

UTILIZAÇÃO DE DADOS SÓCIO-AMBIENTAIS PARA A ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA DE GEOINFORMAÇÃO PARA A GESTÃO MUNICIPAL

*Reinaldo Antônio Petta¹
Cleyber Nascimento de Medeiros¹
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento¹*

Universidade Federal do Rio Grande do Norte petta@geologia.ufrn.br.

RESUMO

O crescimento populacional acelerado e desordenado no município de Parnamirim (RN) acarreta problemas sócio-econômico-ambientais, que vão desde a má qualidade de moradias e altas taxas de desemprego até a degradação de ecossistemas frágeis, como os campos de dunas. Desde modo, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um Sistema de Gestão Municipal com base em procedimentos de geoinformação, para integrar, numa única plataforma, dados censitários e do meio físico do município de Parnamirim. A materialização deste sistema permitiu mostrar que os produtos gerados resultantes de consultas, análises e combinações dos dados possibilitam explorá-los com diferentes técnicas de análise geográfica. Desta maneira, é um instrumento auxiliar para tomadas de decisão apropriadas para o planejamento urbano, levando em consideração o desenvolvimento sócio-econômico da população e a minimização dos impactos ambientais decorrentes deste desenvolvimento. Espera-se que os resultados e informações apresentados neste trabalho possam ser utilizados pelas autoridades competentes para planejar a ocupação racional do espaço geográfico de Parnamirim, como também de outras prefeituras. A prefeitura que possui um Sistema de Gestão Municipal demonstra uma postura reativa, com dispositivos de controle ambiental e desenvolvimento sócio-econômico.

Palavras chave: Geoinformação, gestão municipal, indicadores sócio-ambientais.

ABSTRACT

The accelerated and disordered populational growth in the city of Parnamirim (RN) causes socio-economic-environmental problems such as bad quality of housing and high taxes of unemployment, and degradation of fragile ecosystem, like the dune fields. Therefore, the objective of the present work is to develop a Municipal Management System on the basis of Geoinformation System procedures to integrate, in an unified platform with census and environmental data of the city of Parnamirim. The materialization of this system shows that the generated products resultant of consultations, analysis and combinations of the data permit them to explored though different techniques of geographic analysis. This way, it is an auxiliary instrument for appropriate decision making for the urban planning, taking into consideration the socio-economic development of the population and the decrease of the consequent environmental impacts of this development. One expects that the results and information presented in this work can be used by the competent authorities to plan the rational occupati-

on of the geographic space of Parnamirim, as well as other municipal districts. Therefore, the city hall that possesses a Municipal Management System demonstrates a reactive position, with devices of environmental control and socio-economic development.

Keywords: Geoinformation System, municipal management, socio-environmental indicators.

INTRODUÇÃO

Para que as ações desempenhadas pelas prefeituras sejam orientadas às necessidades da comunidade e compatíveis com a realidade dos municípios, torna-se necessário conhecê-los segundo as suas potencialidades sócio-ambientais. Em virtude dos diferentes cenários existentes em qualquer espaço, a introdução de melhorias deve ser dirigida conforme a capacidade do terreno em absorver os empreendimentos. Deste modo, faz-se necessária a utilização de informações que contemplem a paisagem em seus diferentes aspectos e que norteiem a implantação de ações em apoio ao gerenciamento de seus recursos naturais e humanos (Cunha, 2001).

Para se administrar uma cidade não basta apenas contar com a vontade política, mas também ter acesso rápido a informações corretas, confiáveis, atualizadas e disponíveis com agilidade para a prestação de serviços a comunidade (Genovêz, 2002). Essas informações podem ser organizadas por meio de procedimentos geotecnológicos, que possibilita a integração entre as entidades espaciais e os atributos não-espaciais no ambiente da administração municipal.

Neste trabalho, foram utilizados o Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Cartografia Digital e Banco de Dado Georreferenciado (BDG). Estas ferramentas possibilitam o monitoramento, avaliação e aperfeiçoamento das ações governamentais, assim como o diagnóstico ambiental, formulação e implementação de políticas públicas voltadas para a melhoria da qualidade de vida da população, no entanto, elas têm sido sub-utilizadas pela mai-

oria das prefeituras. Vários tipos de modelagens espaciais têm sido utilizados no planejamento da dinâmica urbana, concorrendo tanto no estado da arte das geotecnologias quanto no retorno para a sociedade (Batty, 2000; Almeida et al. 2007).

O objetivo deste trabalho foi elaborar um Sistema de Gestão Municipal (SGM) através dos dados ambientais e sócio-econômicos do Município de Parnamirim-RN, formando uma plataforma única e integrada destes dados, armazenados em um BDG, que oferece meios explícitos de exploração e visualização das conseqüências positivas e negativas oriundas do processo de urbanização e de formulação de estratégias alternativas para o desenvolvimento do ambiente urbano. Para atingir esta proposta foram gerados mapas temáticos digitais necessários para o conhecimento dos aspectos relacionados ao meio físico da área de estudo e o cadastramento de informações sócio-econômicas para traçar o perfil da população. Estes procedimentos foram realizados por técnicas de sensoriamento remoto e SIG, tendo como divisão espacial, os bairros do município de Parnamirim, os quais são as unidades básicas de planejamento e gestão definidos no Plano Diretor do Município de 1999.

É fundamental a garantia de que o SGM seja ampliado na medida das suas necessidades, ao mesmo tempo em que possa ser mantido e operado sob condições permanentes de segurança, valendo-se da tecnologia disponível para a preservação ambiental e do desenvolvimento sócio-econômico. Neste sentido, o BDG aliado ao SIG possibilita visualizar, consultar, analisar e gerar resultados, como também a atualização cons-

tante de novas informações, obtendo novos produtos (Pertersen et al., 1991).

O que se pretendeu com este trabalho foi disponibilizar informações espaciais (mapas temáticos) e não-espaciais (dados censitários) atualizadas sobre a área em foco, criando uma nova mentalidade de gestão sócio-ambiental para o município de Parnamirim. A realização deste SGM (Sistema de Gestão Municipal) se justifica pelo aumento da demanda por serviços públicos e de infra-estrutura decorrentes do crescimento populacional acelerado nos últimos anos neste município.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo faz parte da Região Metropolitana de Natal, situada entre os paralelos 5° 50' e 5° 59' de latitude Sul e os meridianos 35° 06' e 35° 18' de longitude Oeste. O município está inserido na bacia hidrográfica do rio Pirangi e sua hidrogeologia é caracterizada pelo aquífero Dunas/Barreiras e pela lagoa do Jiqui, que abastecem a população, ambos comprometidos pela expansão urbana (Santos, 1999). O clima caracterizado por períodos com excesso de precipitação e por períodos com altos índices de déficit influencia diretamente na recarga do aquífero e da lagoa. As rochas do Grupo Barreiras, recobertas por Dunas Fixas e Móveis, são porosas e permeáveis, assim como a cobertura pedológica.

As condições fisiográficas do terreno, o intenso desmatamento da cobertura vegetal natural para loteamento e a extensiva exploração de areias para construção civil, sem licenciamento ambiental dos órgãos competentes têm formado grandes crateras que são ocupadas por lixo urbano, favorecendo a contaminação do lençol freático (Figueiredo & Figueiredo Filho, 2000).

A área urbana está subdividida em 15 bairros e 3 distritos pertencentes à zona

rural do município (Fig. 1).

De acordo com o censo de 2000 a população total do município é de 124.690 habitantes; a taxa de urbanização é de aproximadamente 88%, correspondendo à cerca de 110.000 moradores residindo na área urbana do município. O maior crescimento relativo ocorreu durante o período de 1980-1991, alcançando um valor igual a 138,31%.

Na década 1991-2000, o crescimento relativo alcançou um valor de 98,33%, apesar de ter um decréscimo obteve um valor alto em termos absolutos. Este aumento demográfico propiciou o surgimento de problemas no meio social, econômico e ambiental. Deste modo, percebe-se que o dinamismo demográfico do município representa um grande desafio do ponto de vista da provisão de infra-estrutura e serviços urbanos, bem como de conservação ambiental e qualidade de vida, sem esquecer que há carências acumuladas historicamente, sobretudo para os segmentos mais pobres.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais Utilizados

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do SGM foram: I) documentação cartográfica (Carta Topográfica Folha SB-25-V-C-V-Natal – escala 1:100.000 – 1970; Carta de Cobertura de Alteração Intempérica da Grande Natal – escala 1:100.000 (Nunes, 2000); Mapa Geológico Preliminar da Costa Leste do RN/PB – escala 1:100.000 (Bezerra & Amaro, 1994); Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte – escala 1:500.000 (DNPM, 1998); Carta Fisiográfica da Grande Natal – escala 1:100.000 (Nunes, 2000); Mapa Geomorfológico – escala 1:1.000.000 (Projeto RADAM BRASIL, 1981); Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal – escala 1:100.000 (IDE-MA *apud* Natrontec, 1999) e Mapa da Cidade de Parnamirim – escala 1:100.000 – 1999); II) imagens de satélite IKONOS II;

III) programas computacionais Arc View GIS 3.2 e o Envi 3.2; e IV) dados censitários obtidos do Censo Demográfico de 2000 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Levantamento e Compilação dos Dados

Esta etapa consistiu na aquisição, seleção e preparação dos dados censitários, documentos cartográficos e imagens de satélite. Foram feitos levantamentos sobre o meio físico do município relacionados ao clima, vegetação, geomorfologia, hidrografia, hidrogeologia, geologia, uso e ocupação do solo, assim como dados referentes ao meio sócio-econômico ligados à demografia, educação, renda, saúde, suprimento de energia elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e condições de moradia. Na seleção de dados, a preocupação central foi com o domínio do conhecimento teórico-conceitual para não se desprezar dados que, na realidade, possam ter grande significado para atingir resultados interpretativos, que se aproximem da verdade dos fatos reais, ou vice-versa, supervalorizar dados que não são fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

A preparação ou entrada dos dados englobou as atividades necessárias à transformação de dados do formato analógico para o digital e a respectiva inclusão no BDG concebido nesta etapa. Assim, foram incluídas nestas atividades: a estruturação do SGM; a definição do BDG; a digitalização, análise, correção e ajuste dos dados censitários e cartográficos; e a conversão de formato e geocorreção das imagens de sensoriamento remoto para o sistema de projeção cartográfica adotado.

A estruturação do SGM dispõe de uma entrada ilimitada de dados do meio físico e sócio-econômico, os quais podem e devem ser constantemente atualizados, assim como,

inseridos novos dados ao sistema. Estes dados armazenados são integrados por modelos matemáticos caracterizados por um conjunto de operações de análise ou inferência espacial disponíveis no sistema de geoprocessamento capazes de realizar transformações e combinações sobre tais dados, que produzirá a informação pretendida.

O BDG foi concebido na projeção UTM, Zona 25 Sul, datum SAD 69, tendo como base cartográfica, o Mapa da Cidade de Parnamirim. Assim, o próximo procedimento foi a alimentação deste banco de dados. Inicialmente o mapa analógico supra-citado foi digitalizado e georreferenciado, preservando a sua projeção, sistema de coordenadas e datum original. Posteriormente, os dados censitários foram digitalizados de tal forma que cada bairro contenha as informações sócio-econômicas. Como as documentações cartográficas 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.

Tratamento dos Dados Censitários

A base territorial utilizada para a análise dos dados censitários foi construída ao de nível de bairros. A população dos quinze bairros da área urbana de Parnamirim atinge mais de 85% da população total do município, o que justifica estudar os indicadores desagregados ao nível de bairros.

A base de dados sócio-econômicos foi digitada no software Arc View GIS 3.2 e espacializada nos seguintes mapas: população total dos bairros da área urbana de Parnamirim; percentual de analfabetos dos bairros da área urbana de Parnamirim; renda média dos chefes de domicílios dos bairros da área urbana de Parnamirim; e distribuição de índice de qualidade de vida (IQV) por bairros da área urbana de Parnamirim.

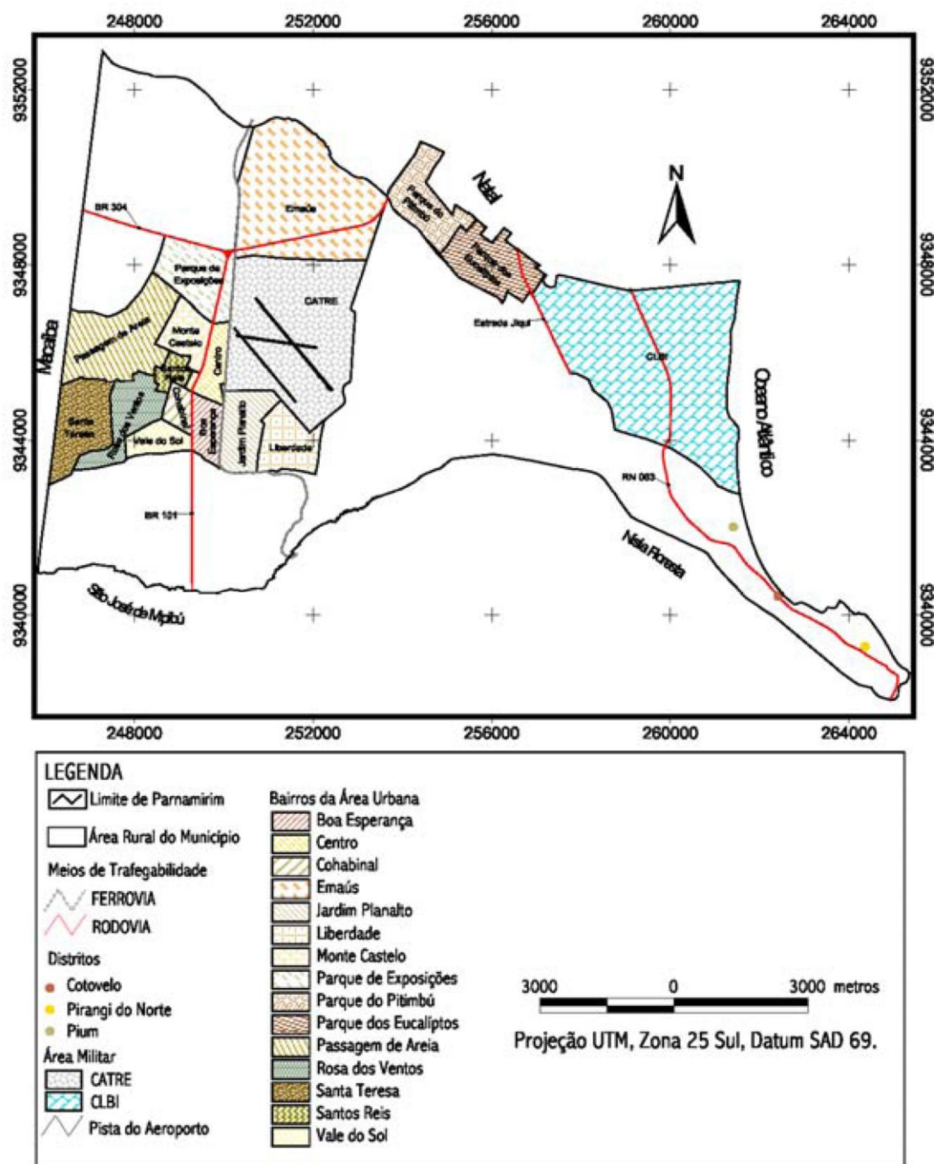


Figura 1 – Município de Parnamirim Subdividido por Bairros, Distritos Municipais e Principais Vias de Acesso

Processamento Digital das Imagens

As imagens orbitais IKONOS II foram pré-processadas por técnicas de realce por contraste, melhorando-se a qualidade visual para a extração de informações, no intuito

de gerar os mapas de vegetação, uso do solo, hidrografia, geologia, geomorfologia e pedologia. As ampliações de contraste foram realizadas pela expansão linear, que é uma maneira simples de aumentar o contraste da

imagem. Matematicamente, a média e o desvio-padrão são utilizados para determinar o intervalo de variação dos dados. O histograma de saída é idêntico em formato ao de entrada (original), exceto que ele terá um valor médio e espalhamento diferentes.

Elaboração dos mapas temáticos

Após as imagens pré-processadas, foram confeccionados os principais mapas temáticos que constituem a base de dados do banco georreferenciado: mapas de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação. Estes mapas 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. Estes procedimentos foram realizados praticamente ao mesmo tempo e a maior preocupação foi uma melhor identificação, delimitação e posterior digitalização das referidas áreas homogêneas.

Destaca-se que comparativamente aos procedimentos tradicionais de interpretação visual para identificação e delimitação das classes de interesse a partir de imagens analógicas (desenho de *overlay* com a imagem sobre a mesa de luz), pode-se afirmar que a interpretação diretamente na tela do computador possui algumas vantagens tais como: possibilidade de utilizar inúmeras ampliações da imagem, permitindo identificar e desenhar melhor os limites dos alvos; a criação de várias composições coloridas ou de novas imagens obtidas a partir da aplicação de funções diversas de processamento de imagens sobre as bandas originais e os alvos são digitalizados diretamente, não existindo o *overlay*, tampouco os problemas de distorções, erros e ajustes, comuns nas atividades manuais, desde a interpretação da imagem até o desenho do

mapa final. Além disso, as informações auxiliares, desde que estejam contidas no BDG, sob formas de mapas em diferentes escalas, podem ser facilmente ajustadas e sobrepostas 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 na área do município, no intuito de ajudar no processo de interpretação das imagens procurando identificar feições não compreendidas nas imagens IKONOS II.

Elaboração do mapa de vulnerabilidade à ocupação humana

O mapa de vulnerabilidade à ocupação humana é um instrumento de subsídio 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 elaboração do mapa de vulnerabilidade à ocupação humana, foi utilizado o método multicriterial, onde cada classe dos mapas temáticos 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.

Depois de reunidos, os mapas georreferenciados no formato digital, foram realizados cruzamentos entre os mesmos. Inicialmente foram atribuídos pesos a cada classe temática nos mapas, valores estes entre 1,0 e 3,0. O intervalo dos pesos da

vulnerabilidade à ocupação humana 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 fragilidade 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 e morfometria 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 ao 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 classe temáticas envolve critérios subjetivos, baseados na percepção do ecossistema e nas informações disponíveis para este fim (Tagliani, 2007). 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 e tomou-se todo o cuidado para manter um critério consensual e de forma menos subjetiva.

De posse dos mapas temáticos e dos pesos para cada classe, foi realizado o cruzamento das entidades espaciais (mapas temáticos) e não-espaciais (atributos dos mapas temáticos). A rotina do Arc View Gis 3.2 permite o cruza-

mento de dois mapas e, desta forma, 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, calculando a média aritmética dos valores de vulnerabilidade dos mapas temáticos, gerando o mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do município de Parnamirim. 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 E DISCUSSÃO

Avaliação do Meio Sócio-Econômico

Neste item é analisado o conjunto de indicadores e aspectos relacionados à demografia, à educação, à renda, e à qualidade de vida da população do Município de Parnamirim, permitindo traçar uma visão geral das suas condições sócio-econômicas. A figura 2 mostra os mapas de população total dos bairros da área urbana de Parnamirim; percentual de analfabetos dos bairros da área urbana de Parnamirim; renda média dos chefes de domicílios dos bairros da área urbana de Parnamirim; e distribuição de índice de qualidade de vida (IQV) por bairros da área urbana de Parnamirim.

População

A razão de dependência, que é o somatório da população com menos de 15 e acima de 64 anos, que depende da população em idade ativa, foi reduzida de 69,77% para 54,85%, entre os anos de 1991 e 2000. Este aumento da população em idade ativa tem como consequência sócio-econômica um contingente expressivo de mão-de-obra em busca de trabalho.

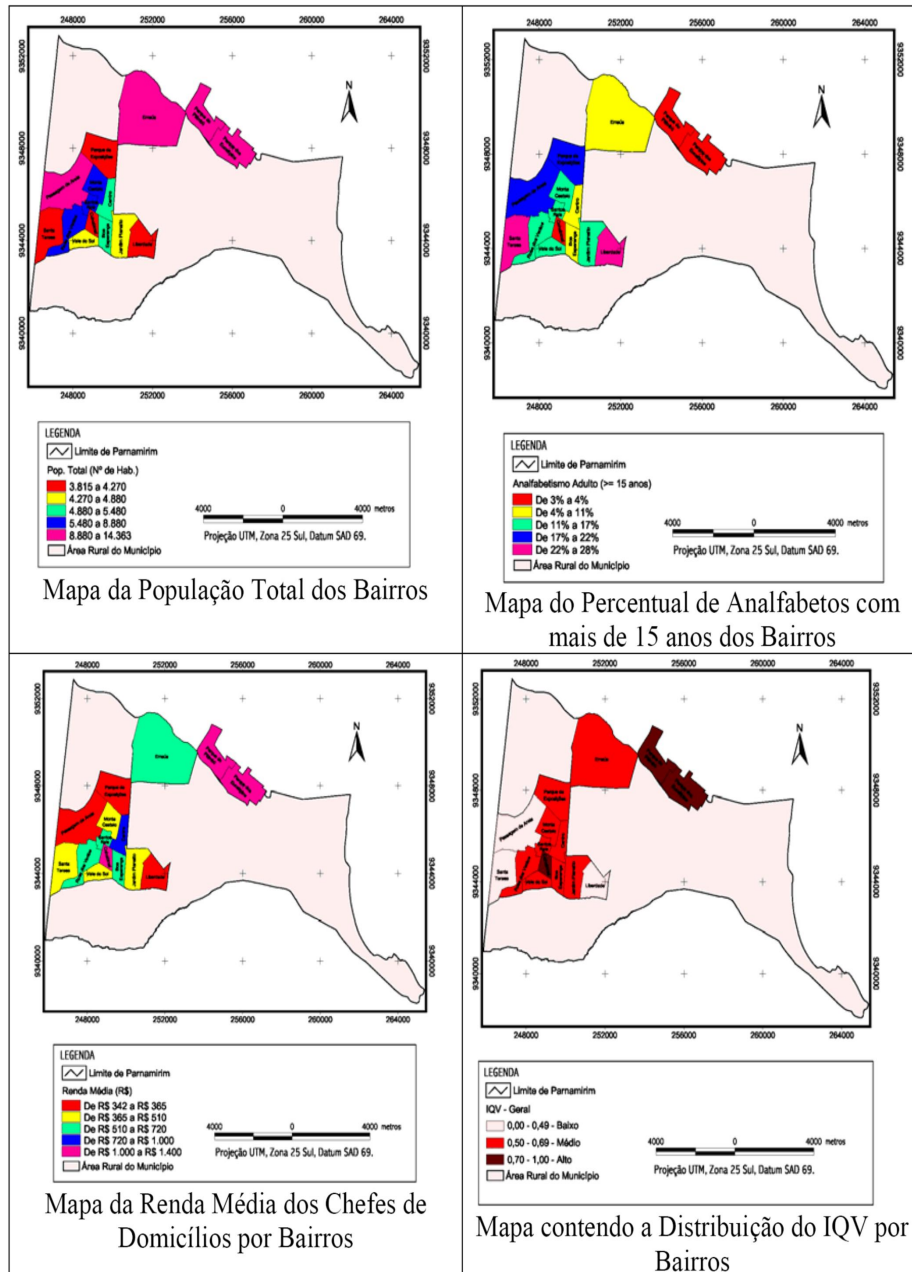


Figura 2 – Mapas dos indicadores sócio-econômicos da Área Urbana de Parnamirim. FONTE: Elaborado a partir dos dados do Censo Demográfico (IBGE 2000).

Renda

O estudo da distribuição de renda é outro importante indicador em avaliações sócio-econômicas. A renda média dos chefes de domicílios de Parnamirim foi de R\$742,79 no ano 2000. É possível visualizar espacialmente os bairros com população mais carente, determinando, assim, o público-alvo para programas de alcance social.

Educação

O calendário do Ministério da Educação indica que se a criança não se atrasar na escola ela completará o ensino fundamental aos 14 anos de idade, daí a medição do analfabetismo se dar a partir dos 15 anos. A taxa de analfabetismo para as pessoas de 15 anos ou mais de idade foi de 13,80% em 2000. Pode-se identificar quais os bairros que possuem maior parcela de população jovem, onde se inclui a faixa etária apta a cursar os ensinos fundamental e médio.

Índice de qualidade de vida

O Índice de Qualidade de Vida – IQV é resultado da média aritmética de três subíndices: IQV-Renda, IQV-Ambiental e IQV-Educação. A área urbana de Parnamirim apresentou uma classificação média de IQV, se destacando no IQV-Educação e os IQV-Ambiental e IQV-Renda foram menores devido à deficiência generalizada de saneamento básico e do mercado de emprego, respectivamente.

Avaliação do meio físico

Dentre os aspectos físicos relativos ao município de Parnamirim é importante avaliar as principais características da vegetação, geologia, pedologia e geomorfologia, tendo em vista a importância das mesmas para o diagnóstico ambiental. Foram elaborados mapas temáticos para cada aspecto físico (Fig. 3) e a integração deles através de álgebra de mapas foi gerado o mapa de vulnerabilidade à ocupação antrópica.

Vegetação

A vegetação encontrada no município de Parnamirim é caracterizada principalmente pelas seguintes variedades: mata atlântica, campos dunares, mata de restinga, mata sub-caducifólia e mangues, com outros subtipos, totalizando 17 unidades.

Aproximadamente 35% da extensão de Parnamirim está desprovida de vegetação, devido principalmente ao crescimento urbano. As áreas utilizadas na agricultura ou pastagem representam mais de 11% da extensão total de Parnamirim. A vegetação nativa cobre cerca de 36% do município, sendo de 12% e 22% o percentual de mata de restinga e sub-caducifólia, respectivamente. Preocupa o valor superior a 10% de vegetação degradada, a qual está sendo modificada constantemente pela ação do homem e ocorre na sua maioria nas margens dos rios do município.

Geologia

O Município de Parnamirim está inserido principalmente na área de abrangência do Grupo Barreiras (29,56%) e os sedimentos quaternários predominantes, que cobrem este grupo, são representados pelas paleocascalheiras (34,86%), dunas fixas ou móveis (16,01%), depósitos aluvionares (14,68%), depósitos de praia (4,37%) e depósito de mangues (0,52%). Esta associação de sedimentos altamente porosos e permeáveis é susceptível a processos erosivos e pode causar assoreamento dos cursos d'água; além disso, facilitam a contaminação dos corpos d'água superficiais e subterrâneos e constituem áreas de proteção ambiental.

Geomorfologia

Os aspectos geomorfológicos do município de Parnamirim são marcados por um relevo de altitudes baixas, geralmente inferiores a 100 metros, com áreas planas predominantes ao longo de toda a sede

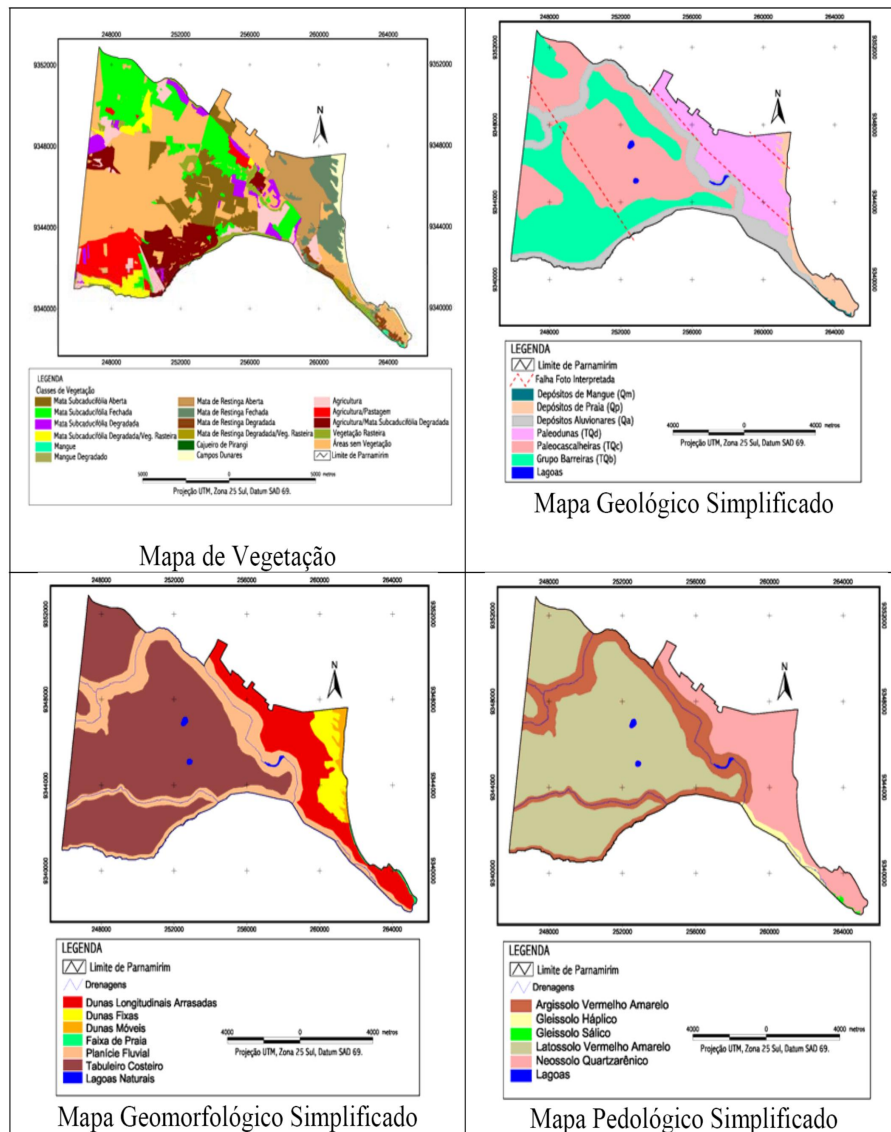


Figura 3 – Mapas de Vegetação Geológico, Geomorfológico e Pedológico.

municipal, com declividades suaves, as quais são observadas nas áreas praianas e nas proximidades dos vales dos principais rios. As formas de relevo são compostas por tabuleiros, com altitudes acima de 40 metros no sentido do litoral para o interior, os quais localmente são interrompidos

abruptamente, formando falésias ao longo da costa. Nas áreas centro-leste, a continuidade desses terrenos é interrompida pelo aparecimento de dunas e ainda ocorrem estuários, planícies de mangues, praias e planícies fluviais. 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 em regiões próximas a rios e lagoas.

Pedologia

No Município de Parnamirim ocorrem cinco classes de solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, nomenclatura desenvolvida e divulgada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999). O levantamento dos solos é importante, na medida em que apresenta utilidade ao contexto social e econômico, pois determina a aptidão agrícola e demais usos. O Latossolo Vermelho Amarelo é muito profundo e permeável, fortemente drenado, com boa resistência a 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 Argissolo Vermelho Amarelo é arenoso superficialmente e argiloso com a profundidade, o que proporciona o dissecação dos taludes e o aumento da declividade. O Neossolo Quartzarênico é muito arenoso, profundo, excessivamente drenado, ácido e de baixa fertilidade natural, utilizado para exploração de culturas perenes regionais e como fonte de material para a construção civil. O Gleissolo Háplico é medianamente profundo, mal drenado, mas com fertilidade natural alta e é fonte de argila para a fabricação de tijolos. O Gleissolo Sáfico é pouco desenvolvido, mal drenado, com alto teor de sais provenientes da água do mar, pouco utilizado na agricultura, cuja mecanização é impraticável. A sua impermeabilidade, aliada às boas condições climáticas como temperatura, insolação e ventos, favorece a sua

utilização pela aquicultura, com a criação de camarões em viveiros.

Mapa de Vulnerabilidade à Ocupação Humana

De acordo com a metodologia adotada o grau de vulnerabilidade à ocupação humana associado a cada classe temática dos mapas de geologia, geomorfologia, vegetação e pedologia do Município de Parnamirim foi distribuído em um intervalo de 1,0 a 3,0 (Tabela 01), com espaçamento de 0,5.

Como os pesos de vulnerabilidade de cada classe dos mapas temáticos foram inseridos na tabela de atributos, ao final da união dos quatro mapas dispunha-se dos graus de vulnerabilidade a partir dos mapas de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação em apenas um mapa. Desta forma, pôde-se calcular a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe, gerando assim o mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do Município de Parnamirim (Fig. 4), podendo-se identificar as áreas mais frágeis quanto às atividades antrópicas.

O resultado da média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade, conforme Grigio (2003): 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).

A maior parte do município, de acordo com os critérios adotados, possui classificação, quanto à vulnerabilidade, Baixa (47,27%), seguida da classificação Média (41,72%), Alta (10,71%) e Muito Alta (0,30%). Constata-se a inexistência da vulnerabilidade Muita Baixa, devido ao fato de Parnamirim estar inserido geologicamente na área de abrangência do Grupo Barreiras. A categoria de Vulnerabilidade Baixa ocorre em Parnamirim principalmente nas

Tabela 1 – Grau de Vulnerabilidade das Classes dos Mapas Temáticos do Município de Parnamirim.

MAPA TEMÁTICO / CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
GEOLOGIA	
Grupo Barreiras	2,0
Paleocascalheiras	2,0
Dunas Fixas	2,0
Depósitos Aluvionares	2,5
Depósitos de Praias	3,0
Depósitos de Mangue	3,0
GEOMORFOLOGIA	
Tabuleiro Costeiro	1,0
Dunas Móveis	3,0
Dunas Fxas	2,0
Dunas Longitudinais Arrasadas	2,0
Planície Fluvial	2,5
Faixa de Praia	3,0
PEDOLOGIA	
Latossolo Vermelho Amarelo	1,5
Argissolo Vermelho Amarelo	1,5
Neossolo Quartzarênico	2,5
Gleissolo Háplico	2,0
Gleissolo Sáfico	3,0
VEGETAÇÃO	
Vegetação de Mangue	3,0
Vegetação de Mangue Degradada	1,5
Mata de Restinga Aberta	2,0
Mata de Restinga Fechada	3,0
Mata de Restinga Degradada	1,5
Mata de Restinga Degradada / Veg. Rasteira	1,5
Mata Sub-Caducifólia Aberta	2,0
Mata Sub-Caducifólia Fechada	3,0
Mata Sub-Caducifólia Degradada	1,5
Mata Sub-Caducifólia Degradada / Veg. Rasteira	1,5
Vegetação Rasteira	1,5
Cajueiro de Pirangi	3,0
Áreas Agrícolas	1,5
Campos Dunares	1,5
Áreas Sem vegetação	1,0

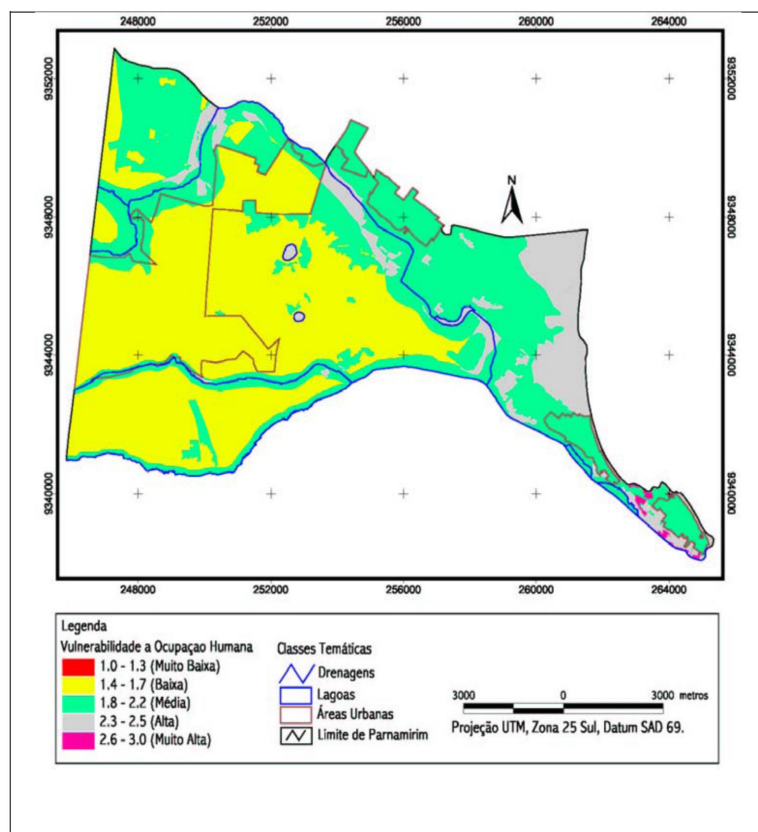


Figura 4 – Mapa de Vulnerabilidade a Ocupação Humana do Município de Parnamirim.

áreas descobertas de vegetação (cidade e área construída), as quais estão localizadas sobre o tabuleiro costeiro, possuindo solos do tipo latossolo. Como se atribuíram pesos baixos para as áreas já ocupadas por contingente populacional (no mapa de vegetação), era de se esperar que as classes referentes às cidades possuísem vulnerabilidade baixa.

As áreas de vulnerabilidade Alta ou Muito Alta estão distribuídas em algumas áreas próximas ao Rio Pitimbu, onde ocorre a presença da mata Sub-Caducifólia Fechada, inserida na compartimentação geomorfológica das planícies fluviais. Outra área onde se tem a presença de vulnerabilidade

Alta ou Muito Alta refere-se à parte litorânea do município, onde há dunas móveis ou fixas, manguezais e matas de restinga fechada, locais muito vulneráveis a ocupação humana, aconselhando-se desta forma a conservação destas áreas no intuito de preservar o equilíbrio do meio ambiente, principalmente as áreas de dunas e manguezais, as quais são áreas protegidas por lei (Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, do Código Florestal, modificado pela Lei 7.803 de 18 de Julho de 1989).

O conhecimento da vulnerabilidade natural é fundamental para prever o comportamento futuro dos sistemas naturais em decorrência do processo de ocupação

e adensamento da atividade social. E na mesma direção, embora com sentido oposto, a análise da potencialidade social deve buscar a capacidade das unidades territoriais em constituírem-se espaços de mudanças, isto é, gerar, difundir e absorver o desenvolvimento. Assim, é possível avaliar a capacidade de suporte do meio físico para o desenvolvimento de obras civis e proporcionar aos políticos o suporte técnico para tomadas de decisões rápidas e coerentes sobre a ocupação do solo. Dessa maneira, espera-se ter gerado subsídios através do mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do município de Parnamirim, no intuito de se evitar uma ocupação do solo de forma desordenada, que poderá levar a desequilíbrio ambiental, resultando, na maioria das vezes, em impactos provocados pela ação antrópica, tais como a poluição das águas, assoreamento das margens dos rios, devastação da vegetação nativa, entre outros.

MAPAS DO SISTEMA DE GESTÃO MUNICIPAL (SGM)

Para avaliar a capacidade do SGM, através de ferramentas de SIG em subsidiar a tomada de decisões são mostrados dois exemplos hipotéticos. Desta forma, supondo que a Prefeitura Municipal de Parnamirim estivesse interessada em construir uma nova escola de Ensino Fundamental em um determinado bairro da área urbana, a mesma decidiu que o bairro selecionado para implantação da nova escola deveria possuir alguns critérios, mais precisamente: ter mais de 2.000 habitantes com idade inferior a 14 anos; a renda média dos chefes de domicílios da população ser inferior a R\$500,00; e a taxa de analfabetismo da população entre 7 e 14 anos ser superior a 15%.

A figura 5 exibe os bairros selecionados, a partir da expressão lógica inserida no construtor de consultas, na forma de um mapa,

podendo-se assim visualizar suas respectivas localizações geográficas e seus respectivos atributos, sendo que os bairros selecionados estão representados com a cor verde.

Um outro exemplo é: supondo que uma empresa ligada ao ramo agropecuário ter interesse em adquirir um terreno para instalação de uma fazenda no Município de Parnamirim, o referido terreno deveria possuir uma área mínima de 300.000 m², está ocupado atualmente com atividades relacionadas à agropecuária (agricultura ou pastagem), possuir solos do tipo latossolo e estar a uma distância mínima de 200 m das margens dos rios do município.

Inicialmente foram identificadas as áreas com uso relacionado à agropecuária, identificando-se também os locais de ocorrência de latossolos. Em seguida identificaram-se as áreas que estão a mais de 200 m das margens dos rios do município. Por fim, calculou-se a área destes locais, identificando assim as possíveis áreas para a aquisição do terreno.

A figura 6 é um mapa, contendo as áreas inseridas no Município de Parnamirim com uso relacionado à agropecuária (cor verde), os locais onde ocorrem solos do tipo latossolo (cor azul claro) e as áreas (com mais de 300.000 m²) que estão a mais de duzentos metros das margens dos rios do município tendo como atributos estarem sendo usadas na agropecuária e possuírem solos do tipo latossolo (cor azul escuro), sendo estas as que detêm as características impostas pela empresa para aquisição do terreno.

Assim, o SGM é uma atividade analítica e criativa, voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e projetos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover, de forma coordenada, o inventário, uso, controle e proteção do ambiente e da qualidade de vida da população.

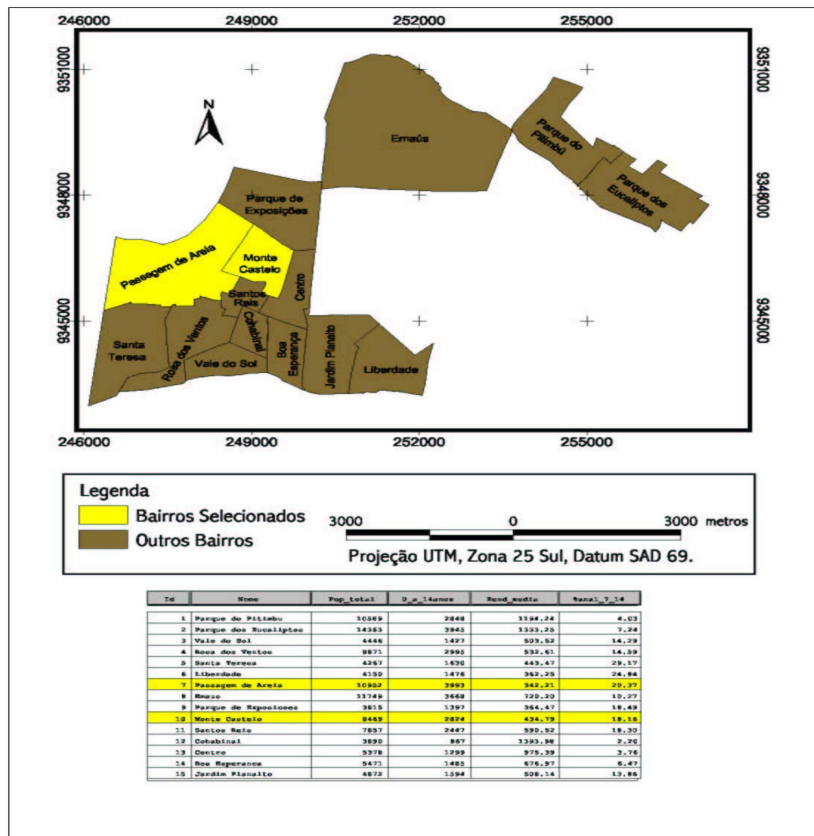


Figura 5 – Bairros Selecionados (Cor Cinza) para Contemplar a Escola de 1º Grau e Seus Respectivos Atributos.

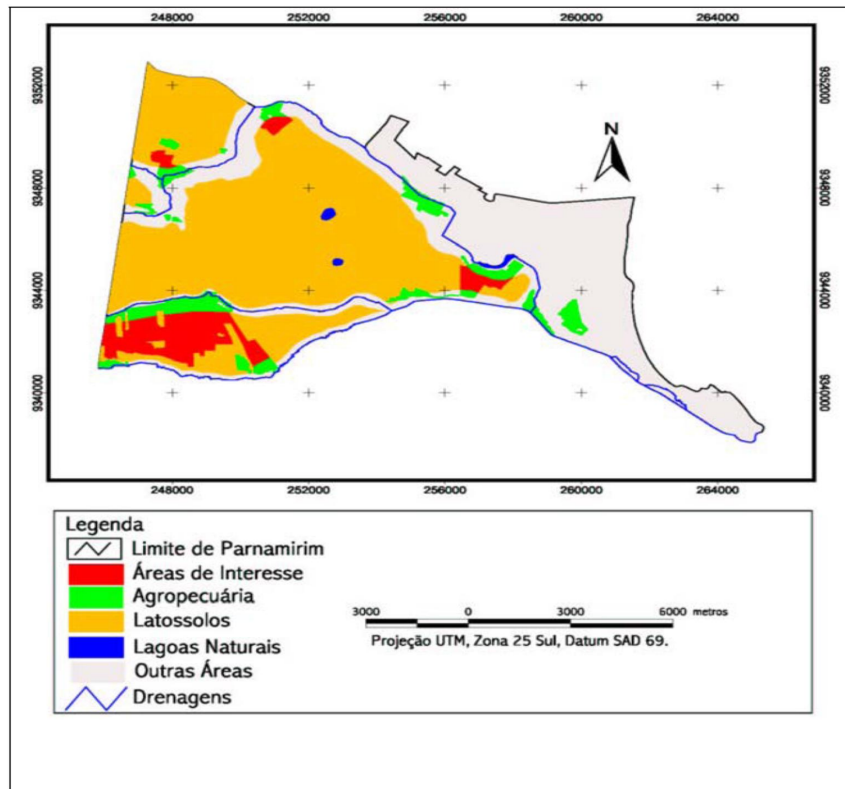


Figura 6 – Mapa contendo as áreas relacionadas à agropecuária, possuindo solos do tipo Latossolo e estando a uma distância mínima de 200 m das margens dos rios do Município de Parnamirim.

É notório que o manejo dos ecossistemas deve ser realizado conjuntamente entre as necessidades locais e os interesses comuns de toda a população. Nesse sentido, a qualidade de vida é o embasamento técnico que sustenta o instrumental de gestão ambiental. O mapeamento das aspirações sociais num patamar elevado de desenvolvimento humano e a identificação de instrumentos normativos que sirvam de garantia à sua implementação são as referências para a operacionalização de um SGM.

A prefeitura que possui um SGM demonstra uma postura reativa, com dispositivos de controle ambiental e desenvolvimento sócio-econômico. Essa estratégia deixa de agir em função apenas dos riscos

e passa a perceber as oportunidades de ações preventivas. Desta forma, as soluções criativas e efetivas começam a surgir e novos caminhos se abrem em prol da prefeitura, do meio ambiente e da sociedade.

Contudo, este SGM não pode ser considerado restrito apenas à prefeitura, pois os dados inseridos, tratados e confeccionados que foram armazenados nele 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 complementar àqueles já existentes ou para permitir implementar outras configurações metodológicas que se façam necessárias.

CONCLUSÕES

Com base no desenvolvimento deste trabalho, os resultados obtidos permitiram concluir que foi atingido o seu objetivo, elaborar um Sistema de Gestão Municipal (SGM) de Parnamirim, com base em ferramentas de geoinformação. Este conjunto feramental possibilitou a inserção de dados censitários e do meio físico em um BDG, formando uma plataforma única e integrada destes dados, revelando as melhores e piores situações em relação a um determinado indicador. Mostrou que o SGM é uma ferramenta eficaz de auxílio na obtenção de informações para as tomadas de decisão, como exemplificado hipoteticamente neste trabalho. Desde modo, é possível realizar um planejamento estratégico de urbanização, que minimize ou mesmo evite os danos ou alterações graves no meio social e ambiental.

Foram identificadas as áreas mais vulneráveis ao processo de adensamento populacional devido às restrições ambientais ligadas a geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação, podendo acarretar consequências severas ao meio ambiente. Ao mesmo tempo, definiram-se os parâmetros sócio-econômicos, como a população, educação, renda e índice de qualidade de vida, para determinar as ações prioritárias em prol da população. Os mapas de dados censitários, espacialmente distribuídos em bairros, ocorrem grande heterogeneidade na qualidade de vida dos munícipes; e pelo mapa de vulnerabilidade à ocupação humana, os ecossistemas de campos de dunas, vegetação de restinga e de mangues, protegidos pelo Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/65 – versão atualizada até 1998), estão ameaçados pelo processo de urbanização.

Espera-se que os resultados e informações apresentados neste trabalho possam ser utilizados pelas autoridades competentes para planejar a ocupação racional

do espaço geográfico de Parnamirim, como também de outras cidades. A ausência de mecanismos e procedimentos eficientes para a geração e o armazenamento de dados e informações impede, freqüentemente, que os municípios elaborem projetos e programas sócio-ambientais confiáveis e consistentes.

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. 2007.
- 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.
- Batty, M. Geocomputation using cellular automata. In: OPENSHAW, S.; ABRAHART, R. J. ed. *Geocomputation*. New York: Taylor & Francis, 2000. Cap. 5, p. 95-126.
- Bezerra, F. H. R.; Amaro, V.E. *Mapa geológico preliminar da região leste do RN/PB*, escala 1:100.000. 1994.
- Cunha, J. A. *A gestão municipal através de tecnologia de geoprocessamento e cadastro urbano*: gerenciamento de dados físicos e sócio-econômicos do município de Serra Negra do Norte-RN. 2001. 101f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. *Mapa Geológico do*

- Estado do Rio Grande do Norte*, escala 1:500.000. 1998.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.
- Figueiredo, E. H.; Figueiredo Filho, O. A. Estudo geoambiental preliminar do município de Parnamirim-RN. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 19. 2000, Atas... Recife: SGB. 2000.
- Genovêz, P. C. *Território e desigualdades: análise espacial intra-urbana no estudo da dinâmica de exclusão/inclusão social no espaço urbano em São José dos Campos – SP*. 2002. 201f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico de 2000*. Disponível na internet em <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 20 de mai. 2002.
- Natrontec. A. *Plano estratégico: Natal 3º Milênio*. Natal: FIERN. 1999. 1 CD.
- Nunes, E. *Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas da Grande Natal (RN), como base para o macrozoneamento geo-ambiental*. 2000. 195f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Petersen, G. W.; Nielson, G.A.; Wildiing, L.P. Geographic information systems and remote sensing in land resource analysis and management. *Suelo y Planta*, v.1, n. 1, p. 531-543. 1991.
- Projeto RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Folhas 24/25 Jaguaribe/Natal*. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso do Solo. Rio de Janeiro, p 353-360. 1981.
- Santos, A. C. V. *Influência da expansão urbana na paisagem da sub-bacia do rio Pitimbu entre Natal e Parnamirim/RN*. 1999. 83f. Monografia (Especialização em Geografia do Nordeste) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Tagliani, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação. *Galeria de artigos acadêmicos*. Disponível em: <www.fatorgis.com.br> Acesso em 11 de mar. 2007.