constatações denotam a falta de uma legislação ambiental capaz de coibir a especulação imobiliária nesta área, e, principalmente a construção de novos empreendimentos residenciais e comerciais no intuito de que não sejam criadas novas fontes poluidoras nesta área.

Durante os trabalhos de campo foi constatado que as margens do rio encontram-se totalmente antropizadas, estando densamente povoada, além disto, a presença constante de estabelecimentos comerciais, tais como lava-jatos, postos de gasolina, oficinas, autopeças, sucatas e serrarias, entre outros ao longo do curso do rio.

Nestes tipos de empreendimentos existe produção constante de resíduos sólidos e de efluentes, aos quais não possuem tratamento e destino adequados, colaborando, portanto, para o agravamento dos impactos ambientais sofridos pelo rio Apodi-Mossoró. As construções das populações ribeirinhas são totalmente desordenadas e feitas sem nenhum planejamento. Além da ocupação indevida das margens do rio Apodi-Mossoró, podem ser facilmente encontradas culturas de subsistência e pequenas criações de diferentes tipos de animais, sem nenhum tipo de controle ambiental, com uso indiscriminado de produtos químicos para correção da fertilidade do solo e os excrementos dos animais ficam expostos inadequadamente nos sedimentos permeáveis, porosos e erodíveis. Estes produtos são lixiviados diretamente nos cursos fluviais, e infiltrados nos lençóis freáticos, causando contaminação dos corpos d'água.

Todo este panorama descrito tem desencadeado inúmeros problemas de ordem ambiental, que conseqüentemente corroboram para a deterioração da qualidade

de vida da população. A ocupação das margens do rio, por exemplo, gera esgotos a céu aberto e ligações clandestinas, responsáveis pelo lançamento de dejetos diretamente no rio. A falta de gerenciamento desses efluentes e resíduos sólidos geram, entre outros problemas, o entupimento das galerias pluviais com o lixo que se acumula sobre as mesmas, o que provoca enchentes durante o período chuvoso. Assim, os canais fluviais tornam-se mais um veículo para o lançamento de esgoto. Esses esgotos e depósitos clandestinos de lixo a céu aberto, além da poluição visual, representam um grande vetor de doenças de veiculação hídrica, principalmente cólera; febre tifóide; leptospirose; hepatite; esquistossomose; dengue e malária.

Identificou-se o aguapé (*Eichornia crassipes*), planta aquática, originária da Amazônia, capaz de cobrir totalmente a superfície de corpos d'água, reduzindo a penetração da luz e dificultando a navegação e a pesca. Esta planta também pode danificar turbinas de barragem e entupir canalizações públicas em períodos chuvosos. Com relação à prática agrícola realizada às margens do rio, o impacto direto é a destruição da mata ciliar, e o conseqüente assoreamento do rio. Outro fator preocupante é o possível uso de defensivos agrícolas nas culturas, aos quais causam a eutrofização e ainda, o fato de as mesmas serem irrigadas pela água contaminada do rio, tornado os alimentos vetores de doenças.

Outros problemas identificados foram às queimadas, que além da poluição atmosférica, mesmo em níveis pontuais, provoca a destruição de espécies vegetais nativas e ainda o afugentamento de animais, especialmente das aves, mais comuns na área de estudo que os animais terrestres, causando também o empobrecimento do solo. O cipó-de-sapo (*Cryptostegia grandiflora*) é uma flor nativa da ilha de Madagascar (África), e chegou ao Nordeste brasileiro, como planta ornamental. No entanto, a espécie invade principalmente as matas ciliares ou áreas localizadas às margens de rios e lagunas temporárias. Nos solos onde cresce o cipó-de-sapo ocorre a diminuição dos índices de umidade e reduz as florestas de carnaúbas.

A realidade da ocupação urbana da área de estudo é adversa aos princípios de um planejamento municipal adequado, pois a apropriação do território não está em conformidade com a capacidade do terreno em sustentar as atividades antrópicas sem causar prejuízos ao meio ambiente, principalmente ao rio Apodi-Mossoró. Assim, a adoção de práticas baseada no desenvolvimento sustentável, na medida em que efetivamente for empregada, irá propiciar maior eficiência das atividades de crescimento urbano e a preservação dos recursos naturais. Deste modo, recomenda-se a utilização de leis ambientais e que elas sejam cumpridas visando:

- o controle da especulação imobiliária, definindo áreas de preservação; deter o avanço exagerado do comércio em áreas inapropriadas e impor o tratamento de seus efluentes e resíduos sólidos;
- as atuações junto às comunidades ribeirinhas, viabilizando ações de recomposição da mata ciliar e utilizando métodos conservacionistas nos solos, com a urgente exterminação das queimadas e do uso de defensivos agrícolas e definindo áreas apropriadas e tecnologias limpas para a agricultura e pecuária de subsistência. Caso seja necessária a desapropriação das residências das populações ribeirinhas, estas devem ser alocadas em áreas com infra-estrutura (saneamento básico, transporte, escolas, dentre outros);
- e por fim, o desenvolvimento de programas ecológicos de minimização dos efeitos deletérios: dos aguapés, para aumentar a penetração de luz solar nos cursos d'água, diminuir a mortalidade de peixes e das demais vidas aquáticas e facilitar a navegação; do cipó-de-sapo e da algaroba, visando a expansão da mata de carnaúba e da vegetação de mangue.

CONCLUSÕES

Com base no desenvolvimento deste trabalho, os resultados obtidos permitem concluir que foi atingido o objetivo geral, ou seja, fornecer subsídios para o gerenciamento ambiental na área urbana do município de Mossoró inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró.

Com relação aos objetivos específicos, foram gerados todos os dados essenciais ao desenvolvimento deste trabalho: o Banco de Dados Georreferenciados (BDG), os mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e vulnerabilidade ambiental.

A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que o comércio e a expansão imobiliária não estão obedecendo aos limites da capacidade do município em sustentar ou suportar o desenvolvimento urbano e o crescimento populacional, prejudicando tanto o ecossistema aquático quanto o terrestre na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró. Como conseqüências diretas têm-se: o assoreamento do rio Apodi-

Mossoró; a contaminação das águas superficiais e subterrâneas; perda das vegetações nativas, principalmente as matas ciliares, florestas de carnaúba e vegetação de mangue; e proliferação de doenças de veiculação hídrica.

No estágio atual das tecnologias e na busca da modernização administrativa, a utilidade do geoprocessamento como ferramenta fundamental na gestão pública não pode mais ser contestada. Desta forma, a geoinformatização das prefeituras é um grande suporte para as tomadas de decisões e deve ser implantada em todos os municípios. Pois, o geoprocessamento em conjunto com a Internet permite disponibilizar para o cidadão informações atuais e facilmente interpretadas. Afinal, transparência deve ser um dos princípios norteadores de qualquer administração democrática e, neste sentido, a geoinformação das prefeituras não é apenas como um avanço tecnológico, mas também um meio de interação com o cidadão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; BATTY, M. **Modelo espaço-temporal em planejamento urbano: desafios para a nova geração de SIG.** Disponível em: <www.fatorgis.com.br> Acesso em 11 de mar. 2009.
- ARAÚJO, P. C.; RIEDEL, P. S.; BROLLO, M.J.; VEDOVELLO, R. Aplicação do método multicritério em sistemas de informação geográfica na escolha de locais para a disposição de resíduos sólidos no Município de Americana-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1999. 1CD.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective.** Ottawa: WDL Publications, 1993. 294p.
- ASRAR, G. **Theory and applications of optical remote sensing.** John Wiley & Sons, New York. 1989. 734p.
- BURROUGH, P. A . **Principles of geographic information systems of land resources assessment.** Oxford: Claredon Press, 1986. 333p.
- COSTA, S. M. F.; CINTRA, J. P .Environmental analysis of the metropolitan areas in Brazil. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 54, p. 41-19, 1999.
- CURRAN, P. **Principles of Remote Sensing.** New York: Longman, 1995. 282p.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation.** New York: John Miley & Sons. 5. ed. 2004. 763 p.
- MEINEL, G.; LIPPOLD, R.; NETZBAND, M. The potential use of new high resolution satellite data for urban and regional planning. In: ISPRS COMMISSION SYMPOSIUM, 7. 1998. Budapest. **Anais...** Budapest: ISPRS, 1998, p.250-257.
- PIEROZZI JR., M. Geotecnologias e geoinformação para a gestão territorial municipal. **Infogeo.** Curitiba, v.41. p. 23-24, 2006.
- RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction.** Berlin: Springer-Verlag, 1995. 340 p.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Unicamp, 2003. 236p.

SOUZA, M. L. Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 560p.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação. **Galeria de artigos acadêmicos.** 2002. Disponível em <www.fatorgis.com.br> Acesso em: 11 de mar. 2007.

ULLER, L.; SARMAENTO, S.; OLIVEIRA, S. **Mapa de sensibilidade ambiental em área atividades petrolíferas.** 2002. Disponível em <<http://www.cgee.org.br/arquivos/nota.pdf>> Acesso em: 4 mai. 2009.