

FREDERICO FONSECA GALVÃO DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE IMPACTOS AMBIENTAIS  
EM NATAL/RN COM APOIO DO GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (Mestrado) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientador: Prof. Dr. Elias Nunes**

NATAL/RN  
MARÇO 2003

FREDERICO FONSECA GALVÃO DE OLIVEIRA

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

A dissertação **Caracterização e Diagnóstico de Impactos Ambientais em Natal/RN com Apoio do Geoprocessamento** foi aprovada e aceita como requisito para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Aprovado em 20 de março de 2003.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Elias Nunes  
(Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Geografia)

---

Prof. Dr. Reinaldo Antônio Petta  
(Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Geologia)

---

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima  
(Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Geociências)

NATAL/RN  
MARÇO 2003

*Aos meus sobrinhos Gabriel, Julinha e Wolminho, símbolos da esperança de um mundo socialmente mais justo e ambientalmente mais equilibrado.*

*Aos meus pais Airton Galvão de Oliveira e Lucia Fonseca Galvão de Oliveira.*

*Aos meus irmãos Wolmer, Rodrigo e Airton.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis deste trabalho.

Aos meus pais e meus irmãos pelo constante incentivo.

Ao meu orientador professor Elias Nunes, grande incentivador de minha carreira. Grato pela orientação e pela confiança que sempre deposita em minha pessoa. Ao meu co-orientador, não oficial, professor Sebastião Milton, pela inestimável ajuda neste trabalho.

Aos eternos amigos: Alexandre La Bamba, Carlinhos, Carlos Sérgio, Cláudio, Fabiano, Jads, Josiel, Leonardo, Marcelão, Neto (Magão), Paulo, Thiago, Xicão e Wendson. A Antônio Cosme e Sérgio Amaral, companheiros de lutas AGBeanas. A Simone, Eze e Joane.

Aos colegas da grande primeira turma deste mestrado: Fátima, Gerson, Isalúcia, Márcia, Marco, Mário, Marta, Minoru e Vera.

Aos alguns dos professores do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, Ademir Araújo, Beatriz Pontes, Luis Antônio Cestaro, Márcio Valença, Aldo Aloísio e Rita de Cássia. Ao grande secretário do mestrado, Ricardo Medeiros com sua sempre prestativa ajuda. Ao professor Ricardo Amaral do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN.

Aos amigos do Movimento Pró-Pitumbu: Aldan Nóbrega, Ana Cláudia (A)Ventura, Clebson Melo, Jô Carvalho, Kalazans Bezerra, Regina Marques, Rosinaldo Pereira e Valdemir Santiago.

A Joyce Marinho, Ericka da Costa e Rebeka Santos, responsáveis pela Biblioteca Setorial do CCHLA. Meu sincero agradecimento pela ajuda e companhia nas infindáveis pesquisas/estudos/fichamentos/leituras e normatização deste.

A Gilmar Bristot e Fátima Santos da EMPARN pelas informações meteorológicas e pelas discussões acerca deste tema em Natal. A CAERN pela base cartográfica utilizada no trabalho. Ao professor geólogo Roberto Curioso da UnP, pelos materiais sempre emprestados. Ao professor Jerônimo Pereira do CEFET, pelo apoio nesta pesquisa. Ao técnico em geologia Thiago Lima da Costa pela ajuda no manuseio do MapInfo. Ao professor Reinaldo Petta do Mestrado em Geociências e Venerando Eustáquio da Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, ambos da UFRN, por cederem imagens de satélite referentes a Natal.

A A4 Consultoria Ambiental, escritório a qual tenho uma grande estima e admiração.

Meu muito obrigado a todos...

## RESUMO

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão de. **Caracterização e Diagnóstico de Impactos Ambientais em Natal/RN com Apoio de Geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFRN, Natal, 2003.

Este trabalho objetiva caracterizar e diagnosticar os impactos ambientais dos ambientes naturais e construídos, no município de Natal/RN, utilizando-se para tal, de tecnologias de geoprocessamento, considerando as fragilidades ambientais presentes, permitindo a geração de produtos cartográficos multitemáticos. Tomando como referencial metodológico a Teoria Geral dos Sistemas, numa relação causa-efeito, sob uma ótica holística do ponto de vista quali-quantitativo, foram detectados os 10 principais impactos ambientais no município: devastação de dunas; processos erosivos; assoreamento dos rios e lagoas naturais; contaminação das águas subterrâneas; poluição e contaminação das águas e sedimentos das águas superficiais; enchentes e alagamentos urbanos; contaminação e devastação de manguezais; produção e destino final do lixo urbano; ocupação e operação irregular de cemitérios e; poluições visual, sonora e atmosférica. Este levantamento permitiu um ordenamento da real e atual situação ambiental em que Natal se encontra, fruto de uma profunda segregação sócio-espacial e de atividades imobiliárias que pressionam os ambientes naturais provocando os impactos verificados. Com apoio do geoprocessamento permitiu-se a elaboração de variados produtos cartográficos em escala de 1:120.000 e 1:77.000 possibilitando um planejamento e ordenamento do sistema ambiental urbano estudado. O geoprocessamento atendeu às expectativas pré-operacionais qualificando os produtos gerados, permitindo um melhor entendimento dos graves problemas ambientais pelos quais a cidade de Natal está submetida.

**Palavras-Chave:** Impacto Ambiental, Diagnóstico Ambiental, Geoprocessamento, Natal(RN).

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão de. **Characterization and diagnosis of environmental impacts in Natal/RN using geoprocessing techniques.** (Master in Geography) – UFRN, Natal, 2003.

This study objectives to characterize and to diagnosis the environmental impacts on natural and built environment in the city of Natal, using for that techniques of geoprocessing, considering the environment fragilities existing, allowing the generation of multi-thematic cartographic products. Taking as methodologic referential the General Theory of the Systems, in a cause-effect relation, under an holistic and quality-quantitative point of view, were detected the main 10 (ten) environment impacts in this borough, like: dunes havoc; erosive processes; river siltings and natural lagoons; contamination of subterranean water; pollution and contamination of water and superficial water sediments; urban overflows, mangle destruction and contamination, production and final destination of garbage, occupation and irregular operation of cemeteries and; visual, sonorous and atmospheric pollutions. This survey allowed an orderment of the real and current environment situation of the city of Natal, as a result of a deep partner-space segregation and imobiliary activities that they pressure the natural environments, causing the verified impacts. With the aid of geoprocessing techniques we could elaborate many cartographic products in scale 1:120.000 and 1:77.000 that allows a better planning and ordering of the environmental urban system studied. Geoprocessing took care of the previous operational expectations qualifying enought the generated products, allowing us a better understanding of the severe environment problems that the city of Natal is submitted.

**Key-Words:** Environmental Impacts, Environment Diagnosis, Geoprocessing, Natal(RN).

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ACI** – **Associação Cartográfica Internacional**

**ACIESP** – **Academia de Ciências do Estado de São Paulo**

**ANAMMA** – Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente

**BNH** – Banco Nacional de Habitação

**CAD** – *Computer Aided Design* – Desenho Auxiliado por Computador

**CAERN** – **Companhia de Águas e Esgotos do RN**

**CCHLA** – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes

**CEF** – Caixa Econômica Federal

**COHAB** – Companhia de Habitação Popular do RN

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DEM** – *Digital Elevation Model* – **Modelo Digital de Elevação**

**DGPS** – *Differential Global Positioning System* – **Sistema de Posicionamento Global Diferencial**

**DSG** – **Diretoria de Serviço Geográfico**

**ECONATAL** – **Fundação do Meio Ambiente de Natal**

**EIA/ RIMA** – Estudo de Impacto Ambiental - Relatório de Impacto de Meio Ambiente

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**EMPARN** – Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN

**ENVI** – *The Environment for Visualizing Images*

**ETE** – Estação de Tratamento de Esgotos

**FAB** – Força Aérea Brasileira

**FEARO** – *Federal Environmental Assessment Review Office*

**FEEMA** – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente/RJ

**FFLCH/USP** – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo

**FIERN** – Federação das Indústrias do Estado do RN

**FJP** – Fundação João Pinheiro

**FUNDHAP** – Fundo de Financiamento de Habitação Popular

**GIS** – *Geographic Information System* - Sistema de Informação Geográfica

**GPS** – *Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global

**GTZ** – *Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit*

**IBAMA** – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ICV** – Índice de Condições de Vida

**IDEC** – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN

**IDEMA** – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN

**IDHM** – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

**INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia

**INOCOOP** – Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais

**IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**MDT** – Modelo Digital de Terreno

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**PNUD** – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

**SEMURB** – Secretaria Especial de Meio Ambiente e Urbanismo/Natal

**SERHID** – Secretaria dos Recursos Hídricos/RN

**SGI/SAGA** – Sistemas Geográficos de Informações – Sistema de Análise Geo-Ambiental

**SIG** – Sistema de Informação Geográfica

**SUDENE** – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

**SUREHMA** – Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente/PR

**TM** – *Thematic Mapper*

**UC** – Unidade de Conservação

**UFRN** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

**UNESCO** – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

**UNP** – Universidade Potiguar

**URBANA** - Companhia de Serviços Urbanos de Natal

**UTM** – *Universal Transverser Mercator*

**WWW** – *World Wide Web*

**ZCIT** – Zona de Convergência Inter-Tropical

**ZPA** – Zona de Proteção Ambiental

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Roteiro dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.....	55
<b>Figura 2</b>	Organograma metodológico resumido na construção cartográfica temática na etapa de análise.....	60
<b>Figura 3</b>	Roteiro metodológico resumido na geração do MDT.....	61
<b>Figura 4</b>	Localização da área em estudo – Município de Natal/RN.....	66
<b>Figura 5</b>	Crescimento populacional (em números absolutos) da cidade de Natal de 1872 a 2000.....	68
<b>Figura 6</b>	Taxas percentuais de crescimento populacional na cidade de Natal de 1872 a 2000. Observa-se que a partir da década de 70 ocorre uma constante queda nas taxas de crescimento.....	69
<b>Figura 7</b>	Representação de mata de duna com diferentes estratos.....	71
<b>Figura 8</b>	Floresta de manguezal do estuário do Potengi/Jundiaí.....	72
<b>Figura 9</b>	Mapa Foto-Litológico Preliminar do município de Natal.....	78
<b>Figura 10</b>	Mapa Foto-Geomorfológico Preliminar do município de Natal.....	83
<b>Figura 11</b>	Modelo Digital de Terreno do município de Natal.....	84
<b>Figura 12</b>	Modelo Digital de Terreno em representação de 3D do município de Natal.....	85
<b>Figura 13</b>	Mapa Foto-Pedológico Preliminar do município de Natal.....	88
<b>Figura 14</b>	Concentração máxima de precipitações mensais nos meses de março a julho.....	90
<b>Figura 15</b>	Representação das médias mensais das temperaturas em 10 anos (agosto de 1992 a julho de 2002). Nota-se os picos de alta temperatura nos meses março e novembro. O gráfico nos mostra o paralelismo das temperaturas médias e suas respectivas sazonalidades térmicas, dando-lhe uma feição sinuosa e constante.....	91
<b>Figura 16</b>	Destaque para a maior umidade em valores médios mensais no intervalo de 10 anos (agosto de 1992 a julho de 2002). Por este gráfico podemos notar que as maiores porcentagens de umidade na cidade têm relação com os períodos de maior precipitação pluviométrica.....	92
<b>Figura 17</b>	Velocidade média mensal dos ventos (agosto de 1992 a julho de 2002)....	93
<b>Figura 18</b>	Mapa Preliminar de Hidrografia do Município de Natal.....	99
<b>Figura 19</b>	Limites urbanos de Natal em 1844, fixados pela lei provincial nº 118.....	102
<b>Figura 20</b>	Plano Geral de Sistematização de Natal – Plano Palumbo, 1929.....	104
<b>Figura 21</b>	Organograma da elaboração da Carta de Expansão Urbana de Natal.....	111
<b>Figura 22</b>	Carta da Mancha Urbana de Natal – 1969.....	113
<b>Figura 23</b>	Carta da Mancha Urbana de Natal – 1988.....	115
<b>Figura 24</b>	Carta da Mancha Urbana de Natal – 1994.....	117
<b>Figura 25</b>	Aspecto da pressão urbana por empreendimentos imobiliários nas proximidades do Parque das Dunas.....	118
<b>Figura 26</b>	Carta da Mancha Urbana de Natal – 2002.....	119

<b>Figura 27</b>	Evolução dos totais de mancha urbana em Natal no período de 1969 a 2002.....	121
<b>Figura 28</b>	Carta de Expansão Urbana de Natal (1969 – 2002).....	122
<b>Figura 29</b>	Mapas espaços-temporais de vetores de crescimento urbano (1969, 1988, 1994 e 2002).....	126
<b>Figura 30</b>	Processo metodológico de elaboração dos mapas temáticos.....	127
<b>Figura 31</b>	Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1960.....	130
<b>Figura 32</b>	Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1970.....	131
<b>Figura 33</b>	Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1980.....	132
<b>Figura 34</b>	Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1991.....	133
<b>Figura 35</b>	Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 2000.....	134
<b>Figura 36</b>	Mapa de Evolução Populacional dos Bairros de Natal nos anos de 1960 a 2000.....	135
<b>Figura 37</b>	Mapa de Densidade Demográfica em Natal – Ano 2000.....	136
<b>Figura 38</b>	Proporção das classes de uso e ocupação do solo em Natal – 2001.....	140
<b>Figura 39</b>	Carta de Uso e Ocupação do Solo de Natal – Ano 2001.....	141
<b>Figura 40</b>	Aspectos de devastação de dunas em Natal com queimadas, desmatamentos, retirada de sedimentos, deposição de lixo e construções irregulares, respectivamente.....	158
<b>Figura 41</b>	Idem.....	158
<b>Figura 42</b>	Idem.....	158
<b>Figura 43</b>	Idem.....	158
<b>Figura 44</b>	Idem.....	158
<b>Figura 45</b>	Processos erosivos verificados em Natal. Processos erosivos costeiros (figuras 60 e 61); desmatamentos de vegetação dunar provocando queda de sedimentos (areias) em áreas urbanizadas ou em franca urbanização (figuras 62, 63 e 65) e erosões em margens de mananciais como no rio Doce (figura 64).....	161
<b>Figura 46</b>	Idem.....	161
<b>Figura 47</b>	Idem.....	161
<b>Figura 48</b>	Idem.....	161
<b>Figura 49</b>	Idem.....	161
<b>Figura 50</b>	Idem.....	161
<b>Figura 51</b>	Assoreamento em rios de Natal. Rio Pitimbu (figuras 66 e 67) e rio Doce (figura 68). Ambos em franco processo de urbanização.....	163
<b>Figura 52</b>	Idem.....	163
<b>Figura 53</b>	Idem.....	163
<b>Figura 54</b>	Formas de contaminação de águas subterrâneas em Natal.....	168
<b>Figura 55</b>	Idem.....	168
<b>Figura 56</b>	Zoneamento de áreas com presença de esgotamento sanitário em Natal..	169

<b>Figura 57</b>	Formas de contaminação de águas superficiais em Natal. As figuras 58 e 59 mostram a canalização do esgotamento sanitário doméstico despejado diretamente “in natura” no rio Potengi, enquanto as figuras 60 e 61 mostram o esgotamento sanitário para lagoas naturais (Lagoa do Sapo) e ligações clandestinas em galerias de lagoas de captação de águas pluviais (Lagoa da Petrobrás), respectivamente. A figura 62 mostra o despejo de efluentes industriais no rio Pitimbu e a figura 63, o uso de agrotóxicos na planície de inundação do rio Doce na zona norte.....	172
<b>Figura 58</b>	Idem.....	172
<b>Figura 59</b>	Idem.....	172
<b>Figura 60</b>	Idem.....	172
<b>Figura 61</b>	Idem.....	173
<b>Figura 62</b>	Idem.....	173
<b>Figura 63</b>	Imagens relacionadas ao impacto ambiental de enchentes.....	175
<b>Figura 64</b>	Idem.....	176
<b>Figura 65</b>	Idem.....	176
<b>Figura 66</b>	Idem.....	176
<b>Figura 67</b>	Mapa de zoneamento de impactos relacionados a enchentes e alagamentos.....	177
<b>Figura 68</b>	Aspectos relacionados à devastação de florestas de manguezais.....	180
<b>Figura 69</b>	Idem.....	180
<b>Figura 70</b>	Idem.....	180
<b>Figura 71</b>	Idem.....	180
<b>Figura 72</b>	Idem.....	180
<b>Figura 73</b>	Aspectos relacionados aos impactos ambientais gerados pela deposição, disposição e destino final irregulares de lixo.....	183
<b>Figura 74</b>	Idem.....	183
<b>Figura 75</b>	Idem.....	183
<b>Figura 76</b>	Idem.....	183
<b>Figura 77</b>	Idem.....	183
<b>Figura 78</b>	Idem.....	183
<b>Figura 79</b>	Aspectos relacionados aos impactos ambientais gerados pela localização e operação de cemitérios.....	185
<b>Figura 80</b>	Idem.....	185
<b>Figura 81</b>	Aspectos relacionados aos impactos ambientais gerados pela poluição visual e pela emissão de gases atmosféricos de origem industrial em Natal.....	188
<b>Figura 82</b>	Idem.....	189

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Características básicas dos sistemas orbitais utilizados no trabalho.....	57
<b>Tabela 2</b>	Evolução populacional da cidade de Natal de 1872-2000.....	67
<b>Tabela 3</b>	População residente da cidade de Natal (2000) por Regiões Administrativas e Bairros.....	69
<b>Tabela 4</b>	Parâmetros de Precipitações em Natal em <b>mm</b> (agosto de 1992 a julho de 2002).....	90
<b>Tabela 5</b>	Parâmetro de Umidade Relativa do Ar em Natal em <b>%</b> (agosto de 1992 a julho de 2002).....	91
<b>Tabela 6</b>	Parâmetro de Velocidades Médias dos Ventos em Natal em <b>m/s</b> (agosto de 1992 a julho de 2002).....	93
<b>Tabela 7</b>	Parâmetros climáticos de evaporação e insolação média do período de 1961 a 1990 (INMET, 1998).....	94
<b>Tabela 8</b>	Medidas dos vetores de indicação de mancha urbana em Natal de 1969 a 2002.....	124
<b>Tabela 9</b>	Superfície ocupada pelas classes do mapa de uso e ocupação do solo...	140
<b>Tabela 10</b>	Resultado da análise de índice de NO <sub>3</sub> em alguns poços em Natal em 2000, mostrando o alto índice de contaminação proveniente da ausência de esgotamento sanitário na cidade.....	166

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Parâmetros de Direção dos Ventos em Natal (agosto de 1992 a julho de 2002).....	94
<b>Quadro 2</b>	“ <i>Check List</i> ” resumido dos impactos ambientais em Natal de acordo com interpretações pessoais.....	150
<b>Quadro 3</b>	Quadro resumo relacional quali-quantitativo dos impactos ambientais em Natal.....	153

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xiii
<b>LISTA DE QUADROS</b>	xiv
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA E CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS</b>	21
2.1 Diagnósticos e Impactos Ambientais	22
2.2 Trabalhos Realizados Sobre o Município de Natal	29
2.3 Geoprocessamento	37
2.4 Aplicação do Geoprocessamento em Estudos Urbanos	41
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	51
3.1 Referencial Teórico-Methodológico	52
3.1.1 Teoria Geral dos Sistemas	52
3.2 Procedimentos Metodológicos	54
3.3 Técnicas de Pesquisa	56
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</b>	64
4.1 Localização da Área em Estudo	65
4.2 Aspectos humanos	67
4.2.1 Sistemas Sociais	67
4.3 Aspectos Biológicos	70
4.3.1 Flora e Fauna	70
4.4 Aspectos Físicos	73
4.4.1 Geologia	73
4.4.1.1 Cenozóico	73
4.4.2 Geomorfologia	79
4.4.3 Pedologia	86
4.4.4 Climatologia	89
4.4.5 Recursos Hídricos	95
4.4.5.1 Águas Superficiais	95
4.4.5.2 Águas Subterrâneas	97
<b>5 PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA E DINÂMICA POPULACIONAL EM NATAL COM APOIO DE GEOPROCESSAMENTO</b>	100
5.1 Análise Espaço-Temporal da Expansão da Mancha Urbana em Natal (1969-2002)	109
5.1.1 Evolução dos totais de área urbana em Natal (1969-2002)	112
5.1.1.1 Ano de 1969	112
5.1.1.2 Ano de 1988	114

5.1.1.3 Ano de 1994.....	116
5.1.1.4 Ano de 2002.....	118
<b>5.2 Análise Espaço-Temporal por Vetores de Crescimento Urbano.....</b>	<b>123</b>
<b>5.3 Expansão Urbana Relacionada ao Crescimento Demográfico em Natal: análise por geoprocessamento.....</b>	<b>127</b>
<b>5.4 Uso e Ocupação do Solo em Natal.....</b>	<b>137</b>
<b>6 DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM NATAL.....</b>	<b>142</b>
<b>6.1 Análise Quali-Quantitativa dos Impactos Ambientais Identificados.....</b>	<b>145</b>
6.1.1 Definição dos Atributos e Parâmetros Utilizados para Avaliação dos Impactos Ambientais.....	147
6.1.2 Discussão e Avaliação das Análises Quantitativas dos Impactos.....	151
<b>6.2 Discussão dos Impactos Ambientais Identificados.....</b>	<b>154</b>
6.2.1 Devastação de Dunas.....	154
6.2.2 Processos Erosivos.....	159
6.2.3 Assoreamentos dos Rios e Lagoas Naturais.....	162
6.2.4 Contaminação das Águas Subterrâneas.....	164
6.2.5 Poluição e Contaminação de Águas e Sedimentos das Águas Superficiais.....	170
6.2.6 Enchentes e Alagamentos Urbanos.....	173
6.2.7 Contaminação e Devastação dos Manguezais.....	178
6.2.8 Produção e Destino Final de Lixo Urbano.....	181
6.2.9 Ocupação e Operação Irregular de Cemitérios.....	184
6.2.10 Poluição Visual, Sonora e Atmosférica.....	186
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>190</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>196</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais urbanos mundiais são formulados sob uma ótica de mercado globalizado que detêm o poder do capital e das transformações intra-urbanas sobre as populações. O urbano é um habitat socialmente criado pela ação humana que, em cima de seu recente e atual modelo de desenvolvimento, irremediavelmente, propicia quadros de profundas degradações ambientais nas cidades. Em escala mundial, os processos de ocupação extensiva nas cidades segregam uma boa parcela da população menos abastada, principalmente em centros urbanos de países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, que se destaca por possuir um crescimento vertiginoso de sua massa populacional urbana, principalmente nas últimas décadas, chegando a atingir, segundo o Censo 2000 do IBGE, mais de 80% de seus habitantes residindo nas cidades.

Atualmente, as unidades urbanas brasileiras sofrem – principalmente pela expansão urbana desordenada – um grande impacto e uma grande pressão na sua porção natural, pois diversos influenciadores econômicos e sociais atuam diretamente na dinâmica de sua paisagem, trazendo com isso sérios entraves à qualidade de vida de sua população.

Em Natal a expansão urbana interfere nos processos da dinâmica e do equilíbrio da paisagem natural, pois surge como um ator de diversas atividades potencialmente degradadoras. A aglomeração urbana natalense acabou expandindo-se por fronteiras de difícil acesso como leitos de rios, lagoas naturais, dunas com alta declividade, manguezais, etc, (re)condicionando um espaço natural até então intacto. Com isso, a cidade de Natal acaba se inserindo em um contexto degradatório semelhante aos grandes centros urbanos brasileiros, caracterizando-se por possuir diversas áreas de risco ambiental, gerando vários obstáculos de caráter sócio-ambiental à sua população.

Os cordões dunares de Natal, representados pelo Parque das Dunas, Morro do Careca, Lagoinha, Pirangi, Candelária – San-Vale, Pitimbu, Guarapes-Cidade Nova e as dunas adjacentes ao rio Doce passam por um constante processo de especulação da terra, gerando conseqüências relacionadas a retiradas de sedimentos, desmatamentos, queimadas, aterramentos e abertura de trilhas em locais impróprios.

A ocorrência dos desmatamentos dos manguezais do estuário dos rios Potengi e Jundiá são originários das décadas de 60 e 70. Contudo nos últimos anos esse fato vem se intensificando por meio dos projetos de carcinicultura marinha, que se ampliam vertiginosamente. Estes desmatamentos propiciam a perda da qualidade ambiental do estuário, visto que, com a supressão da vegetação, acaba-se inibindo a retroalimentação

deste ecossistema. Somando-se ao desmatamento da floresta de manguezal, verifica-se um alto índice de contaminação das águas, sedimentos e fauna do estuário, provenientes do esgotamento sanitário de Natal, Macaíba e São Gonçalo do Amarante (estas duas últimas, fazendo parte da região metropolitana de Natal) e dos efluentes industriais com substâncias químicas e metais pesados, oriundos dos distritos industriais de Natal e São Gonçalo do Amarante.

A poluição dos sistemas hídricos superficiais e subterrâneos de Natal, pela ausência de esgotamento e tratamento sanitários, torna-se um fator gerador de impactos ambientais de grande magnitude na cidade, muitas vezes tornando-se irreversíveis a curto e médio prazo. Outros poluentes das águas e solos de Natal são os cemitérios da cidade, principalmente os públicos, que não possuem uma estrutura técnica adequada para impedir a infiltração da matéria decomposta dos cadáveres. Também o lixão localizado na região oeste da cidade gera compostos altamente poluentes (chorume) que se direcionam para o lençol freático que está sob esta área. Verifica-se também um profundo desrespeito aos padrões legais e técnicos referentes à poluição atmosférica da cidade por gases tóxicos, principalmente pelos veículos, sem falar da constante presença das poluições visual e sonora.

É nesse cenário que a aplicação do geoprocessamento entra, isto é, a complexidade da realidade sócio-ambiental municipal vai ser interpretada pela formulação de um sistema de informações digitais, calcado em uma nova mentalidade geotecnológica, pois o geoprocessamento é uma eficaz ferramenta para a consecução dos objetivos propostos na pesquisa, possibilitando a tomada de decisões gerenciais, integrando diversas informações físico-territoriais, naturais e sociais.

Como hipótese de trabalho, pode-se observar que a forma como se processam as relações sociais, a ocupação do solo e o crescimento urbano no município acarreta uma gama de impactos ambientais, inviabilizando um desenvolvimento calcado na sustentabilidade ambiental urbana. Tem-se como objetivo geral do trabalho:

- Caracterizar e diagnosticar os impactos ambientais nos ambientes naturais e construídos do município de Natal tendo como apoio o geoprocessamento, considerando as fragilidades ambientais presentes, permitindo a geração de produtos cartográficos multitemáticos.

Para alcançar esse objetivo foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- 1) elaborar uma base cartográfica digital multitemática do município;

- 2) elaborar uma carta de uso e ocupação do solo;
- 3) descrever e mapear os maiores impactos ambientais verificados no município e;
- 4) avaliar a utilização da ferramenta de geoprocessamento em atividades com fins de diagnose ambiental urbana.

Face ao exposto, surgiu o interesse em levantar nesta pesquisa, um total de 10 impactos ambientais no município, considerando hierarquizações pessoais, atendendo às maiores magnitudes e frequências dos impactos. O levantamento desses 10 impactos não anula outros impactos verificados na cidade. Ao contrário, muitos destes se confundem e se inter-relacionam, pois, por a cidade ser um sistema aberto, não isolado, acaba fazendo parte de uma dinâmica ambiental totalmente inter-dependente. Os 10 impactos ambientais levantados nesta pesquisa são: devastação de dunas; processos erosivos; assoreamento dos rios e lagoas naturais; contaminação das águas subterrâneas; poluição e contaminação das águas e sedimentos das águas superficiais; enchentes e alagamentos urbanos; contaminação e devastação de manguezais; produção e destino final do lixo urbano; ocupação e operação irregular de cemitérios e; poluição visual, sonora e atmosférica.

O Capítulo 2 consta de um levantamento bibliográfico no que diz respeito à revisão de literatura e às considerações teóricas a respeito dos temas abordados no trabalho. No Capítulo 3 são expostos pontos relacionados aos métodos, técnicas e materiais utilizados no trabalho com a descrição do referencial teórico-metodológico; procedimentos metodológicos e técnicas de pesquisa abordando as cinco etapas do trabalho. No Capítulo 4 são levantadas todas as caracterizações geográficas da área de estudo, localizando, descrevendo e analisando seus condicionantes naturais, relacionados aos aspectos humanos, biológicos e físicos. De posse dessas informações levantadas no Capítulo 4, criam-se condições necessárias para elaboração dos capítulos 5 e 6, nos quais é feita uma análise direcionada ao objetivo do trabalho. O Capítulo 5 tem como meta principal entender o processo histórico de expansão sócio-espacial de Natal, como principal influenciador dos impactos ambientais na cidade. No Capítulo 6 é executada uma análise sob aspectos qualitativos e quantitativos dos impactos ambientais verificados no município. Destarte, as considerações finais e recomendações do trabalho são relatadas no final do trabalho, no Capítulo 7 que fecha tentando deixar contribuições para a sociedade natalense no que concerne ao real conhecimento da situação ambiental em que se encontra o município.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA E CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

As referências bibliográficas, consultadas no decorrer da pesquisa, permitiram a formulação da proposta da pesquisa conciliando os principais temas expostos neste trabalho.

Foram levantadas referências bibliográficas relacionadas aos diagnósticos e impactos ambientais urbanos, trazendo suas definições com ênfase nos estudos de caso com metodologias e técnicas semelhantes à proposta neste trabalho. Também levantou-se referências com estudos de caráter sócio-ambiental já aplicados no município de Natal; ao geoprocessamento, no tocante a aspectos históricos, conceituais e algumas modalidades de utilização e, a estudos com aplicação do geoprocessamento em áreas urbanas. Portanto, optou-se por agrupar os temas de acordo com os assuntos a que mais se adequam.

### 2.1 Diagnósticos e Impactos Ambientais.

Existe uma certa escassez de referências sobre diagnóstico ambiental. Possivelmente, por ser um tema bastante específico e ainda muito recente, estando tradicionalmente ligado aos EIA/RIMA (Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto de Meio Ambiente). O diagnóstico ambiental é uma das etapas que obrigatoriamente deve estar contido em um trabalho desse tipo, neste caso, sempre baseado na legislação pertinente. Sobre as referências aqui expostas, ressalta-se que dizem respeito muito mais a questões conceituais do que aos estudos de caso, visto que não se verificou um número tão acentuado de trabalhos científicos que tratam especificamente deste assunto.

Inicialmente, segundo a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do RJ (1992), o diagnóstico ambiental pode ser definido como o conhecimento de todos os componentes ambientais de uma determinada área para a caracterização de sua qualidade ambiental. O diagnóstico ainda, serve de base para o conhecimento e o exame da situação ambiental, visando traçar linhas de atuação ou tomar decisões para prevenção, controle e correção dos problemas ambientais.

Ogata (1995) detalha uma proposta de metodologia de macrozoneamento costeiro, apresentando um arcabouço de técnicas com metas de fornecimento de

informações sobre os procedimentos de diagnósticos sócio-econômicos e físico-ambientais, alcançando um diagnóstico final, chamado diagnóstico sócio-ambiental.

O conceito de diagnóstico ambiental é muito utilizado em estudos ambientais com fins de licenciamento, sendo abordado - como já citado anteriormente - principalmente como capítulo integrante obrigatório em trabalhos como EIA/RIMA. A Resolução 001/86<sup>1</sup> do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e o Decreto 99.274/90<sup>2</sup> dispõem sobre a obrigatoriedade da etapa de diagnóstico ambiental, que deve fazer uma exposição da situação ambiental da área a ser atingida pelo impacto antes da implantação do empreendimento, abrangendo os aspectos dos meios físico, biológico e sócio-econômico, a fim de permitir uma avaliação eficiente dos efeitos impactantes do projeto proposto<sup>3</sup>. Sobre este fato, Machado (2002) ressalta que “a descrição inicial do local será de grande importância na conclusão do estudo, pois permitirá um mais justo juízo de valor entre as vantagens de autorizar-se ou não o projeto”. Se o estudo se detiver só nas modificações que o projeto irá acarretar, deixa-se de ter – no relatório – os elementos fundamentais de comparação entre o antes e o depois do projeto.

Mirra (1998) frisa a importância do diagnóstico mostrando que são “pontos mínimos absolutamente indispensáveis à correta avaliação de impactos ambientais”.

Tommasi (1994) apresenta uma introdução às metodologias dos EIA, ressaltando a importância e a obrigatoriedade dos diagnósticos ambientais em trabalho técnico para qualquer empreendimento.

SUREHMA/GTZ (1992) diz que, em síntese, o objetivo do diagnóstico é o “levantamento dos parâmetros dos meios físico, meio biológico e sócio econômico, [...], a fim

---

<sup>1</sup> Resolução 001, de 23 de janeiro de 1986. Art. 6º, Inciso I, Alíneas a, b e c – “O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas: I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando: a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas; b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente; c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.”

<sup>2</sup> Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990. Art. 17, § 1º, Alínea a – “A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do Sisnama, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. § 1º Caberá ao Conama fixar os critérios básicos, segundo os quais serão exigidos estudos de impacto ambiental para fins de licenciamento, contendo, entre outros, os seguintes itens: a) diagnóstico ambiental da área.”

<sup>3</sup> Milaré; Benjamin (1993), buscam reforçar este ponto dizendo que faz-se uma exposição das interações dos fatores ambientais, indicando os métodos adotados para sua análise, com o objetivo de descrever as interrelações entre os componentes bióticos, abióticos e antrópicos do sistema a ser afetado.

de conhecer a situação ambiental atual, servindo, portanto, como base para estudar as diversas implicações que podem advir de qualquer atividade”.

Alguns termos utilizados no exterior<sup>4</sup> se assemelham bastante aos diagnósticos ambientais como em Canter (1998), adotando o termo “inventário ambiental” ressaltando que “es una descripción completa del medio tal y como es en un área donde se plantea ubicar una determinada actuación. El inventario se estructura a partir de una lista de control de parámetros de los medios físico-químico, biológico, cultural y socioeconómico”. Descreve que o inventário ambiental serve como base para avaliar os impactos potenciais de uma ação proposta, tanto de caráter benéfica como de caráter prejudicial, representando o primeiro passo para o desenvolvimento de uma avaliação de impacto ambiental.

De acordo com Agra Filho (1993), o diagnóstico ambiental,

...consiste numa interpretação da realidade das condições ambientais, identificando a dinâmica e processos que interferem na sua qualidade. Deve expressar as potencialidades e as restrições estruturais e conjunturais do ambiente natural e social, como também as tendências de sua evolução com o objetivo de fornecer as condições de referência indispensáveis ao processo de avaliação pretendido.

Para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (1995), o diagnóstico ambiental deve englobar a análise do meio natural e sócio-econômico e suas interações. Devem ser analisados de forma “sistêmica, considerando as características dos recursos naturais, especialmente no que se refere às funções básicas de um ecossistema” englobando a produtividade, capacidade de suporte, de informação e auto-regulação.

O entendimento do meio ambiente da cidade de Natal perpassa por um levantamento acerca dos problemas/impactos ambientais urbanos. Para isso, foram tomados para revisão, diversos temas relacionados à temática proposta.

---

<sup>4</sup> Em francês essa etapa chama-se “Analyse de l'état de l'environnement”. Em inglês assume diversas denominações, de acordo com o autor ou o país de origem: “Environmental Inventory” (CANTER, 1977), definida como a descrição completa do meio ambiente, tal como existe na área onde se está considerando a execução de uma dada ação; “Inicial Reference State” (MUNN, 1979), definida como o conhecimento da situação ambiental da área, através do estudo de seus atributos; “Environmental Setting” e “Description of Baseline Conditions” (BISSET, 1982); “Evaluation of Existing Situation” (CLARK, 1979), definida como a natureza das condições ambientais e sócio-econômicas existentes na área circunvizinha a um projeto proposto, de modo que os impactos possam ser identificados e suas implicações avaliadas; “Baseline Data” (BEANLANDS, 1983). Em espanhol, marco ambiental (legislação mexicana). (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, 1992, pág. 77).

Inicialmente deve-se levantar aqui, mesmo sucintamente, uma discussão sobre os problemas ambientais urbanos, problemas estes, relacionados a impactos ambientais que têm por definição ser

...qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986 - RESOLUÇÃO 001, ART 6º).

Neste caso dá-se uma ênfase ao impacto como efeito de ações antropogênicas. Contudo, devem-se considerar os efeitos danosos gerados por agentes naturais como os furacões, terremotos, secas, inundações e movimentos de massa em áreas até então intactas. Devem-se aceitar noções que os impactos naturais são muitas vezes acelerados e aumentados pela intervenção humana, contudo sem ser, muitas vezes, seu principal fator causador.

Uma definição que se assemelha ao exposto acima é de Menin (2000), discorrendo como sendo

...toda ação ou atividade natural ou antrópica, que produz alterações bruscas em todo o meio ambiente ou apenas em alguns de seus componentes. É uma espécie de trauma ecológico devido à ocorrência de um choque causado por algum ato humano ou fenômeno natural cujos efeitos são nocivos ao equilíbrio do meio ambiente.

ACIESP *apud* Tommasi (1994), define impacto ambiental como “toda ação ou atividade, natural ou antrópica, que produz alterações bruscas em todo meio ambiente ou apenas em alguns de seus componentes”. De acordo com o tipo de alteração, pode ser ecológico, social ou econômico.

Ainda segundo o *Federal Environmental Assessment Review Office* (FEARO *apud* TOMMASI, 1994), os impactos ambientais são processos que perturbam, descaracterizam, destroem características, condições ou processos no ambiente natural, ou que causam modificações nos usos instalados, tradicionais, históricos, do solo e nos modos de vida ou na saúde de segmentos da população; ou que modifiquem de forma significativa, opções ambientais.

Agra Filho (1993) mostra que a definição de impacto ambiental é comumente aplicada para expressar os efeitos ambientais ocasionados por uma ação ou atividade. Porém, segundo o autor, nessas avaliações deve ser enfatizada a noção de valoração que o termo expressa. Assim, a literatura especializada utiliza o conceito de impacto ambiental para referir-se às alterações significativas no meio ambiente em termos de juízo de valor, da magnitude e importância dos efeitos ambientais. Acaba considerando impacto ambiental como “as alterações significativas, benéficas ou adversas, produzidas no ambiente natural e sócio-econômico, resultantes das atividades humanas”.

Troppmair *apud* Mirra (1998), entende por impactos ambientais “as alterações drásticas nas estruturas e fluxos no sistema Meio Ambiente, ocorridas em espaços de tempo reduzidos”. Este sistema engloba os meios abiótico, biótico, noótico, social e econômico.

A degradação significativa do meio ambiente, o que se pode considerar como impacto ambiental, é definida por Mirra (*op cit.*), como sendo a

...alteração drástica e nociva da qualidade ambiental, resultante de atividades humanas que afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

A Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (1992) considera impacto ambiental “qualquer alteração significativa no meio ambiente – em um ou mais de seus componentes – provocada por uma ação humana”. A mesma obra expõe alguns termos compilados de outras referências que abordam a conceituação de impacto ambiental, dos quais Canter (1977) diz ser a alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e sócio-econômico que possa ser atribuída a atividades humanas relativas às alternativas em estudo para satisfazer as necessidades de um projeto; Dieffy (1975) descreve que o impacto ambiental pode ser visto como parte de uma relação causa-efeito. Do ponto de vista analítico, pode ser considerado como a diferença entre as condições ambientais que existiriam com a implantação de um projeto proposto e as condições ambientais que existiriam sem essa ação; por fim, Horberry (1984) fala que um impacto ambiental é a estimativa ou o julgamento do significado e do valor do efeito ambiental para os receptores natural, sócio-econômico e humano.

(Macedo, c2002), considera impacto ambiental

...todos os efeitos sensíveis provenientes das alterações de ordem física, química, biológica, social, econômica e cultural do ambiente, adversos e benéficos causados por qualquer processo de transformação ambiental, antrópico ou não, que, diretamente ou indiretamente, afetem: I – a saúde e o bem-estar presente e futuro do indivíduo e das comunidades de que participa; II – as atividades sociais, econômicas e culturais ocorrentes e previstas; III – a qualidade presente e futura dos recursos e fatores ambientais; IV – a estabilidade presente e futura dos ecossistemas, constituídos ou em transição; V – as possibilidades de reabilitação e recursos e fatores ambientais.

O autor enuncia outra definição acerca dos impactos ambientais considerando “os efeitos de qualquer transformação do comportamento e/ou da funcionalidade pré-ocorrentes de pelo menos um fator ambiental, em decorrência de processos antrópicos ou não”.

Após as definições de impacto ambiental colocadas aqui, pode-se citar outros conceitos relacionados aos efeitos adversos na natureza, principalmente os dispostos na Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu Art. 3º, Inciso II, onde considera degradação da qualidade ambiental, “a alteração adversa das características do meio ambiente”; e em seu Inciso III, entende a poluição como sendo

...a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas a atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Estas definições se coadunam com conceitos relacionados aos impactos ambientais, visto que, todas trazem respostas negativas à sociedade mediante uma ação estressante à paisagem natural, ocasionando sucessivamente impactos ao sistema ambiental. Quer dizer, houve uma influência direta, antrópica ou não, desregulando, alterando e desequilibrando a energia e a matéria do ambiente até então equilibrado.

Guerra; Cunha (2001) discorrem sobre questões teóricas, conceituais e aplicadas de impactos ambientais urbanos, baseados em estudos de caso de cidades brasileiras de pequeno, médio e grande portes. Inicialmente, é tratada a questão teórica, enfocando os problemas de como pesquisar e analisar os impactos ambientais na cidade por abordagens teórico-metodológicas e práticas de pesquisa. Da mesma forma são listadas algumas soluções dos problemas ambientais apresentados.

Desta referência citada, destacam-se os artigos de Coelho (Impactos ambientais em áreas urbanas); Marçal e Guerra (Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia-MA); Araújo (Danos ambientais na cidade do Rio de Janeiro); Almeida e Guerra (Erosão dos solos e impactos ambientais na cidade de Sorriso/MT) e Oliveira e Herrmann (Ocupação do solo e riscos ambientais na área conurbada de Florianópolis).

Smolka (1996) enfoca os aspectos ambientais em áreas intra-urbanas, assinalando-os do contexto mais amplo da urbanização brasileira. Seu roteiro segue uma lógica que privilegia a abordagem da metrópole e suas questões ambientais, contextualizando-os às cidades do terceiro mundo, propondo políticas de enfrentamento dos problemas urbanos e seus limites intervencionistas.

Philippi Júnior *et al.* (1999) apresentam um trabalho, fruto de dois eventos realizados em 1998 pela Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente – ANAMMA, onde sistematiza artigos relacionados a perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. Destacam-se os artigos de Franco; Maglio; Coimbra e Müller.

Menezes (1996) apresenta um estudo em que tem como objeto a cidade de Curitiba/PR, mostrando que o equacionamento do binômio desenvolvimento urbano/meio ambiente resulta no estabelecimento de uma estrutura jurídico-institucional, capaz de compatibilizar os interesses conflitantes entre os agentes econômicos, sociais, culturais e políticos que atuam na cidade.

Costa (2000b) analisa alguns impactos sobre o processo de urbanização recente, de transformações importantes nas relações entre indústria e produção do espaço urbano, tomando como área de estudo o Vale do Aço, em Minas Gerais. Tais modificações vêm imprimindo novas características às áreas urbanas, resultando em uma maior exclusão da população, infligindo à mesma, condições mais precárias de qualidade de vida e trabalho.

Taschner (2000) aborda as características da distribuição espacial da população no território brasileiro, associadas a desigualdades das formas de acesso à cidade, retratando as favelas paulistanas e seu aumento na ocupação do espaço urbano na última década, baseado em um conceito de risco pelas condições sanitárias e pela degradação ambiental, associado à ocupação de áreas inadequadas.

Jacobi (1999) apresenta os resultados de pesquisa sobre problemas ambientais e qualidade de vida na cidade de São Paulo/SP, visando compreender os problemas ambientais vivenciados pela população da cidade no nível domiciliar e prover suporte

analítico para a formulação das estratégias necessárias para a melhoria do meio ambiente urbano.

Cunha; Guerra (1996) discutem as causas e conseqüências da degradação ambiental, integrando o papel da geomorfologia nos estudos relacionados a esse tema e os desequilíbrios causados na paisagem pela degradação numa bacia hidrográfica.

Casseti (1995) apresenta uma discussão acerca das alterações hidrodinâmicas das vertentes em áreas urbanizadas e suas implicações ambientais, tomando como estudo de caso a área urbana de Goiânia/GO.

## **2.2 Trabalhos Realizados Sobre o Município de Natal.**

Medeiros (2001) utiliza fotografias aéreas de 1970 e imagens de satélite Spot de 1996 para identificar e compreender as transformações geomorfológicas ocorridas nas lagoas naturais existentes e desaparecidas na cidade de Natal/RN, durante a ocupação urbana. Nesse trabalho verifica-se a importância do uso de técnicas de sensoriamento remoto para análise ambiental do meio urbano.

Moreira; Souza (1997) realizam um mapeamento geotécnico com o objetivo de fornecer subsídios para o planejamento do uso e da ocupação do meio físico utilizando fotografias aéreas do município de Natal/RN e áreas adjacentes, em escala de 1:50.000, compreendendo quatro etapas de execução: levantamentos de informações e fotointerpretação, de campo, de laboratório e confecções de cartas.

Nunes (1996), realizando o estudo do macrozoneamento geo-ambiental da grande Natal, elaborou cartas temáticas (Morfo-estrutural, Cobertura de Alteração Intempérica, Fisiográfica, Geo-ambiental). Nunes (2000) mostra a relação intrínseca dos domínios geo-ambientais citados com análises feitas em cima de problemas de saneamento básico, lixo doméstico e industrial, serviços de saúde, transbordamentos de lagoas urbanas, impermeabilidade urbana e o monitoramento dos cemitérios públicos e privados.

Pereira (1999b) investiga a evolução cenozóica da região costeira entre as praias de Ponta Negra, Redinha e o estuário do Potengi, tendo como suporte o mapeamento geológico de detalhe e a caracterização das diversas unidades litológicas aflorantes da área. Para tal, utilizou conhecimentos e técnicas nos domínios da litoestratigrafia, da sedimentologia, da neotectônica e do sensoriamento remoto. Uma vertente bastante presente na pesquisa são os dados levantados em relação à geologia regional, Formação

Barreiras, geomorfologia, as “*beach rocks*”, a neotectônica e o complexo estuarino Potengi-Jundiá.

O Instituto de Desenvolvimento Econômico do Rio Grande do Norte (1986) realiza um diagnóstico ambiental do estuário do rio Potengi mostrando que o “desenvolvimento industrial e a crescente expansão demográfica da cidade do Natal, tem-se como resultado lógico o aterramento de grandes extensões da margem direita do estuário que serve, ainda, como bacia receptora dos despejos urbanos e industriais, geralmente lançados sem nenhum tratamento prévio”. Conclui que o estuário necessita de um plano de manejo integral com meios necessários de controle e apoio técnico.

A forte incidência de diversas formas de impactos ambientais no estuário do Potengi pode ser representada sob o prisma da ocorrência de metais pesados em seus sedimentos superficiais. Figueiredo (1997) estuda os níveis de concentração nas frações instáveis e estáveis de metais pesados, matéria orgânica e granulometria no baixo curso do Potengi, área esta de maior concentração urbana e populacional deste manancial, onde ficam localizadas as cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba. Para tal, foram definidas 14 estações de amostragem para coleta de material.

Dando destaque inicial à temática relacionada à contaminação dos lençóis subterrâneos em Natal, Melo (1995) estuda o desenvolvimento urbano como impactador das águas subterrâneas de Natal tendo como objetivo principal à avaliação dos “riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas de Natal devido às ações impactantes sobre a superfície do solo e identificar as áreas já afetadas diagnosticando sobre a origem e mecanismos das contaminações”.

Nascimento (2001a) estudou a qualidade das águas subterrâneas do aquífero Dunas/Barreiras em Natal através de coletas em períodos diferenciados (estiagem e chuvoso), determinando níveis quantitativos de nitrato, nitrito, crômio, chumbo, zinco, manganês, cobre, cádmio, íons de sódio, potássio, cálcio, magnésio e cloreto.

Uma pesquisa realizada por Mineiro (2001), tomando como base exames laboratoriais de água, de coletas realizadas em fevereiro, maio e agosto de 2000 em 161 poços de Natal para a detecção dos índices de nitrato, mostra que 50 poços, ou seja, 31% apresentam concentração de nitrato acima dos valores máximos permitidos pela OMS (45mg/l).

Ainda sobre os problemas ambientais advindos da ausência de esgotamento sanitário na cidade da Natal, e mais especificamente na Região Administrativa Norte, Melo

(1998) executa uma avaliação dos riscos de contaminação e proteção de suas águas subterrâneas, utilizadas no abastecimento de sua população.

Outra análise que destaca a forte incidência do teor de nitrato das águas de Natal, também é estudada por Gondim (2002), que avalia a qualidade da água consumida pela população dos bairros Nordeste, Petrópolis e Capim Macio, antes e depois dos reservatórios residenciais, tomando como base a quantificação de vários parâmetros químicos e físico-químicos, dos quais o nitrato.

Mais especificamente sobre os impactos causados com a construção de lagoas de estabilização de esgotos provenientes do bairro de Ponta Negra e da Via Costeira, Paiva (2002) expõe que a área onde foram construídas as referidas lagoas – no bairro de Ponta Negra – é uma área de fragilidade ambiental, “por se constituir em um local de recarga do aquífero, próximo a residências numa zona urbana e em franco processo de ocupação imobiliária”. Conclui ressaltando o não cumprimento da legislação ambiental pertinente e a ausência de critérios técnicos apregoados por diversos estudos, pois existiu uma “transferência” do problema não alterando o fator causador dos impactos, ou seja, a ação dos agentes nitrato e nitrito nas águas superficiais pelo esgotamento sanitário e sua respectiva infiltração no lençol freático.

Nascimento (2001b) analisa as dificuldades vivenciadas pelas comunidades residentes em áreas de risco inundacional das proximidades da lagoa de São Conrado, bairro de Nossa Senhora de Nazaré, Região Administrativa Oeste de Natal. Avalia que “praticamente não existe um plano de ação, nem emergencial que possa guiar a ação dos órgãos públicos ligados à problemática das inundações”. Essas se caracterizam por possuir um caráter sistêmico onde a inter-relação dos aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais estão inseridos, atingindo todos os estratos sociais, embora com maiores repercussões em locais de infra-estrutura mais deficitária.

Ainda sobre inundações em Natal, Silva (1999b) caracteriza e mapeia as áreas de risco inundacional da cidade de Natal, relatando que a cidade cresceu de forma desordenada sendo inevitáveis as ocupações em áreas inapropriadas. As áreas de maiores inundações estão localizadas nas cotas altimétricas abaixo de 30 metros, onde representa os pontos de afloramento do lençol freático em períodos chuvosos.

Souza (1999) investiga as alterações ambientais no entorno da Avenida Prudente de Moraes, dando total ênfase à área localizada à esquerda, no sentido dos bairros Candelária-Pitumbu, advindos do prolongamento da supracitada avenida, em 1994, na Região Administrativa Sul de Natal. Como métodos de investigação, tomou-se como

referência o método Sistêmico, onde “foram utilizadas técnicas de interpretação de fotografias aéreas de 1988, na escala 1:60.000 e imagem de satélite SPOT de 1994, na escala de 1:50.000, além da atualização de campo em 1998”.

Vasconcelos (1999), realiza um estudo sobre o processo de ocupação e uso do solo no bairro de Planalto, Região Administrativa Oeste da cidade que, a partir de 1985, intensifica-se por todo o loteamento, objetivando analisar as transformações espaciais ocorridas neste bairro, bem como, as condições sócio-econômicas, infra-estrutura existente, serviços oferecidos e os problemas ambientais decorrentes do seu processo de ocupação. Seu processo de ocupação é fruto de uma dicotomia relacionada ao alto valor dos terrenos urbanos centrais da cidade e os baixos salários da população, provocando com isso, uma série de ocupações irregulares em sua área, desqualificando os bens naturais e diminuindo as condições da vida da população deste bairro.

Cunha (1987) estuda o processo da expansão territorial urbana em Natal, até o ano de 1987, discutindo o quadro histórico do processo de ocupação urbana, a intervenção estatal por políticas públicas na produção de seu espaço a partir da década de 50, a renda da terra resgatando os reflexos das relações na configuração do espaço urbano no bairro de Igapó. No trabalho, a autora ressalta que “a expansão territorial urbana verificada em Natal é resultante do modo como o processo de produção capitalista ali se desenvolveu”. Conclui ressaltando que o processo de produção do espaço de Natal evidenciou que as políticas públicas, voltadas para os interesses do capital, pouco privilegiaram as questões sociais e ecológicas.

A qualificação e quantificação do uso do solo estão muito ligadas a processos históricos de expansão urbana no município de Natal que – novamente – Cunha (1991) analisa tomando como base as políticas públicas e privadas nas evoluções urbanísticas da cidade. A autora discute a evolução do espaço urbano de Natal em três fases distintas: até o final do século XIX, até 1930 e a terceira fase analisa a expansão urbana no período pós 30, onde discute o crescimento e a distribuição da população no espaço urbano de Natal, as evoluções dos setores secundário e terciário. Uma tônica importante no trabalho é a influência da intervenção do Estado na produção do espaço urbano, trazendo consigo seus projetos industriais, habitacionais e turísticos, afirmando que os investimentos em infraestrutura, levados a termo pelos referidos programas governamentais, passaram a ocorrer de forma intensa, acentuando-se especialmente a partir de 1975. Através destes, verificou-se diferenciação expressiva da paisagem urbana.

Lopes Júnior (2000) enfatiza um ponto particular de urbanização em Natal/RN decorrente das atividades turísticas e de agentes públicos e privados na produção de uma nova identidade na cidade, gerando alterações ambientais importantes.

Santos (1998) trata da história da urbanização em Natal, tendo como principal referência os planos urbanísticos durante o Século XX. O levantamento do quadro histórico da cidade possibilita o conhecimento da especificidade da urbanização, do urbanismo e do planejamento urbano em Natal. O modelo de estudo leva em consideração um levantamento aprofundado do planejamento urbano dando ênfase aos planos diretores implementados. No presente contexto histórico de globalização e neoliberalismo existe uma inviabilização de um planejamento urbano com a presença do estado que estabelece uma ação planejada, enquanto um instrumento passível de ser utilizado em parcerias com a sociedade civil para correção de indústrias e para a distribuição de direitos sociais.

As discussões acerca das condições ambientais das dunas de Natal já vêm sendo levantadas por Santos; Filgueira; Costa (1992), há mais de dez anos. Este estudo tem por objetivo identificar os principais impactos ambientais existentes no campo dunar ao sul de Natal, observando os condicionantes naturais e antrópicos.

O estudo intitulado Perfil Ambiental das Dunas de Natal – RN, editado pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico do Rio Grande do Norte (1989), verifica uma forte influência degradadora nos ecossistemas dunares, pois ao longo do curso da história tem mostrado ao homem a necessidade de proteção dos ambientes e, apesar do crescente conhecimento científico, ainda não existem técnicas especiais de aproveitamento total desses ambientes. O documento ressalta que os maiores especialistas no assunto aconselham que a melhor medida é preservá-los evitando sua deterioração, já que podem acarretar sérios problemas ambientais que muitas vezes são irreversíveis. O documento traz alguns zoneamentos de áreas de conflitos ambientais originados pelo desmatamento, proliferação de culturas permanentes e edificações, trazendo a diminuição de suas funções sociais relacionadas à permeabilidade das águas fluviais, recarga dos aquíferos livre e Barreiras e também, amenização climática.

Jesus (2002) levanta e analisa as principais características geológicas, geomorfológicas e geotécnicas de um cordão dunar da cidade de Natal, conhecido como Parque Estadual das Dunas do Natal dando uma forte ênfase ao bairro de Mãe Luíza, região esta adjacente a UC (Unidade de Conservação) supracitada. Ressalta pontos de extrema relevância, relatando que a ação antropogênica potencializa e descaracteriza as encostas do bairro de Mãe Luíza. Contudo, explica que a urbanização não pode ser contida nem deve

se dar de forma aleatória. A urbanização deve ser planejada para que seja realmente garantido o bem estar social.

Oliveira (1999), utilizando-se de tecnologias de DGPS e cartografia digital, realiza um diagnóstico da situação ambiental de três unidades de conservação municipal conhecidas como Zonas de Proteção Ambiental-ZPA, no município de Natal. Foram levantadas informações por incursões ao campo coletando com GPS pontos de degradação ambiental. Este trabalho se fortalece em um momento que “a temática ambiental traz profundas discussões a respeito de um uso racional do espaço, onde os interesses econômicos e elitistas muitas vezes sobrepujam os interesses da coletividade”. Foram levantados 167 pontos de degradação, 55 trilhas e 2 áreas de retirada de sedimentos. Finais ressaltando que as unidades urbanas de conservação sofrem um grande impacto e uma grande pressão em seus ambientes, pois diversos influenciadores econômicos e sociais atuam diretamente na dinâmica de sua paisagem. Propõe que se deva fazer um plano de desenvolvimento sócio-ambiental conjunto, nos municípios influenciadores dessas ZPAs, tendo uma participação igualitária da sociedade inserida nesse contexto.

Chaves (1997) caracteriza ambientalmente as potencialidades de uso e ocupação do solo da ZPA 05 (Associação de dunas e lagoas do Bairro de Ponta Negra – região de Lagoinha), realizando levantamentos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, de fauna e flora, uso e ocupação atual do solo e influenciadores antrópicos. O valor ambiental da área em estudo, do ponto de vista hidrológico, consiste em ser a mais importante área de captação de águas pluviais e que se deve tornar constante a preservação de sua rica e abundante cobertura vegetal. Adverte que esta UC precisa de uma política de preservação ambiental imediata, visto que, a especulação imobiliária e as invasões se tornam descaracterizadores ambientais, comprometendo assim, em pouquíssimo tempo, sua importância como Zona de Proteção Ambiental da cidade de Natal.

Mineiro; Porpino; Palhano (2001) mostram que a cidade de Natal é extremamente vulnerável às agressões ao meio ambiente, e o acelerado crescimento urbano de Natal se realiza ao sabor dos interesses imobiliários privados e em detrimento dos interesses coletivos, onde a busca do lucro imediato e o retorno acelerado do capital são, via de regra, os únicos requisitos mobilizadores e potencializadores da especulação que, historicamente, marca o processo de ocupação e uso do solo em Natal. Inventariam os crimes ambientais na cidade, destacando as contaminações hídricas subterrâneas. Também destacam a poluição em mananciais superficiais como os rios Potengi e Pitimbu ocasionada por problemas comuns: despejo de esgotos domésticos e industriais, desmatamento de suas margens e depósito de lixo. Também citam temas acerca das degradações nos

ecossistemas lacustres, manguezais, dunas e região costeira. O problema do lixo também é citado, acarretando problemas relacionados à poluição das águas, do ar, degradação da paisagem e proliferação de animais prejudiciais à saúde humana, ocasionando doenças. A radiação oriunda de ondas magnéticas para fins de telefonia celular é outro assunto abordado, assim como, as poluições do ar, visual e sonora. Por fim, destacam a destruição de árvores e a invasão de áreas públicas.

Santos (1999), ao realizar o estudo da influência da expansão urbana na paisagem da sub-bacia do rio Pitimbu entre Natal e Parnamirim, onde está inserida a ZPA 03 (área entre o rio Pitimbu e a Avenida dos Caiapós), constatou que “a expansão urbana no entorno do rio Pitimbu vem ocorrendo de forma a alterar o equilíbrio dinâmico do sistema” hídrico, uma vez que o mesmo é um tributário da lagoa do Jiqui, abastecedora de água da cidade de Natal. Cita que mesmo a cidade “possuindo um Plano Diretor, a área transformada em Zona de Proteção Ambiental, aos poucos está sendo degradada com o desenvolvimento da ocupação urbana desordenada”. A ação humana, através de queimadas, movimento de terra para a construção civil e conseqüente retirada da cobertura vegetal, está ocasionando um processo de assoreamento de seu canal fluvial.

O Instituto de Desenvolvimento Econômico do Rio Grande do Norte (1985) elabora um estudo no qual realiza um diagnóstico preliminar das condições ambientais da grande Natal, trazendo dados relevantes para a gestão pública na proteção dos recursos naturais. Sobre Natal são levantados dados referentes aos seus aspectos físicos, econômicos, de saneamento e de dados de ocupação do solo. Todos os dados são relacionados à situação ambiental em que se encontravam os constituintes da cidade. Segundo o trabalho, os problemas verificados são decorrentes de uma concepção errônea e limitada a respeito das questões ambientais. Por fim, recomenda ações no sentido de mitigar os impactos verificados em relação ao esgotamento sanitário; abastecimento de água; esgotamento pluvial; resíduos sólidos, industriais e uso e ocupação do solo.

Carvalho; Dantas (1992) discutem o verde urbano em Natal e verificam o grau de devastação de suas áreas, incentivadas pelo crescimento urbano desordenado, uma vez que o desenvolvimento imobiliário vem modificando nos últimos anos a qualidade ambiental da cidade no que se refere à quantidade de verde. Verificam que a cidade já apresenta carências de áreas verdes ocasionadas pela especulação imobiliária, falta de fiscalização das obras degradadoras por órgãos públicos e descaso do poder público em fazer prevalecer a legislação pertinente à proteção ambiental.

Vidal (1991) trabalha com relações entre a morfologia urbana e a distribuição espacial do parâmetro temperatura do ar na cidade de Natal, “caracterizando a ilha de calor e identificando os atributos da forma urbana que mais influenciam nas alterações dessas temperaturas”. Conclui que a ilha de calor de Natal se manifesta a partir do entardecer: à noite, quando cessa a influência da radiação solar, é de grande importância a ventilação para aumentar as perdas de calor por convecção.

As implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu/RN foram estudadas por Borges (2002), levando-se em consideração a decorrência das diversas formas de uso e ocupação do solo, relacionada à crescente e desordenada ocupação humana. Segundo o autor, “essa bacia merece uma atenção especial na medida em que o rio Pitimbu e a lagoa do Jiqui desempenham um papel importante na disponibilização de água doce superficial para a cidade do Natal”. Identifica diversos impactos na porção da bacia que abrange o município de Natal, dentre os quais, desmatamentos, queimadas, retirada de sedimentos, disposição de resíduos sólidos nas vertentes e águas, drenagem urbana precária, carência de um sistema de esgotamento sanitário público, erosão e assoreamento. Conclui indicando a necessidade premente de se promover a gestão integrada da bacia, contando-se, sobretudo, com uma atitude pró-ativa da população envolvida, no sentido de provocar os órgãos responsáveis por essa problemática.

Oliveira (1994) realizou um trabalho determinando as condições de autopurificação do rio Pitimbu, verificando sua capacidade de autodepuração em termos do balanço de oxigênio dissolvido e quanto à remoção de bactérias do grupo coliformes. “Procurou-se ainda acompanhar alguns parâmetros que permitissem verificar o estado atual de poluição deste rio, para a constatação de possíveis ações poluidoras que venham se desenvolvendo ao longo do curso estudado”.

O Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2001) realizam um diagnóstico químico-ambiental com análise em águas e sedimentos de fundo do manancial do rio Pitimbu e verificaram a presença em sua bacia de “trechos urbanos de alta densidade demográfica e sem esgotamento sanitário, indústrias, rodovias de alto tráfego, abatedouros, lixões, feiras livres, cemitérios, postos de combustível, pequenas propriedades agrícolas e pecuárias (sítios, granjas, currais e pocilgas)”. Todos esses fatores impactantes são graves estressores ambientais, contudo, segundo o diagnóstico, a poluição química em suas águas é a mais grave, pois age de forma imediata, prejudicando diretamente a saúde da população que utiliza suas águas.

Carvalho (2001) trata sobre a relação e influências existentes entre a vegetação e o clima urbano, adotando como área de estudo o Parque Estadual Dunas do Natal e a cidade de Natal, levantando a hipótese de que a referida área exerce influência direta no clima da cidade. Elabora um estudo comparativo entre os elementos climáticos na área do parque e fora de seus limites, a partir de levantamentos de dados técnicos, e a sistematização das informações coletadas, com o intuito de propor um conjunto de recomendações bioclimáticas para o desenho urbano na cidade.

Ainda englobando assuntos relacionados ao Parque das Dunas, Cabral (1999) discute a importância da comunidade na conservação dos sistemas ambientais sob a ótica de inter-relações entre a população residente no entorno do parque e seu meio, utilizando para tal, uma análise e interpretação dos dados coletados em campo, verificando que a comunidade limítrofe não participou do processo de criação, implantação e gestão desta UC. Este fato traz consigo o desconhecimento e o reconhecimento deste parque como unidade de conservação, trazendo profundos prejuízos a sua constituição natural, provocada pelas suas intervenções. Carvalho (2001) mostra que esta unidade de conservação atua no clima de Natal na oxigenação, umedecimento e purificação do ar, na fixação de dunas, na filtração da radiação solar e na diminuição da temperatura do ar no seu interior e entorno.

### **2.3 Geoprocessamento.**

As técnicas de Geoprocessamento abrangem diversas áreas do conhecimento, podendo ser englobadas, dentre as quais, em Sistemas de Informação Geográfica-SIG, Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital, Sistema de Posicionamento Global-GPS, Banco de Dados e *Computer Aided Design - CAD*. Todas estas técnicas, com exceção do sensoriamento remoto e do GPS, estão relacionadas ao surgimento dos computadores eletrônicos a partir da década de 40, passando às décadas de 60, 70 e 80 onde o uso do geoprocessamento começa a se propagar, fortalecido pelo desenvolvimento da capacidade de interação e diminuição dos custos dos sistemas com avanços nos *hardware* e *software*. Atualmente as novas tecnologias e equipamentos estão aliados à redução dos custos e a uma maior popularização de uso.

Com o surgimento do primeiro computador eletrônico na década de 40, os cálculos eletrônicos ficaram mais precisos e rápidos, possibilitando um novo horizonte na pesquisa eletrônica e nas pesquisas da paisagem. O primeiro sistema a ser realmente considerado como um Sistema de Informação Geográfica foi o *Canadian Geographic*

*Information Systems (CGIS)*, em 1964, para a aplicação na análise de dados inventários de terras no Canadá. Logo após foram desenvolvidos os sistemas *New York Landuse and Natural Resources Information Systems (1967)* e *Minnesota Land Management Information System (1969)*. A década de 70 foi o período de propagação das tecnologias de geoprocessamento, onde os órgãos governamentais – até agora restringidos pelo alto custo de implantação – se interessam pelo seu uso e adotam como ferramenta básica, sua utilização.

Atualmente, as geotecnologias integram o mercado institucional, comercial e industrial ocasionados por um desenvolvimento técnico-científico e pela popularização da geoinformação. Ao mesmo tempo, os novos equipamentos sofreram redução em seus custos, tornando-os numa tecnologia de rápida difusão, aceitação e de menor valor de aquisição.

O geoprocessamento pode propiciar, em algumas situações, a qualificação dos trabalhos de cunho sócio-ambiental, onde as diversas ciências e técnicas que estão relacionadas ao entendimento do espaço geográfico, produzindo uma cadeia multidisciplinar. Entre estas, pode-se citar o sensoriamento remoto, topografia/agrimensura, fotogrametria, geodésia, cartografia, geomorfologia, geologia, biologia, arquitetura, sociologia e, muito fortemente, a geografia, uma vez que para ela

...torna-se imperativo o conhecimento da geotecnologia, pois com o grau de complexidade a que chegaram os estudos de natureza geográfica tornou-se imprescindível o uso de computadores no manuseio das informações. As técnicas computacionais permitem a redução do tempo gasto pelo pesquisador em rotinas longas e repetitivas possibilitando ainda a integração de diferentes tipos de informação geográfica e sua representação cartográfica de forma rápida e adequada. (CEBRIAN; MARK, *APUD* MORETI; KOFFLER; TEIXEIRA, 1989).

Em relação a sua conceituação, Pereira (1999a) diz que o termo geoprocessamento articula as palavras *geo* (derivado do termo grego *gaia* – Terra) e processamento referindo-se à capacidade de processar informações. É considerado como “um conjunto de tecnologias, métodos e processos para o processamento digital de dados e informações geográficas”. O aludido autor realiza um estudo sobre geoprocessamento e urbanismo em Salvador na tentativa de investigar a validade do uso de geoprocessamento como instrumento para apoio ao planejamento urbano. Para ele, o surgimento de tecnologias de informação tende a mudar atividades de planejamento e gestão urbana. Contudo, por outro lado, o desenvolvimento tecnológico tem sido mais rápido que o

desenvolvimento de métodos e conceitos para se lidar com a aplicação destas tecnologias, trazendo com isto uma defasagem em seu uso.

A definição de Rodrigues (1990) diz que o “geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam”.

Segundo Câmara, Medeiros (1998a), “o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”.

Brito (2001) ressalta que o termo “Geoprocessamento tem sido aplicado às áreas do conhecimento que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o armazenamento e tratamento da informação geográfica”. Mostra que a informação geográfica é aplicada a várias áreas distintas, contudo, mesmo que sejam diferentes, elas estão intimamente inter-relacionadas, usando, na maioria das vezes, as mesmas características de *hardware*, porém de *software* distinto.

Teixeira; Christofolletti (1997) afirmam que o termo geoprocessamento é definido “como uma tecnologia que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação e análise de dados espacialmente referenciados”.

Uma análise do processo evolutivo do geoprocessamento mostra que uma nova tendência no geoprocessamento é o uso gerencial para a implantação de políticas públicas em prefeituras municipais. Esta técnica permite o aporte e resgate de diversas informações que poderão ser consultadas por gestores públicos. Assim sendo, Lobo (2000) mostra que para este fim

...as possibilidades são praticamente ilimitadas, pois os atuais sistemas de Geoprocessamento têm ferramentas poderosas de representação do mundo real, inclusive com visualizações tridimensionais, importantes para várias definições que envolvem altimetria ou identificação de paisagens.

Sucintamente, uma passagem ainda bastante controversa em relação ao geoprocessamento e geografia é a discussão em torno do questionamento se a geografia com o geoprocessamento estariam revivendo a controvertida corrente da Geografia Quantitativa, sob uma nova “roupagem” tecnológica. Quem levanta esta discussão é Castro (1996) indagando: “Geoprocessamento...Geografia Quantitativa...de volta para o futuro?”

Outra questão que se relaciona ao objetivo final do geoprocessamento em Câmara; Medeiros (1998a) é a abordagem que nos permite construir uma visão não maniqueísta da tecnologia de geoprocessamento. Nem panacéia com procedimentos da aplicação universal, nem mero instrumento de automação de técnicas estabelecidas, os SIG requerem de seus usuários uma postura ativa e crítica. Este equilíbrio entre forma e função, e entre estrutura e processo está na essência do uso adequado do geoprocessamento.

Historicamente o geoprocessamento passou e passa por uma profunda especialização com a adoção de novas nomenclaturas, conforme pode ser visto em Colomina (2001) mostrando que na década anterior assentou-se o conceito de geomática “como um corpo de conhecimentos e tecnologias bem definidos e entrelaçados que incorpora a geodésia, a observação da Terra, a modernização cartográfica, os sistemas de informação geográfica e a navegação”. Na década presente se assentará o conceito de geotelemática à integração da geomática, às telecomunicações e às tecnologias de informação.

Os avanços tecnológicos relacionados ao geoprocessamento estão otimizando os procedimentos de coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados. Uma prova é a interface de *Laptops*, *Palmtops* e GPS com telefones celulares (*wireless*) em trabalho de campo, com correção geométrica em tempo real e com integração de voz para os comandos. Esses avanços trazem consigo uma gama, diga-se, complexidade, de recursos que atingem um patamar de popularização de uso do geoprocessamento. Sobre isto Davis (2001) ressalta que “é razoável esperar que, ao final da década que se inicia, o que hoje conhecemos como geoprocessamento esteja diluído em uma série de recursos tecnológicos do mundo ao nosso redor, permitindo que os benefícios dessas tecnologias possam atingir um número muito maior de pessoas”.

Contudo, Yuaça (2001) mostra que “para nós, usuários, é essencial sermos conduzidos pelas necessidades reais e não pela avalanche de novos produtos: mais importante do que saber fazer é ter respostas convincentes para o por quê fazer”.

Fonseca (2001) enfatiza que o geoprocessamento do passado era caro, difícil de usar, e disponível apenas para poucas pessoas. Esse geoprocessamento inicial que só funcionava em *main-frames* contrasta hoje com o telefone celular de tela colorida que mostra um mapa de sua posição geográfica. Diz ainda o autor:

...no futuro vamos interagir com os dados geográficos de uma maneira que hoje está sendo imaginada nos laboratórios científicos. Vamos falar com os computadores usando uma linguagem natural, inclusive com gestos. O

usuário vai poder apontar e dizer 'o que é aquilo ali?'. Uma pergunta básica do geo que hoje se faz apontando com o mouse em uma tela de computador.

Ainda sobre o processo conceitual do geoprocessamento, Câmara; Medeiros (1998b) descrevem seus princípios básicos, enfatizando os mapas na história, conceitos de espaço geográfico, informação espacial e relação espacial, descrição geral dos SIGs, diferenças entre geoprocessamento e CAD, estrutura geral de um SIG e análise espacial.

Do mesmo modo Câmara; Medeiros (1998c) traçam uma visão retrospectiva e prospectiva sobre o geoprocessamento dividindo as considerações em duas partes: a primeira, a evolução dos sistemas de informação geográfica (CAD cartográfico, banco de dados, bibliotecas geográficas digitais) e a segunda, as metodologias emergentes para análise geográfica (operações de classificação contínua e inteligência artificial e geoprocessamento).

Silva (1999a) apresenta a existência de uma enorme diversidade de aplicações dessa tecnologia, com seus fundamentos teóricos, história, projeções, captura de dados, banco de dados e funções dos SIGs.

Destarte, cada vez mais o uso do geoprocessamento como ferramenta para a análise e diagnóstico ambiental da paisagem perpassa por várias técnicas espaciais e não espaciais que englobam o seu conceito. Os sistemas de informação geográfica, o Sistema de Posicionamento Global-GPS, o sensoriamento remoto orbital, aéreo, radarmétrico e laser, as técnicas CAD, a cartografia digital e os bancos de dados são as técnicas mais comumente utilizadas na construção de um ambiente de geoprocessamento.

#### **2.4 Aplicação do Geoprocessamento em Estudos Urbanos.**

Sikorski (1996), através da implantação do geoprocessamento em Curitiba, mostra a estruturação funcional do sistema de informações urbanas em seu estágio de implantação e suas formas de utilização, considerando-o como um "meio para desenvolver um conjunto de habilidades novas, que podem ser geradas nas unidades organizacionais do órgão de planejamento para aperfeiçoamento da qualidade na tomada de decisões".

Barros (1998) realizou uma análise ambiental urbana em Londrina/PR, identificando as diferenças internas do ambiente urbano de Londrina a partir de geoprocessamento (dados cartográficos existentes e orbitais) a fim de sistematizá-los e

torná-los passíveis de serem facilmente atualizados ou complementados, tornando-os mais dinâmicos e úteis.

Ramos; Silva (1994) utilizaram o geoprocessamento por interpretação de fotografias aéreas, para o monitoramento das mudanças de uso da terra e cobertura vegetal em área localizada na região oriental do Distrito Federal, onde analisam comparativamente as tendências observadas nos períodos entre 1951/64 e 1964/78.

As diversas atividades impactantes do homem sobre o meio, relacionadas aos fatores turísticos e suas respectivas ocupações intensas e desordenadas, são analisadas por Moraes; Foresti (2000). Procuram, através de técnicas de geoprocessamento, a relação entre a legislação ambiental e as características físicas na ocupação urbana de Campos do Jordão/SP, tendo como objetivos específicos, a geração de uma Carta de Restrição a Uso Urbano, que sirva de subsídio ao planejamento urbano, através da integração das cartas com a aptidão física do solo e as restrições legais ao assentamento urbano, assim como, verificar se a ocupação urbana está respeitando as restrições físicas e legais, através da constatação de pontos amostrais especializados. Para tal, foram utilizadas imagens de satélite (TM/Landsat bandas 345), cartas temáticas em escalas de detalhe e plantas cadastrais. Logo após, as informações foram processadas e integradas em softwares específicos (IDRISI) permitindo a elaboração das cartas de aptidão física ao assentamento urbano, das áreas de preservação permanente, da legislação ambiental e de restrições ao uso urbano. As autoras finalizam dissertando que esta carta “pode servir de subsídio para o planejamento e gestão do solo urbano, por identificar as áreas mais ou menos propícias à ocupação urbana, permitindo que se possa adequar futuras construções que se encontrem em áreas de restrição máxima ou severa”.

Martinez; Ferreira (1999) trabalham com o desenvolvimento de uma metodologia para a aplicação de técnicas e métodos de geoprocessamento, visando à análise da expansão urbana de Piracicaba/SP, no período de 1822 a 1996. Para tal, foram coletados e utilizados materiais cartográficos diversos dos anos de 1822, 1934, 1950, 1960, 1973 e 1995. Toda a operacionalização foi feita com base na digitalização em software CAD e exportação para o ambiente SIG (IDRISI). A partir dessa etapa foram gerados mapas temáticos multitemporais, material estatístico na forma de gráficos e tabelas, auxiliando assim o entendimento da evolução urbana de Piracicaba. Os autores relatam que em Piracicaba,

...além da avaliação de adequabilidade do Geoprocessamento aos estudos de expansão urbana, também foi constatado que o SIG é um instrumento

metodológico importante no estudo das modificações do espaço, no tempo, que, associado à dinâmica temporal, foi possível avaliar e quantificar as áreas de expansão urbana.

Cunha (2001) trabalha com tecnologias de geoprocessamento para a gestão municipal de dados físicos e sócio-econômicos do município de Serra Negra do Norte/RN. Segundo o autor,

...o trabalho foi alicerçado em duas vertentes principais: o levantamento dos recursos naturais existentes no município e a avaliação de sua potencialidade e explorabilidade para subsidiar e dar suporte à demanda das condições infra-estruturais necessárias ao desenvolvimento sócio-econômico da região.

O autor lembra que o SIG possui um papel de destaque no gerenciamento dos recursos naturais e no planejamento urbano na área de cadastros técnicos, imobiliários e de logradouros; na área de saúde e saneamento; educação; projetos habitacionais; transporte e segurança, entre outros, possibilitando a descentralização administrativa, trazendo consigo, a implementação da gestão ambiental municipal.

Ferreira (1996) procura, através do geoprocessamento, localizar e identificar aglomerações de atividades econômicas similares e complementares dentro da malha urbana do município de Belo Horizonte, que sejam dinâmicas e geradoras de emprego e renda.

Pereira; Carvalho (2000) apresentam conceitos básicos sobre análise espacial urbana com uso de tecnologias de geoprocessamento aplicadas a estudos de cunho urbano, em cidades brasileiras. Pretendem discutir as aplicações do geoprocessamento no espaço intra-urbano para dar suporte ao planejamento e gestão às cidades. No decorrer do artigo, os autores de certa forma exaltam as capacidades das técnicas de análise espacial urbana e o geoprocessamento. Também ressaltam que esta tecnologia ainda é pouco utilizada como uma ferramenta para apreensão do espaço urbano. Contudo, foi realizada uma pesquisa para levantar uma bibliografia a respeito dos usos e aplicações de análise espacial do espaço intra-urbano. Percebe-se que no levantamento, somente nos dois últimos anos – desse trabalho – o uso da tecnologia de geoprocessamento é feito de forma mais intensa. Da mesma forma, verifica-se que “o crescente uso dessas tecnologias, ou pelo menos as tentativas de uso, sinalizam que uma nova cultura está sendo incorporada no ambiente de centros de pesquisa urbana e os órgãos governamentais responsáveis pela gestão urbana”.

Marques; Foresti (2001) realizam uma análise espacial da estrutura urbana de Intanhaém/SP, tendo como ferramentas a utilização de métodos e técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica, com objetivos específicos de identificar e caracterizar a forma de sua ocupação urbana e relacionar as diferentes classes de uso do solo urbano com a valorização da terra, localização e função urbana. Verificou-se que as principais classes de uso do solo urbano com maior área são: áreas residenciais, vegetação natural, vegetação alterada e loteamento, indicando as tendências de expansão das áreas construídas com a conseqüente degradação ambiental. Concluem que a utilização das técnicas e métodos empregados contribuíram na obtenção e interpretação das informações sobre a organização urbana de Intanhaém.

Anjos (1996) faz uma leitura e representação, por geoprocessamento, dos agentes estruturais, com interferências na expansão do conjunto urbano de Brasília, monitorando a evolução espacial dos parcelamentos urbanos privados, principal agente propulsor do crescimento urbano.

Lima et. al. (1996) geram informações para o planejamento territorial no município de Maceió/AL e parte do município limítrofe por meio da utilização de uma carta de proximidade, implantada através do sistema geográfico de informação – SGI/SAGA.

Quandt (1996) descreve o processo de criação e implantação de um sistema de informações geográficas, destinado a monitorar a distribuição do crescimento urbano na cidade de Los Angeles/EUA.

Chanan (1998) descreve a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, utilizando um SIG para a geração de um mapa de vulnerabilidade ambiental a ocupação urbana de Porto Alegre/RS, sistematizando dados pertinentes ao meio físico, relativos a susceptibilidade à erosão laminar, geologia, pedologia, isodeclividades e vegetação com seus cruzamentos, resultando no mapeamento de áreas com diferentes graus de vulnerabilidade ambiental e na definição de quatro classes (baixa, média, alta e muito alta) de ocupação urbana.

Szlafszrein; Lima (1996) abordam uma proposta metodológica para o planejamento de infra-estrutura para a cidade de Belém/PA, baseada no uso de um sistema de informação geográfica, onde permite planejar a localização de futuras instalações de serviços básicos que iniciem ou complementem a urbanização de diversos setores da cidade.

Shirozono et. al. (1996) demonstram uma metodologia de apoio ao planejamento urbano ambiental na cidade de Jundiá/SP usando o SIG, baseando-se principalmente em áreas verdes, declividades, áreas sem cobertura vegetal e áreas de risco, pretendendo-se propor um zoneamento ambiental do município.

Hasenack; Weber (2000) realizam um trabalho de derivação de novas informações cadastrais para o planejamento urbano, através de sistemas de informação geográfica no município de Farroupilha/RS. Para tal, utilizou-se uma base cartográfica e um banco de dados existentes.

Santos; Carvalhais; Pires (1999) apresentam as vantagens e as dificuldades resultantes no uso de um SIG em diferentes fases do planejamento ambiental apontando que “os principais problemas estão ligados à formação do banco de dados, à tecnologia selecionada e, principalmente, à experiência da equipe de trabalho na manipulação e interpretação dos resultados do sistema adotado”.

Um dos pontos principais a serem levantados sobre o geoprocessamento é a questão da mão-de-obra (*peopleware*) uma vez que este sistema deve englobar não somente *hardware* e *software*, mas também um pessoal especializado no desenvolvimento, processamento e análise das informações geradas. Esta equipe deve ser multidisciplinar e qualificada com treinamento específico, a fim de que todo o investimento para sua implantação, não seja perdido por falta de capacitação de seus usuários, gerando um fracasso na implantação.

Scholten; Stillwell (1990) são os editores de uma referência bastante interessante, abordando temas ligados aos sistemas de informação geográfica para o planejamento urbano e regional. Vários artigos se destacam, entre os quais: a aplicação dos sistemas de informação geográfica em planejamento urbano e regional (HENS F. L OTTENS, pág.15-22); sistemas de informação geográfica em estudos de impacto ambiental (SCHALLER, JÖRG, pág.107-117).

Cintrão; Cintrão; Néia (1999), e Néia; Cintrão; Cintrão (2000) mostram experiências concretas na implantação de projetos GIS em prefeituras e GIS urbanos, destacando as dificuldades encontradas e as soluções propostas para o desenvolvimento dos projetos.

Timóteo (1996) realiza um diagnóstico ambiental urbano por meio de aplicação da cartografia temática, do trecho da via expressa do parque municipal A Gameleira em

Belo Horizonte/MG, tendo como resultado o levantamento e análise de áreas degradadas, ocupações de risco e áreas propícias a intervenções de melhoramentos.

Penteado-Orellana (1991) realizou o mapeamento de Zonas de Proteção Ambiental no município de Rio Claro/SP, tendo como métodos básicos a utilização de um SIG, a legislação ambiental pertinente e a abordagem geomorfológica. Obteve como resultado final, um zoneamento digital e tradicional do uso do solo, sendo indicado posteriormente para planos diretores municipais, gestão do território natural e do espaço construído.

Teixeira; Gray (1989) apresentam a aplicação da tecnologia dos sistemas de informação geográfica no desenvolvimento das regiões de tamanho médio. Concluem que um SIG é empregado como técnica de investigação, desenvolvimento e planejamento, no qual existe a utilização de recursos de análise muito complexos que não são possíveis por meios convencionais e manuais. Isto posto, para o desenvolvimento de tarefas desse tipo, é imprescindível a compreensão de alguns conceitos básicos e teóricos referentes aos SIG's.

Ivo (2001) discute a elaboração de um inventário digital com base em metodologias de análise geográfica que possua a capacidade de visualizar um banco de dados enfocando os recursos naturais do município de Acari/RN, de modo a realizar consultas e apresentar dados geográficos sob várias formas e aspectos. Para tal estudo, foram utilizadas através de uma mosaicagem, duas imagens SPOT (3R, 2G, 1B); cartas da Sudene; mapas geológicos, urbanos, exploratório-reconhecimento de solos, de previsão de recursos hídricos subterrâneos, geomorfológico, de vegetação e de previsão de recursos naturais renováveis; fotografias terrestres e dados alfanuméricos. Como produtos cartográficos digitais no SIG elaborado, têm-se: a base cartográfica do município com sua divisão político-administrativa; altimetria com a geração de um DEM; recursos hídricos superficiais e subterrâneos; geologia; recursos minerais, entre outros. O autor conclui revelando que

...a programática computacional empregada, revelou na coleta e tratamento, conversão e integração boa capacidade, gerando desta forma, diversificados níveis de informações, cujas respostas em forma de mapas e atributos, permitirão uma visão ampla do espaço geográfico estudado. (IVO, 2001).

Uma das grandes dificuldades encontradas no uso do sensoriamento remoto orbital para fins urbanos são os fatores de resolução espacial e resolução espectral (fatores de escala), pois não permitem um grande detalhamento das características da paisagem.

Portanto, para uma análise mais detalhada do meio urbano por sensoriamento remoto, é recomendado o uso de fotografias aéreas de alta escala, onde o grau de detalhamento é bastante satisfatório. Contudo, novas imagens orbitais geradas por satélites de alta resolução como o Ikonos<sup>5</sup> e o Quick Bird<sup>6</sup> possibilitam uma análise bem mais detalhada da cidade, mas ainda com falhas no que se refere à geometria de suas imagens.

Para Lombardo; Machado (1996), “no estudo interno da cidade, relacionado aos padrões de uso do solo, as áreas funcionais e estrutura urbana, as fotografias aéreas são bastante utilizadas” e “os sensores ao nível orbital têm sua aplicação restringida devido ao baixo poder de resolução espacial do sistema”. Contudo, os sensores remotos orbitais são de grande valia na análise da evolução da mancha urbanizada. Consideram ainda, esses autores, que a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, nos estudos urbanos, constitui-se em instrumento significativamente importante para o planejamento.

Koffler (1993); (1992) utiliza técnicas de sensoriamento remoto aéreo para o trabalho de levantamento e mapeamento de solos e aplica as técnicas de sensoriamento remoto orbital para o mapeamento de vegetação e uso da terra.

Saldanha *et al.* (1996) avaliam os aspectos fisiográficos, a ocupação e uso do solo da planície de inundação do rio dos Sinos, na área metropolitana de Porto Alegre/RS, através da utilização de imagens TM – Landsat 5.

Novo (1988) utiliza dados de sensoriamento remoto em estudos ambientais, na detecção das modificações ambientais, detecção de diferenciações espaciais no ambiente e na estimativa de variáveis ambientais de um ambiente qualquer.

As técnicas de sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano foram expostas por Foresti; Hamburger (1995), relacionando-as às diferenciadas classes de uso do solo urbano. Para tal, o conhecimento da distribuição espacial das diversas formas de ocupação do espaço urbano necessita de um sistema de informações detalhadas que possam ser obtidas com grande periodicidade, devido ao caráter extremamente dinâmico desse ambiente. Dão uma maior ênfase a metodologias de classes de uso de solo urbano, quanto aos critérios, funcionalidades, níveis e categorias. Ressaltam também as dificuldades inerentes aos mapeamentos do solo urbano por meio de dados orbitais, por deficiências de resoluções espaciais e espectrais, visto que, ambas não exprimem com eficiência a

---

<sup>5</sup> O Ikonos tem capacidade para ser ampliado com qualidade até 1:2.500 Com 1 m de resolução no modo PAN e PSM ele oferece uma fina resolução espacial possível. Ele permite discriminar objetos de 1m<sup>2</sup> de área ou maior.

<sup>6</sup> O Quick Bird é um satélite multiespectral com alto grau de precisão cartográfica. Fornece imagens no espectro do visível e infravermelho próximo. Tem precisão geométrica de 5 metros e resolução espacial de 60 cm.

composição extremamente complexa do espaço urbano. Fechando, as autoras mostram as novas formas de qualificação de imagens por tratamento e integração dos dados. Também levantam um aspecto relacionado à adequação ou não do tipo de uso do solo urbano, principalmente em áreas de expansão urbana, em que não há planejamento e controle.

Pereira (1988) trata do processo de expansão urbana do município de São José dos Campos/SP, no período de 1966 a 1985, utilizando dados orbitais (TM-Landsat), fotografias aéreas em escala de 1:25.000 e cartas topográficas na escala de 1:50.000. O objetivo principal do trabalho é a avaliação do “uso de imagens TM-Landsat, a partir de interpretação visual na determinação de áreas de expansão urbana” no período já citado acima. Para tal, utilizou-se de procedimentos metodológicos obedecendo aos passos da interpretação visual da imagem; comparação entre os dados obtidos a partir das imagens e fotografias; trabalho de campo; transferência das informações obtidas das imagens para a carta topográfica e com a estimativa da exatidão da informação obtida. Com a metodologia e materiais empregados, chegou-se aos resultados através da construção de mapas de expansão urbana. A autora frisa que os “resultados obtidos mostram a grande utilidade da imagem TM-Landsat no levantamento da área urbana construída”, observando que “os problemas urbanos gerados devido à falta de uma fiscalização do uso do solo mais eficiente, e a baixo custo poderiam ser contornados a partir do uso de dados Landsat”.

Pugliese; Silva; Imai (2000) realizam um trabalho bastante interessante e ao mesmo tempo simples, ao criar vetores de crescimento urbano relacionados à análise espaço-temporal através da integração de técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas na mancha urbana do município de Presidente Prudente/SP, a partir de análise multitemporal de 1965 e 1996. Objetivam a obtenção de vetores de expansão para as direções N, S, E, W e NW, NE, SE, SW, partindo-se do centro da cidade, considerando os espaços construídos, obtendo como resultado a diferença da distância que a cidade se expandiu a partir do centro durante as duas épocas.

Tommaselli (2001) apresenta os principais avanços da fotogrametria na última década e o que se espera para a próxima, considerando-se como uma ciência e técnica que transforma imagens em informações geográficas tridimensionais.

As técnicas de sensoriamento remoto necessitam de um pós-processamento (correção, georeferenciamento e retificação) e uma posterior digitalização, utilizando para isto, conhecimentos cartográficos. Para tal, a literatura encontrada a respeito dos procedimentos cartográficos no uso do geoprocessamento se faz presente em um grande número de publicações das quais citam-se:

Aglio; Menezes; Sousa Neto (1999) fazem uma comparação entre a construção analógica e a digital de mapas pedológicos, verificando qualitativamente e quantitativamente o progresso e a contribuição que a automação com o geoprocessamento traz a trabalhos deste porte.

Machado *et al.* (1989) desenvolvem um trabalho referente a mapeamentos de pontos sensíveis a impactos ambientais sobre os recursos hídricos em Rio Claro/SP com vistas à verificação da qualidade da água que abastece essa cidade.

Nero (2000) estuda os métodos de digitalização de bases cartográficas na escala de 1:50.000, analisando as formas de realizar o controle de qualidade do produto final. Para tal, foram abordadas metodologias relacionadas à digitalização em mesa, em tela (*heads-up*), semi-automática e automática, com fins a uma possível utilização no geoprocessamento.

Carvalho (1997) desenvolve um trabalho que traz questionamentos sobre as novas possibilidades da cartografia computadorizada (digital), como instrumento de apreensão do espaço urbano. Este trabalho ressalta pontos sobre a cartografia digital, a influência dos sistemas de informação geográfica sobre a cartografia tradicional, a comunicação em cartografia, a produção cartográfica, o uso da carta cartográfica, os novos rumos da cartografia, o uso da carta temática como instrumento de apreensão do espaço urbano, planejamento urbano e tecnologia, as aplicações de SIG no planejamento urbano e os mapas temáticos e seu tratamento de informações, entre outros assuntos.

McMaster; Shea (1992) abordam as questões relacionadas à generalização em cartografia digital.

Câmara; Medeiros (1998d) descrevem os diversos tipos de dados cartográficos no uso do geoprocessamento, dos quais: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, imagens de sensoriamento remoto e modelos numéricos de terreno.

Costa; Oliveira (1996) mostram uma metodologia relacionada a atualização da base cartográfica do Rio de Janeiro/RJ, considerando que sua atualização é um elemento de fundamental importância para um bom desempenho do geoprocessamento em uma prefeitura municipal.

Cortez Filho *et al.* (1996) apresentam um relato de experiência do município de Guarulhos/SP, na contratação de uma nova base cartográfica voltada para diferentes usos, como base espacial para implantação de sistemas de informações georeferenciadas, apresentando todas as atividades e investimentos realizados, visando à manutenção

contínua da mesma, atualizada a partir da utilização dos mais avançados recursos tecnológicos, aliados a uma normatização das atividades voltadas a área.

Silva; Ottoni (1996) demonstram a grande importância do uso da cartografia no sucesso da implantação do geoprocessamento no município de Belo Horizonte/MG, onde sempre existiu uma preocupação histórica dos administradores municipais com questões da cartografia.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS.

#### 3.1 Referencial Teórico-Methodológico.

##### 3.1.1 Teoria Geral dos Sistemas.

Os fundamentos teórico-metodológicos do trabalho serão definidos com embasamento na teoria geral dos sistemas, com base no método sistêmico não-isolado aberto, pois em qualquer espaço urbano, independente de sua constituição geoambiental, existem constantes trocas de energia e de matéria. Assim, ter-se-á uma visão holística da realidade, fortalecida pela ferramenta do geoprocessamento que vem se mostrando, em diversos trabalhos semelhantes, como mais um instrumento para a elaboração de diagnósticos ambientais baseados em uma gestão ambiental do território.

A referência inicial a respeito da teoria geral dos sistemas foi introduzida na década de 50 pelos trabalhos de Arthur Strahler (1950 - 1952); Culiling (1957) e na década de 60, por John T. Hack (1960) e Richard J. Chorley (1962). Porém os trabalhos essenciais acerca da teoria dos sistemas foram fortalecidos a partir do artigo de Chorley, em 1962. "A partir de então observa-se difusão em ritmo acelerado das noções e perspectivas dessa concepção estrutural no âmbito da geografia física e atualmente a adoção e uso já integram o consenso operacional dos trabalhos geográficos." (CHRISTOFOLETTI, 1987).

A teoria dos sistemas fundamenta-se no conjunto dos elementos e nas relações entre si e entre os seus atributos. Em 1962, Sotchava introduz o conceito de geossistema, o qual é muito mais ligado à linha física da geografia, embora sejam processos naturais, "todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomadas em consideração durante o seu estudo e suas descrições verbais ou matemáticas." (Sotchava, 1977). E ainda complementado, "os geossistemas, são uma classe de sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem". (SOTCHAVA *apud* CRUZ, 1985).

Para Sotchava, a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade humana. São os aspectos antrópicos e as ligações diretas de "feed-back" em conexões, que criam uma rede de organizações, cujas malhas se estendem até as esferas econômica e social. Os geossistemas são fenômenos naturais, mas seu estudo leva

em conta os fatores econômicos e sociais e seus modelos refletem parâmetros econômicos e sociais das paisagens modificadas pelo homem.

Segundo Monteiro (2000),

...o tratamento geossistêmico visa a integração das variáveis naturais e antrópicas (ETAPA ANÁLISE), fundindo recursos, usos e problemas configurados (ETAPA INTEGRAÇÃO) em unidades homogêneas assumindo um papel primordial na estrutura espacial (ETAPA SÍNTESE) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente na (ETAPA APLICAÇÃO) do DIAGNÓSTICO.

Nos sistemas existem aspectos que devem ser apontados, tais como a matéria, a energia e a estrutura. A matéria é o material (físico) que fará parte do sistema, como sedimentos, água e rocha. A energia é a mola propulsora do sistema, pois é a força que faz o sistema funcionar. Pode ser potencial (força inicial que leva ao funcionamento do sistema - gravidade, declinação), ou cinética (energia do movimento) que se junta com a potencial. A estrutura do sistema é “constituída pelos elementos e suas relações expressando-se através do arranjo de seus componentes” (Christofolletti, 1980).

Quanto aos elementos referidos, diz-se que eles são a unidade básica do sistema. O elemento também pode ser um subsistema, onde a escala e o objetivo de interpretação dizem o que pode ser.

Trabalhar-se-á com sistemas não-isolados abertos uma vez que são as melhores escolhas para se lidar com um sistema de diagnóstico ambiental por geoprocessamento, como o proposto neste trabalho.

Mas para se entender o que venha a ser um sistema não-isolado aberto, serão tomados como base, Chorley (1971) e Christofolletti (1980).

Os sistemas podem ser classificados de acordo com o critério funcional ou conforme a complexidade estrutural. Em relação ao critério funcional, existem os sistemas isolados, sistemas não-isolados fechados e sistemas não-isolados abertos. Como no momento somente interessa o sistema com o qual se trabalhou, ou seja, o sistema não-isolado aberto, somente se tecerá considerações a seu respeito.

Segundo Christofolletti (1980), os sistemas não-isolados mantêm relações com os demais sistemas do universo no qual funcionam e os sistemas abertos são aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo. São os mais comuns, podendo ser exemplificados por uma bacia hidrográfica, vertente,

homem, cidade, indústria, animal, etc. E ainda completando, “um sistema aberto necessita de um suplemento de energia para sua manutenção e preservação (REINER e SPIEGELMAN *apud* CHORLEY, 1971), e, com efeito, é mantido através de constante suplementação e remoção de material e energia” (VON BERTALANFFY *apud* CHORLEY, 1971).

Quanto à complexidade estrutural, fala-se dos sistemas morfológicos (formas); sistemas em seqüência com *input* (entrada de energia ou matéria), *output* (saída de energia ou matéria) e um regulador (*input x output*); sistemas de processos respostas, gerando o *feedback*, ou seja, um mecanismo de retroalimentação que pode ser direta, em circuito, ou sistemas controlados.

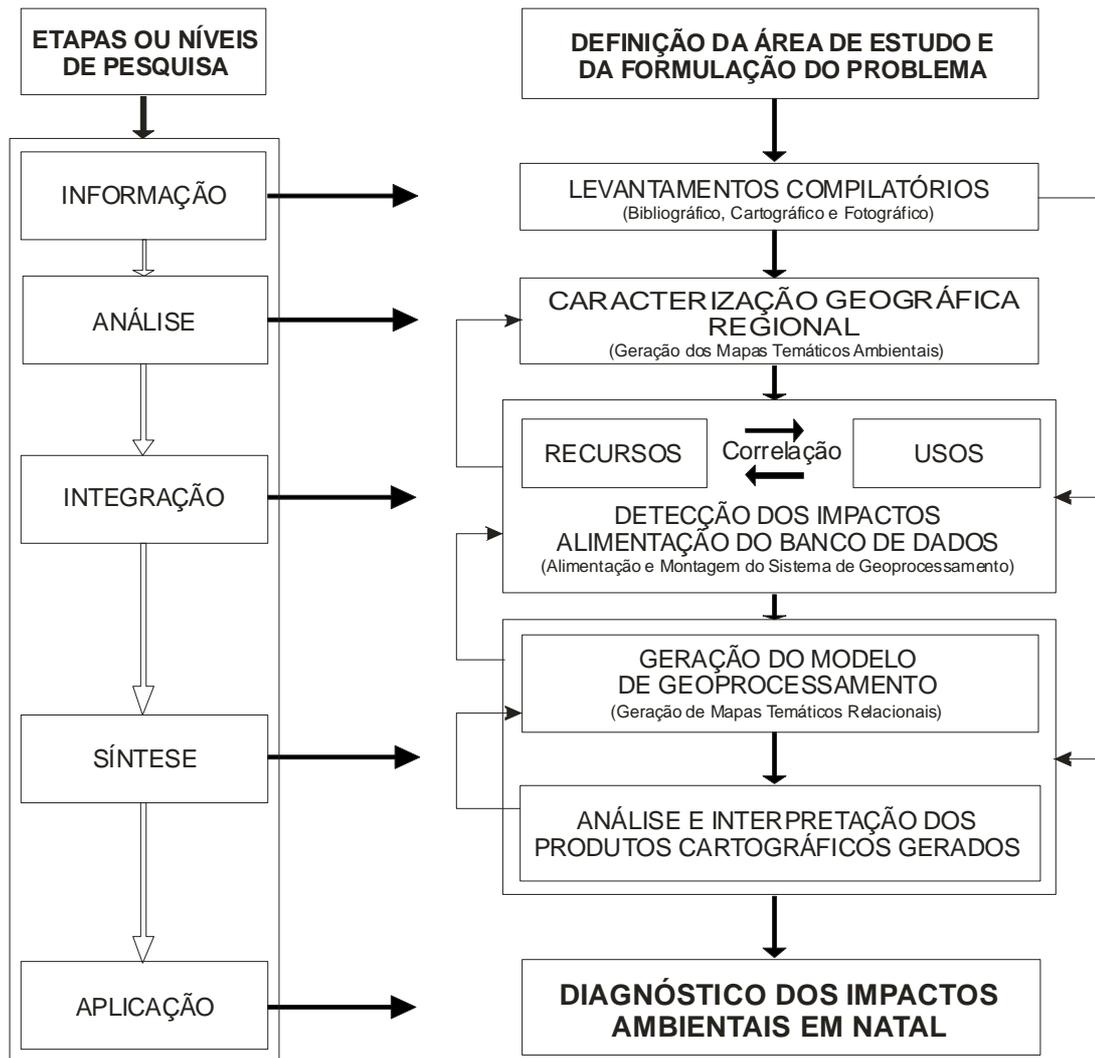
Tomando como base as idéias sistêmicas, verifica-se que a proposta do trabalho se encaixa em estudos urbanos ambientais, pois a cidade é o reflexo de interações de energia e matéria ligadas a diretas relações homem-natureza.

### **3.2 Procedimentos Metodológicos.**

O procedimento metodológico proposto toma por base fundamental a Teoria Geral dos Sistemas, englobando análises calcadas na relação causa-efeito. Esta pesquisa propõe uma análise ambiental urbana de Natal, com uma detecção dos impactos ambientais presentes em seu território, tendo uma visão holística do todo, compreendendo a relação das técnicas de geoprocessamento com o diagnóstico dos sistemas ambientais em Natal.

A relação dos componentes naturais, sociais, culturais, econômicos e políticos, associados à pesquisa bibliográfica, de campo, de laboratório/gabinete e de cartografia, subsidiam a elaboração do roteiro ou dos procedimentos metodológicos.

A pesquisa tomou como referência uma subdivisão em etapas ou em níveis de abordagem baseado em Monteiro (2000), onde “a observação do ‘roteiro metodológico’ revela que o referencial teórico do ‘geossistema’ aliado àquele econômico dos ‘nossos recursos’ está associado ao referencial técnico da avaliação ambiental”. Nesta pesquisa os níveis de abordagem geossistêmicos englobam as etapas de: informação; análise; integração; síntese e aplicação, apresentadas na figura 1, a seguir.



Fonte: Frederico Fonseca, 2002.

**Figura 1** – Roteiro dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.

Ressalta-se que os procedimentos metodológicos expostos acima abordam o trabalho numa visão muito mais holística do que pontual, uma vez que, uma análise com uma visão mais abrangente do todo, no momento, é mais importante que uma visão mais particularizada. Posteriormente serão encontrados roteiros metodológicos diversos que tenham relação com os mapas temáticos gerados em cada capítulo ou etapa deste trabalho, principalmente nos mapas gerados nos capítulos 5 e 6.

### 3.3 Técnicas de Pesquisa.

A explicação referente às técnicas de pesquisa tomará como base os diversos níveis de abordagem mostrados anteriormente. Inicialmente, foram definidas a área de estudo e a formulação do problema.

#### – Etapa Informação

Inicialmente foram levantados os materiais disponíveis referentes a Natal, área de estudo desta pesquisa. Este levantamento foi subdividido em materiais bibliográficos, cartográficos e fotográficos. O levantamento bibliográfico de assuntos relacionados à temática proposta foi concentrado em quatro vieses norteadores que são: os diagnósticos e impactos ambientais, os trabalhos técnico-científicos que abordam temas relacionados à cidade de Natal, o geoprocessamento e a aplicação das técnicas de geoprocessamento em estudos urbanos.

O levantamento cartográfico divide-se em dois tipos: digital e analógico. O arquivo vetorial digital tem sua base cedida pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do RN), sendo georeferenciada e atualizada. Também foi cedida pelo Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN uma cena do satélite Spot do ano de 1994. Esta imagem foi utilizada no trabalho, no Capítulo 5, para delimitar a área de mancha urbana naquele ano e para a construção de alguns mapas temáticos.

Foi adquirida uma imagem do satélite Aster com resolução, nas bandas utilizadas, de 15 metros, para a construção da carta de uso e ocupação do solo, contida também no Capítulo 5 deste trabalho. Esta cena é bastante recente, de janeiro de 2001. Na tabela a seguir são mostradas algumas informações relevantes referentes a esta cena, assim como as do satélite SPOT XS. Na tabela a seguir as bandas grifadas em azul para o satélite Aster, foram as utilizadas na pesquisa para a construção do mapa de uso e ocupação do solo.

**Tabela 1**

Características básicas dos sistemas orbitais utilizados no trabalho.

SATÉLITE	BANDA	FAIXA ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL	DATA DE PASSAGEM	
SPOT 4	XS 1	0.50 – 0.59 $\mu\text{m}$	Verde	20 metros	06 de agosto de 1994	
	XS 2	0.61 – 0.68 $\mu\text{m}$	Vermelho			
	XS 3	0.79 – 0.89 $\mu\text{m}$	I.V. Próximo			
	PAN	0,51 – 0,73 $\mu\text{m}$	I. V. Médio	10 metros		
ASTER	1	0.52 – 0.60 $\mu\text{m}$	Visível	15 metros	24 de janeiro de 2001	
	2	0.63 – 0.69 $\mu\text{m}$	Visível			
	3N	0.78 – 0.86 $\mu\text{m}$	Visível			
	3B	0.78 – 0.86 $\mu\text{m}$	I.V. Próximo			
	4	1.600 – 1.700 $\mu\text{m}$	Infra-Vermelho Médio	30 metros		16 dias
	5	2.145 – 2.185 $\mu\text{m}$				
	6	2.185 – 2.225 $\mu\text{m}$				
	7	2.235 – 2.285 $\mu\text{m}$				
	8	2.295 – 2.365 $\mu\text{m}$				
	9	2.360 – 2.430 $\mu\text{m}$				
	10	8.125 – 8.475 $\mu\text{m}$	Infra-Vermelho Térmico	90 metros		
	11	8.475 – 8.825 $\mu\text{m}$				
	12	8.925 – 9.275 $\mu\text{m}$				
	13	10.25 – 10.95 $\mu\text{m}$				
14	10.95 – 11.65 $\mu\text{m}$					

A Prefeitura Municipal de Natal cedeu a base digital vetorial não georeferenciada do macrozoneamento do Plano Diretor, de 1994.

A base topográfica com curvas de nível de todo o município de Natal com equidistância de 10 metros foi gentilmente cedida por Jesus (2002), em formato dbf. Essa base foi de grande importância para o desenvolvimento de várias etapas do trabalho e para a geração de produtos cartográficos (como o modelo digital de terreno) que serão expostos mais à frente.

No formato analógico, conseguiu-se levantar diversas bases como: plantas aerofotogramétricas de 1969/1970 em escala de 1:10.000 e a Carta da DSG/SUDENE de 1969 em escala de 1:100.000. Também foram disponibilizadas pelo Laboratório de Geoprocessamento da UnP fotografias aéreas pancromáticas verticais dos anos de 1969/1970 na escala de 1:8.000; do ano de 1988 na escala de 1:60.000 e do ano de 1997 em escala de 1:8.000, que posteriormente foram “escanerizadas” para serem transformadas em formato digital. Em relação aos levantamentos fotográficos, foi organizado todo o acervo de imagens de Natal, anteriormente fotografados, assim como, foram obtidas mais fotos em incursões ao campo, tanto nessa etapa como nas demais.

De posse dos materiais relacionados anteriormente e com conhecimentos primários sobre área de estudo, foi realizado um trabalho de campo para o levantamento da veracidade de algumas informações previamente adquiridas.

Os procedimentos operacionais do trabalho são possibilitados pelos materiais disponibilizados, sendo materiais particulares e de terceiros. Nesta pesquisa existe uma gama de materiais, de campo e de gabinete, quais sejam:

- Equipamentos de campo

Os equipamentos utilizados no trabalho incluem:

- 1 (um) Receptor GPS e-*Trex* com cabo de interface com o PC e LapTop;
- 1 (um) *Handheld Palm m100* com cabo de interface com o PC e LapTop;
- 1 (uma) Bússola com clinômetro;
- 1 (uma) Máquina fotográfica digital 128Mb;
- 1 (um) Curvímetro;
- 1 (um) *Lap-Top Compaq*.

O modelo do trabalho desenvolvido relata que a aparelhagem utilizada no trabalho de campo atenda às condições necessárias ao seu objetivo final, fato este, que se verificou na pesquisa.

- Equipamentos de gabinete

Os softwares aplicados fazem parte de diversas filosofias de uso de geoprocessamento, pois são ligados aos SIG's, a processamento de imagens, ligados à ferramenta CAD e outros, aplicados ao processamento de dados coletados por GPS.

- MapInfo Professional 6.0 (SIG/Desktop Mapping);
- MicroStation SE (software CAD);
- ENVI 3.2 (processamento digital de imagens);
- TrackMaker 11.8 (processamento de dados coletados em campo com GPS) e;
- GPS Utility 4.04.6 (processamento de dados coletados em campo com GPS).

Todos os softwares citados são utilizados no sistema operacional Windows XP. Um ponto que se deve salientar é a possibilidade de interface entre os mais diversos tipos de arquivos e terminações e entre os softwares utilizados na pesquisa. Este processo facilita e otimiza o trabalho de quem utiliza a importação e exportação de arquivos de um software

para outro. Por este motivo escolheu-se trabalhar somente com os softwares citados, pois possibilitaram uma grande complexidade de interfaces entre suas diversas extensões, principalmente na parte de construção (MicroStation) e edição e consulta cartográficas (MapInfo), assim como limitam as incoerências e perdas de dados no processo de conversão.

No que se refere aos equipamentos, foram utilizados um microcomputador tipo PC que contém a seguinte configuração:

- processador *Pentium 4 com 1.6 GHz*;
- hard disk de 40.0 Gb;
- memória de 384 Mb de RAM;
- monitor 17”;
- impressora a jato de tinta;
- scanner 24 bit.

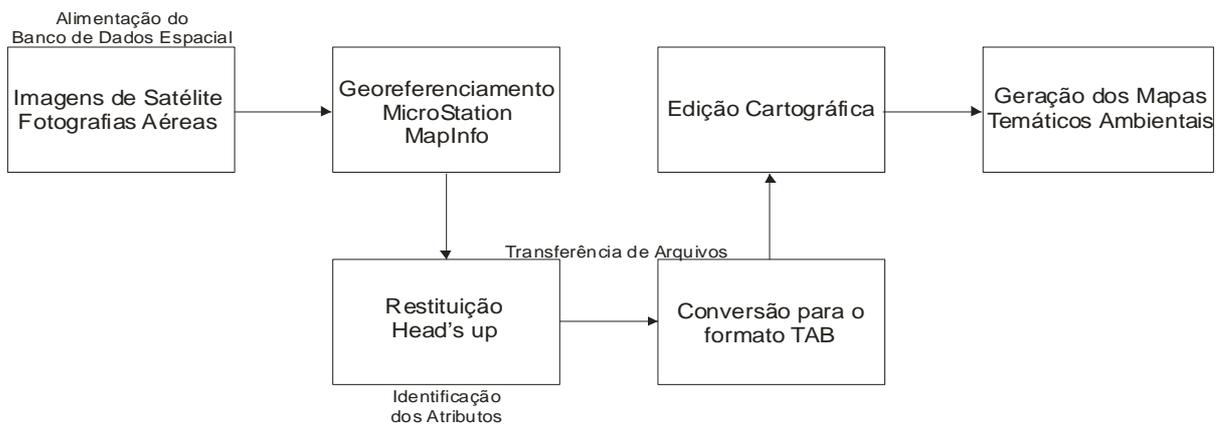
Também foi utilizado um Lap-Top para trabalhos de campo e de gabinete, tendo a seguinte configuração:

- processador *AMD K6-II com 450 MHz*;
- hard disk de 4.0 Gb;
- memória de 32 Mb de RAM;

### **– Etapa Análise**

A partir dos levantamentos compilatórios, a pesquisa segue uma lógica relacionada à caracterização geográfica regional, levantando informações referentes à formulação das características sócio-ambientais dividindo-se em três sub-níveis: aspectos humanos, aspectos físicos (geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e recursos hídricos) e os aspectos biológicos com levantamentos de fauna e flora. Nos aspectos físicos foram elaborados mapas temáticos primários referentes aos temas de geologia, geomorfologia, pedologia e recursos hídricos, todos em escala de 1:120.000. Nesta etapa foram feitas diversas incursões ao campo para o levantamento, mapeamento e georeferenciamento com GPS de qualquer característica de interesse ambiental, que não tenha sido identificada nos mapeamentos temáticos realizados por meio da foto-interpretação. Esses mapeamentos temáticos foram realizados pelo método “heads-up”, ou seja, digitalização direto na tela do computador, onde se utilizou três fotografias aéreas verticais pancromáticas da FAB (Força Aérea Brasileira) de 1988 em escala de 1:60.000, montando-se um mosaico e uma imagem SPOT, multiespectral de 1994.

As fotografias aéreas e a imagem de satélite, separadamente, foram georeferenciadas, tanto no CAD MicroStationSE, como no *Desktop Mapping MapInfo 6.0*, onde em seguida as feições ambientais foram identificadas e digitalizadas na tela. Os arquivos gerados em extensão CAD (dgn) passaram por um processo de conversão no MapInfo, transformando-os em extensões *tab* para uma edição neste mesmo software, criando os mapas temáticos. A figura 2 mostra resumidamente as operações realizadas nesta etapa.



**Fonte:** Frederico Fonseca, 2002.

**Figura 2** – Organograma metodológico resumido da construção cartográfica temática na etapa de análise.

É nesta etapa que se dá o início da correção geométrica e georeferenciamento das bases, limpeza e criação dos níveis temáticos da base vetorial da CAERN e definição das escalas de trabalho.

### – Etapa Integração

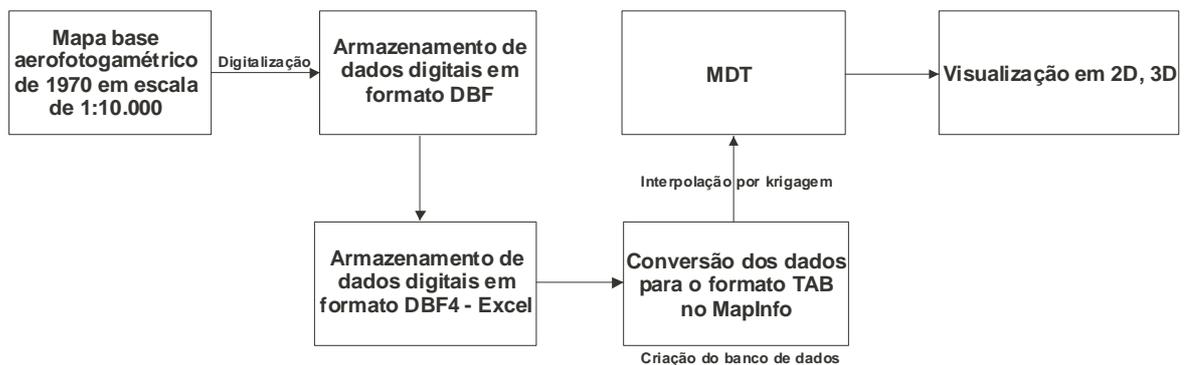
A partir da execução da etapa de análise, com um levantamento das características geográficas regionais, criaram-se condições para atingir a etapa de integração de dados que visa correlacionar estes ambientes geográficos com as formas de uso da terra, possibilitando a detecção dos impactos ambientais que mais se destacam no município. Com isso, destaca-se a relação contraditória existente em Natal, entre a expansão urbana desenfreada e a proteção de áreas com rigorosa fragilidade ambiental.

- Modelo Digital de Terreno (MDT).

Câmara; Medeiros (1998a), definem um MDT como um

...modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x,y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície. Este conjunto de pontos é também denominado de amostras 3D.

Como já citado, o MDT foi gerado a partir dos dados cedidos por Jesus (2002), com valores das curvas de nível com equidistância de 10 metros, no formato digital e em extensão *dbf*. O arquivo possui um total de 49.230 pontos em uma tabela, onde para cada ponto tem-se os valores das coordenadas UTMx, UTM<sub>y</sub> e a cota. Este arquivo é aberto inicialmente no software Excel, sendo salvo no formato *dbf4* para ser convertido para o formato *tab* no MapInfo, criando-se um banco de dados para este tema. A seguir, com o arquivo convertido já aberto, o MDT é gerado pelo método de interpolação utilizando uma *krigagem* dos pontos levantados. Em seguida para uma melhor visualização, foi elaborado o mapa em 3D e relevo sombreado. O MDT foi gerado no software MapInfo, utilizando o comando “criação de mapa temático” por grid. A figura 3 mostra as operações realizadas para a geração do MDT.



**Fonte:** Frederico Fonseca, 2002.

**Figura 3** – Roteiro metodológico resumido na geração do MDT.

Os MDT's foram gerados pelo método de grade regular que é uma representação matricial, onde cada elemento da matriz está associado a um valor numérico [...]. Para a geração da grade, torna-se necessário estimar através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação, considerando-se a vizinhança das medidas de elevação conhecidas. (CÂMARA; MEDEIROS, 1998a).

Toda a alimentação do banco de dados alfanumérico foi realizada nesta etapa. Este procedimento demandou um grande volume de tempo para ser executado, pois levantou-se informações sobre todos os bairros da cidade. Mesmo possuindo a delimitação da área de proteção, o Parque das Dunas não foi considerado bairro, pois não possui área urbanizada nem uma infra-estrutura básica para caracterizar-se como tal.

Em relação à alimentação e montagem do sistema de geoprocessamento, é nesta etapa que ocorre a construção dos primeiros produtos cartográficos que utilizam uma técnica dinâmica e de consultas assistidas ao banco de dados. Este nível representa a veracidade, ou não, da hipótese e da formulação do problema exposto na pesquisa. Neste momento também são necessárias algumas incursões ao campo para realizar uma reambulação de atributos não identificados e desatualizados no processo de construção cartográfica.

Segundo Câmara; Medeiros (1998a), “um banco de dados geográficos é composto por um conjunto de planos de informação, um conjunto de geo-objetos e um conjunto de objetos, não espaciais”. Neste trabalho será abordado o SGBD, sistema que funciona independentemente do sistema aplicativo, armazenando os dados em arquivos em discos rígidos e carregando-os em memória para sua manipulação, assegurando “integridade”, “eficiência” e “persistência”. “No modelo relacional, os dados são organizados na forma de uma tabela onde as linhas correspondem aos dados e as colunas correspondem aos atributos”. (CÂMARA; MEDEIROS, *op cit.*). A tabela criada nesta pesquisa foi alimentada principalmente pelos dados censitários do ano de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2001), além de outras informações coletadas em censos anteriores, assim como, dados da Prefeitura Municipal de Natal. O banco de dados foi criado no próprio software Mapinfo, sendo associado a uma representação espacial vetorial georeferenciada que possui a divisão política de cada bairro da cidade por polígonos fechados.

### **– Etapa Síntese**

Esta etapa subdividiu-se em dois direcionamentos: um relacionado à geração final de todo o modelo de geoprocessamento com todos os mapas temáticos, e a relação entre todas estas informações. Com o conhecimento prévio da área, obtido através da elaboração dos documentos cartográficos, houve a possibilidade de construir novos mapas relacionados à expansão urbana em Natal, principalmente no Capítulo 5, assim como foi possível mapear 3 dos 10 maiores impactos ambientais em Natal, no Capítulo 6.

No segundo direcionamento foi feita uma análise e interpretação de todos os produtos cartográficos gerados, principalmente nos dos capítulos 5 e 6, para poder ter uma idéia do todo com o objetivo de atingir a etapa de aplicação.

### **– Etapa Aplicação**

De acordo com Monteiro (2000), esta etapa consiste na condução ao “esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente”, ou seja, esta última etapa no trabalho visa mostrar de fato como está a qualidade ambiental de Natal, proporcionando um diagnóstico da situação ambiental no município, tomando como referência um diagnóstico dos ambientes naturais e construídos da cidade. Portanto, esta etapa cumpre o objetivo principal desta pesquisa.

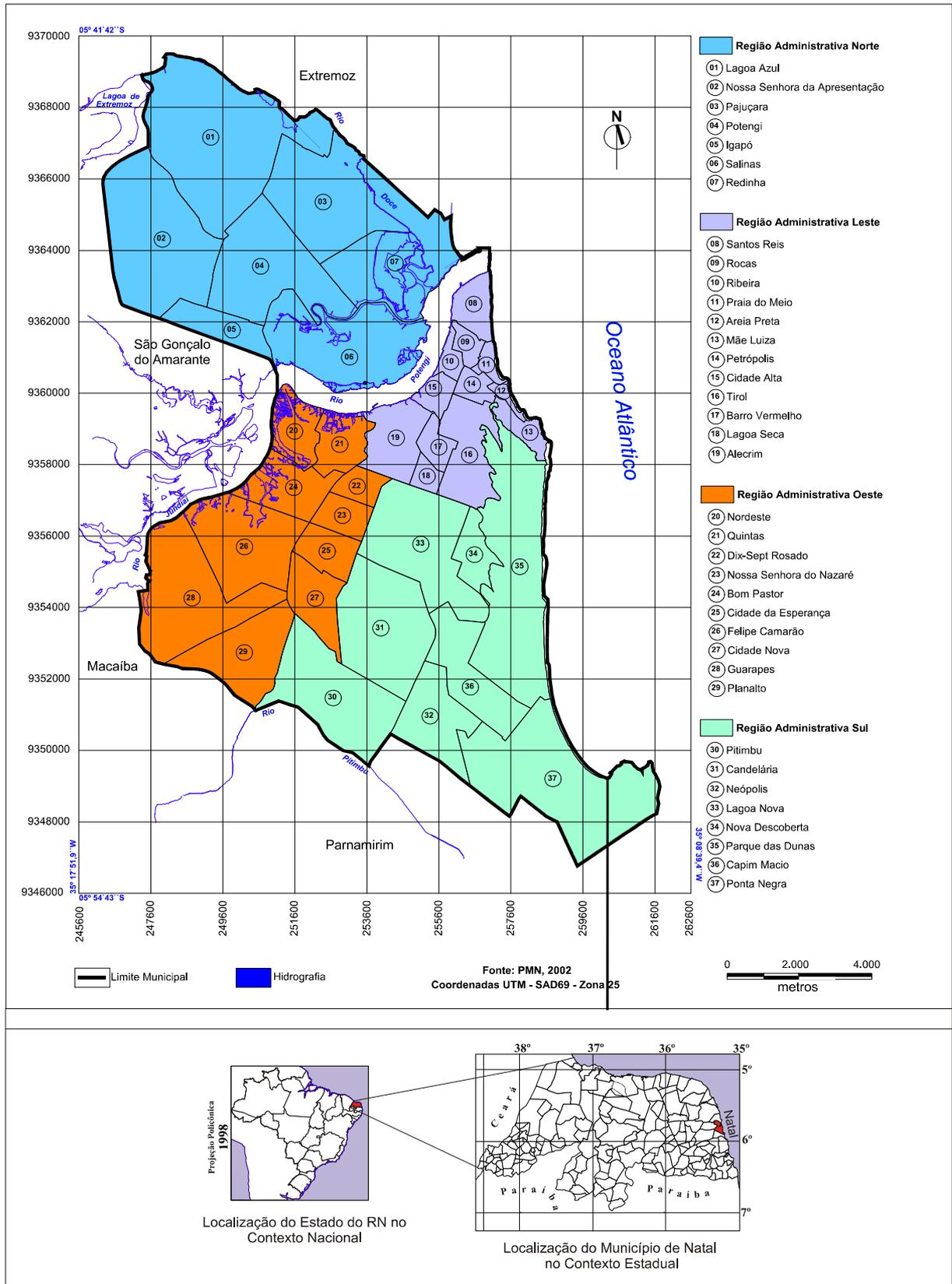


## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.

### 4.1 Localização da Área em Estudo.

A cidade de Natal situa-se na região nordeste do Brasil ocupando a porção central do litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, onde, de acordo com medições realizadas nesta pesquisa, possui uma área territorial de 171,10km<sup>2</sup>; um perímetro de 74,83km de extensão e altitude média de 47,68 metros, ficando compreendida entre o quadro de coordenadas geográficas máximas de 05° 41' 42" e 05° 54' 43" de latitude sul, e 35° 08' 39,4" e 35° 17' 51,9" de longitude oeste. Em coordenadas UTM (*Universal Transverser Mercator*), fica entre as coordenadas 9370000 e 9346000mN e 262600 e 245600mE. Limita-se ao norte com o município de Extremoz, ao sul com Parnamirim, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com os municípios de São Gonçalo do Amarante, Macaíba e Parnamirim, conforme pode-se observar na figura 4.

O município de Natal possui 37 bairros distribuídos por quatro regiões administrativas: Região Administrativa Norte, abrangendo os bairros de Lagoa Azul, Nossa Senhora da Apresentação, Pajuçara, Potengi, Igapó, Salinas e Redinha; Região Administrativa Sul, abrangendo os bairros de Pitimbu, Candelária, Neópolis, Lagoa Nova, Nova Descoberta, Parque das Dunas, Capim Macio e Ponta Negra; Região Administrativa Leste com os bairros de Santos Reis, Rocas, Ribeira, Praia do Meio, Areia Preta, Mãe Luíza, Petrópolis, Cidade Alta, Tirol, Barro Vermelho, Lagoa Seca e Alecrim e, por fim, Região Administrativa Oeste, com os bairros Nordeste, Quintas, Dix-Sept Rosado, Nossa Senhora do Nazaré, Bom Pastor, Cidade da Esperança, Felipe Camarão, Cidade Nova, Guarapes e Planalto.



Fonte: Frederico Fonseca, 2002.

Figura 4 – Localização da área em estudo – Município de Natal/RN.

## 4.2 Aspectos Humanos.

### 4.2.1 Sistemas Sociais.

#### - Demografia.

A cidade de Natal se caracteriza por possuir um lento crescimento populacional até a década de 40, fato este alterado com o advento da II Guerra Mundial quando o Governo Norte-Americano, a partir de 1942, mantinha no município uma base militar conhecida como *Parnamirim Field*. Em alguns momentos o contingente militar norte-americano chegava a 10.000 homens, acarretando um acréscimo nos valores absolutos populacionais, que em 1940 era de 54.836 habitantes na cidade. Uma prova disso foi o censo demográfico realizado em 1950 no qual se verificou que a população da cidade tinha dado um salto para impressionantes 103.215 habitantes, representando um incremento de 88,2% em 10 anos. Já a partir da década de 20 (com exceção da década de 40) a cidade passa a apresentar índices decrescentes em sua taxa de crescimento populacional, apresentando valores de 88,20% de 1940-1950 para 17,43% de 1991-2000. Em valores absolutos, a população de Natal passou de 20.932 habitantes em 1872 para 712.317 habitantes em 2000, dos quais 46,89% (334.355) são do sexo masculino e 53,07% (377.962) são do sexo feminino, portanto apresentando uma diferença de 43.607 habitantes a mais de mulheres, segundo dados do IBGE (2001), no Censo 2000 (Observar tabela 2). Atualmente Natal possui uma densidade demográfica de 4.163 habitantes por km<sup>2</sup> distribuídos em 37 bairros e 4 regiões administrativas nos 171,10 km<sup>2</sup> de área do município.

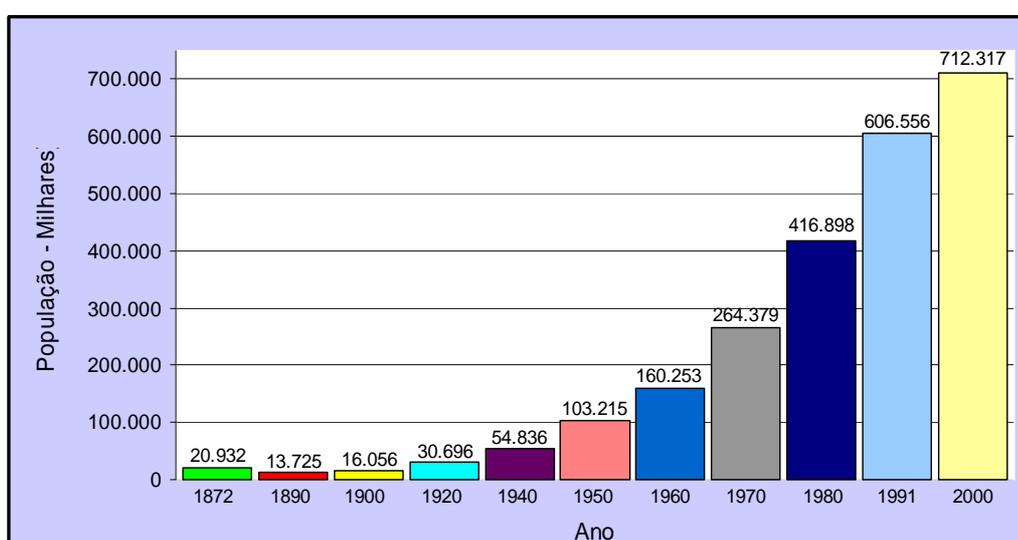
A tabela a seguir demonstra a evolução populacional da cidade desde o primeiro registro oficial do Censo, em 1872, até o mais recente em 2000. Os valores da tabela estão em valores absolutos, percentuais de crescimento por décadas e anual e de densidade demográfica, esta última, levando-se em consideração à mesma área territorial atual.

**Tabela 2**  
Evolução populacional da cidade de Natal de 1872-2000.

Ano	População	% de Crescimento Década	% de Crescimento Anual	Densidade h/km <sup>2</sup>	
1872	20.932			122,23	
1890	13.725	1872—1890	-34,43	-1,91	80,21
1900	16.056	1890—1900	16,98	1,54	93,84
1920	30.696	1900—1920	91,18	4,55	179,40
1940	54.836	1920—1940	78,64	3,70	320,49
1950	103.215	1940—1950	88,20	8,01	603,24
1960	160.253	1950—1960	55,26	5,02	936,60
1970	264.379	1960—1970	64,97	5,90	1.545,17
1980	416.898	1970—1980	57,68	5,24	2.430,57
1991	606.556	1980—1991	45,49	4,13	3.545,04
2000	712.317	1991—2000	17,43	1,74	4.163,16

Fonte: Censos Demográficos – IBGE.

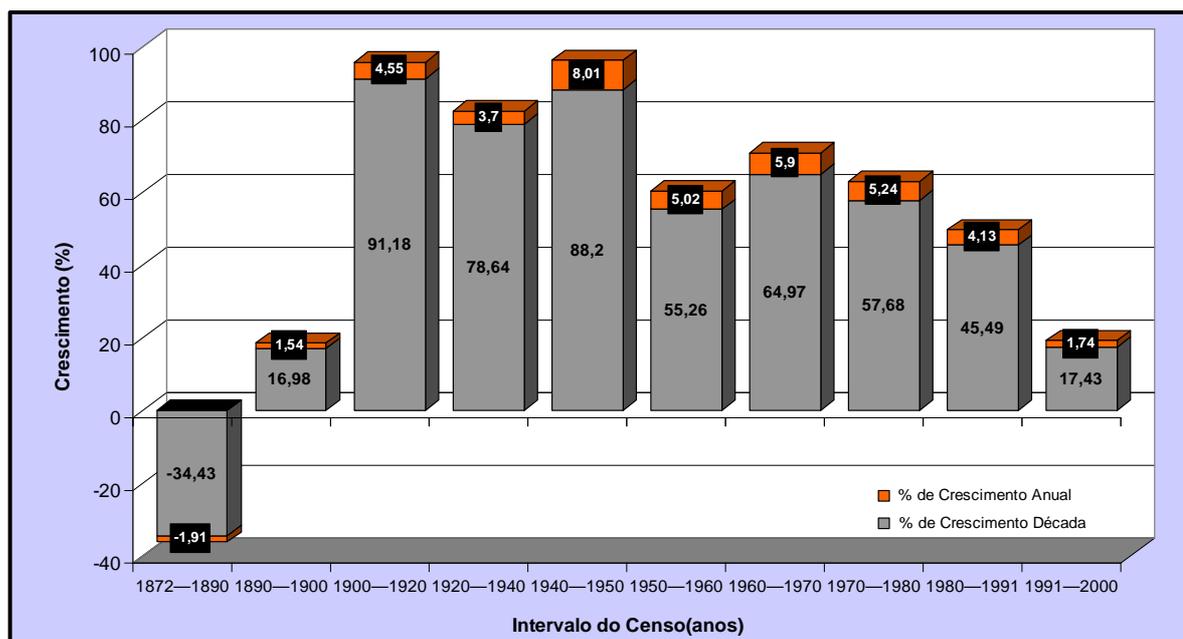
Tais valores representam uma forte tendência nacional e local na queda das taxas de crescimento populacional. Pode-se observar um acentuado declínio nas taxas de evolução nas últimas décadas com 64,97%, nas décadas de 60 a 70, para 17,43%, nas décadas de 90 a 2000. Contudo, os números absolutos continuam tendo um acréscimo, não tão substancial, mas ainda altos, em relação à quantidade numérica (observar figura 5). Portanto, a densidade demográfica natalense vem crescendo preocupantemente. Em 1960 os valores giravam em torno de 947,55 hab/km<sup>2</sup> e em 2000 passaram para 4.163,16 hab/km<sup>2</sup>. Estes valores trazem consigo uma série de problemas, relacionandos com o adensamento populacional/urbano em Natal, verificando-se aí, sérios entraves na sustentabilidade urbana/ambiental e de qualidade de vida da população.



Fonte: Censos Demográficos – IBGE.

**Figura 5** – Crescimento populacional (em números absolutos) da cidade de Natal de 1872 a 2000.

Em relação aos dados populacionais mais específicos de regiões administrativas e bairros de Natal, serão utilizados dados do Censo 2000, IBGE (2001). A Região Administrativa mais populosa é a Norte com um total de 244.743 habitantes seguida da Região Administrativa Oeste com 195.584, Sul com 155.884 e Leste com 116.106, sendo a menos populosa. A Zona Norte se caracteriza também por possuir o bairro mais populoso, bairro de Nossa Senhora da Apresentação, com 56.522 habitantes, e o menos populoso sendo o bairro de Salinas, com 883 (observar tabela 3), isto sem levar em consideração o bairro de Parque das Dunas que por ser uma UC (Unidade de Conservação) apresenta uma ocupação incipiente com apenas 2 moradores. Este fato sugere uma devida atenção à supramencionada região administrativa, fato este que não é verificado na referida área.



Fonte: Censos Demográficos (1872 – 2000) – IBGE.

**Figura 6** – Taxas percentuais de crescimento populacional na cidade de Natal de 1872 a 2000. Observa-se que a partir da década de 70 ocorre uma constante queda nas taxas de crescimento.

**Tabela 3**

População residente da cidade de Natal (2000) por Regiões Administrativas e Bairros.

Região Administrativa Norte		Região Administrativa Leste		Região Administrativa Oeste		Região Administrativa Sul	
Bairro	Pop.	Bairro	Pop.	Bairro	Pop.	Bairro	Pop.
Lagoa Azul	50.413	Santos Reis	6.820	Quintas	29.751	Lagoa Nova	35.569
Pajuçara	42.130	Rocas	10.525	Nordeste	11.436	Nova Descoberta	12.481
Potengi	56.259	Ribeira	2.110	Dix-Sept Rosado	16.141	Candelária	18.684
N. S. Apresentação	56.522	Areia Preta	2.652	Bom Pastor	17.984	Capim Macio	20.522
Redinha	11.504	Mãe Luíza	16.058	N. Senhora Nazaré	15.623	Pitimbu	22.985
Igapó	27.032	Praia do Meio	4.193	Felipe Camarão	45.907	Neópolis	22.041
Salinas	883	Petrópolis	5.105	Cidade da Esperança	20.235	Ponta Negra	23.600
		Alecrim	32.356	Cidade Nova	15.778	Parque das Dunas	2
		Barro Vermelho	8.145	Guarapes	8.415		
		Cidade Alta	6.692	Planalto	14.314		
		Tirol	14.799				
		Lagoa Seca	6.651				
<b>TOTAL</b>	<b>244.743</b>		<b>116.106</b>		<b>195.584</b>		<b>155.884</b>
<b>POPULAÇÃO TOTAL: 712.317</b>							

Fonte: Censo Demográfico 2000 – IBGE (2001).

### 4.3 Aspectos Biológicos.

#### 4.3.1 Flora e Fauna.

A interferência antrópica na área de estudo é uma constante. Estas influências interferiram e interferem na dinâmica biológica da cidade. Interferências que se fazem presentes em desmatamentos, queimadas, caça e captura da fauna.

Na área de estudo os aspectos fisionômicos da vegetação não são os mesmos do passado, foram alterados através do tempo com a devastação da Mata Atlântica que, atualmente, apresenta-se em forma de manchas esparsas. Hoje a maior parte da cobertura vegetal da área constituiu-se de remanescentes, da referida mata, da vegetação de dunas e de tabuleiros. (RAMALHO, 1999).

Outro ponto que merece destaque e uma maior discussão da sociedade se refere a alto índice de implantação de tipos de vegetação exótica plantadas nos canteiros centrais da cidade pela Prefeitura Municipal, trazendo com isso uma profunda descaracterização da composição florística nativa regional, pois as vegetações exóticas necessitam de um ambiente propício para seu desenvolvimento como um grande umedecimento de sua estrutura, fato este, bastante discutível em uma cidade que começa a sofrer sérios problemas de abastecimento hídrico.

Toda a distribuição florística está relacionada a fatores como o tipo de solo, clima, material orgânico constituído no solo e grau de influência antrópica. As formações vegetais encontradas na área de estudo fazem parte do domínio da Mata Atlântica, sendo representado por formações pioneiras (de influência marinha como as restingas com formação arbustivo-arbórea e as de influência flúvio-marinha de estrato arbóreo, como os mangues); floresta ombrófila densa/aberta (matas de dunas, tabuleiros); floresta estacional semi-decidual e por áreas de tensão ecológica. Segundo Nunes (1996), “a vegetação primitiva mais comum é representada pelos campos dunares (ver figura 7), mangues, restinga arbustivo-arbórea, Mata Atlântica e savana arbustivo-arbórea”.



**Fonte:** Frederico Fonseca. Out, 2002.

**Figura 7** – Representação de mata de duna com diferentes estratos.

Segundo Tavares (1960; 1964); Freire (1990); Brasil, Projeto RadamBrasil (1981), como principais representantes do estrato arbustivo, podemos encontrar a mangabeira (*Hancornia speciosa*), cajueiro-bravo (*Coccoloba latifolia*), caju-azedo ou cajuí (*Anacardium occidentale.*), angélica (*Guettarda angelica*), lixeira (*Curatella americana*), angelim (*Andira sp.*), Pau-brasil (*Ceasalpina echinata*), umbuzeiro (*Spondias tuberosos*), Pau D`arco roxo (*Eugenia Crenata*) e araças (*Psidium araçá*).

O estrato herbáceo, ou de formações pioneiras ou restinga, constitui-se de ambientes bastante instáveis, visto que ocorrem sobre areias não consolidadas que estão constantemente sujeitas às ações dos ventos que sopram do oceano. Dentre as espécies, destacam-se a chanana (*Turnera Ulmifolia*), minasa (*Cassia flexuosa*), salsa roxa (*Ipomoça pes-caprae*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), murici (*Byrsonima sp.*), pau-ferro (*Cassia apoconrita*), maçaranduba (*Manilkasa Trifolia*), facheiro (*Pilosocereus hapalancanthus*), salsa de praia (*Ipomea pescaprae*), capim-de-areia (*Panicum racemosum*), capim barba de bode (*Sporolobus virginicus*) e pirrixiu (*Resine portucaloides*), este encontrado nas planícies do estuário do Potengi/Jundiaí, muitas vezes competindo com os manguezais.

Também destacam-se a floresta ciliar no leito do Rio Pitimbu que tem como representantes o mulungu (*Erythrina velutera*), ingá (*Ingá sp.*) e camacar (*Caraipa sp.*).

As florestas de manguezal na área de estudo se inserem no sistema ecológico estuarino dos rios Potengi e Jundiá. (Observar figura 8). Estas formações estão passando por um profundo processo de degradação (desmatamento) para a implantação e ampliação da infra-estrutura de viveiros para projetos de carcinicultura para cultivo intensivo e semi-intensivo de camarões marinhos. Este ponto será aprofundado mais à frente nos capítulos subsequentes. Em relação ao levantamento taxonômico de espécies de mangue, o Instituto de Desenvolvimento Econômico do Rio Grande do Norte (1986) levanta estes dados mostrando a presença de mangue branco (*Lagunculária racemosa*), mangue vermelho ou sapateiro (*Rhizophora mangle*) e mangue canoé (*Avicennia Germinans*) e associações de *Avicennia* e *Lagunculária*; *Rhizophora* e *Lagunculária*, e *Rhizophora*, *Avicennia* e *Lagunculária*.



Fonte: Frederico Fonseca. Out, 2002.

**Figura 8** – Floresta de manguezal do estuário do Potengi/Jundiá.

Assim como nos representantes florísticos, a constituição faunística também está bastante ameaçada pelo processo de destruição de seus habitats naturais, principalmente o grupo dos mamíferos e de aves. Os insetívoros são bastante presentes na área de estudo, principalmente nas faixas dunares com cobertura vegetal na cidade como o Parque das Dunas e as paleodunas no sentido noroeste.

Segundo a Fundação do Meio Ambiente do Natal (ECONATAL, 1995), a manutenção da biodiversidade encontra-se seriamente ameaçada em decorrência da

constante e predatória presença humana e, conseqüentemente, por inúmeras atividades e ocupações que gradativamente inviabilizam a permanência dos animais e a manutenção de seus habitats específicos. Temos como alguns representantes os sagüis (*Calithrix Jacchus*), timbus (*Didelphis azarae*), raposas, nambu (*Crypturellus parvirostris*), seriema (*Cariacus cristata*), periquitos e tejuçuçu (*Tupinambis Tequexim*).

#### **4.4 Aspectos Físicos.**

##### 4.4.1 Geologia.

A geologia da área em estudo é constituída de rochas de origem sedimentar do Terciário Superior (Plioceno) e Quaternário (Pleistoceno-Holoceno) no Cenozóico, sobrejacentes aos sedimentos mesozóicos do Cretáceo e rochas cristalinas oriundas do Pré-Cambriano no Proterozóico Superior.

##### 4.4.1.1 Cenozóico.

As rochas sedimentares presentes na área em estudo são constituídas por sedimentos do Grupo Barreiras (Formação Serra do Martins, Formação Guararapes e Formação Macaíba) representantes dos sedimentos terciário-quaternários; os recifes ou “beachrocks”, os sedimentos aluvionares flúvio-marinhos, sedimentos aluvionares fluviais, paleodunas, neodunas, sedimentos indiscriminados de mangue e sedimentos praias representando os sedimentos quaternários.

- Sedimentos Terciário-Quaternários.

- Grupo Barreiras.

A denominação “Barreiras” foi definida inicialmente por Branner, em 1902 descrevendo que são sedimentos clásticos, de natureza variegada com variações de argilas e conglomerados ocorrentes no litoral brasileiro. O Grupo Barreiras apresenta sedimentos areno-argilosos, afossilíferos, que ocorrem formando tabuleiros ao longo de todo o litoral, apresentando suaves inclinações em direção ao mar. Apresentam coloração variada, com tons avermelhados, até esbranquiçados e pouco consolidados. É constituído por clásticos areno-argilosos, seixos de quartzo e limonita, granulometricamente mal selecionados e

afossilíferos de ambiente fluvial. Apresenta um certo grau de compactação e oxidação, os quais tendem a aumentar nas proximidades do litoral, formando “couraças” ferruginosas.

Compreende os sedimentos continentais pós-cretácicos, delimitados na base por uma desconformidade com o Pré-Cambriano ou os calcários do Grupo Apodi. No topo, seu limite é dado pelos alúvios, terraços, areias eólicas e outros sedimentos recentes. (BIGARELLA; ANDRADE *apud* SILVA, 1969). Segundo Mabessone *et al.* (1977), o Grupo Barreiras compreende as unidades Formação Serra do Martins; Formação Guararapes e Formação Macaíba, de seqüências inferior, intermediária e superior, respectivamente. Apresenta formas suaves e onduladas, e em algumas localidades são interrompidas abruptamente, formando falésias vivas ou mortas ao longo da costa, ou barrancos nas margens dos rios. Em outras localidades a continuidade desses terrenos é quebrada pelo aparecimento de dunas. (NOGUEIRA, 1981).

- **Formação Guararapes:** superfície intermediária do Barreiras, sendo bastante argilosa de cores variegadas e com níveis de seixos de quartzo. Segundo Melo (1995; 1998), acha-se coberta por um nível arenoso e siltico-argiloso, que tem sido denominado de intemperismo Riacho Morno. Segundo Araújo (2002), “estão sotopostos em geral a depósitos recentes de dunas, aluviões e manguezais”.

- **Formação Macaíba:** unidade superior do Barreiras, também conhecida como Formação Potengi, onde os sedimentos são “areno-quartzosos, com pouca argila, grânulos de limonita, seixos distribuídos aleatoriamente e couraças amarelo-avermelhada tornando-se mais escura em direção ao litoral. Na porção mais superior apresenta laminações paralelas, onde se contata com depósitos de dunas atuais” (VILLAÇA *et al.*, 1986).

- Sedimentos Quaternários Recentes.

- Recifes (*BeachRocks*).

Sua gênese está vinculada à consolidação de antigas linhas de praia por cimentação e alta litificação dos grãos de quartzo pelo carbonato de cálcio, provenientes da variação do nível do mar e afastamento da linha de costa em períodos paleoglaciais, relacionados aos processos de regressão e transgressão marinha. Mabessone; Rolim (1973/74) destacam este fato, ressaltando que esta unidade representa as fases da subida do nível do mar após a última glaciação. E ainda, o processo que cimentou esses recifes, foi

explicado como sendo pela água doce subterrânea, supersaturada com carbonatos de cálcio, os quais se precipitaram ao aparecer na praia em contato com a água do mar.

Os recifes comumente chamados de “beach-rocks” ou arenitos praias afloram na porção leste de Natal tendo uma extensão de aproximadamente 3.900m numa feição de recife de franja na faixa intertidal nas praias dos Artistas/Forte/Meio, chegando até a desembocadura do rio Potengi. Ocorrem paralelos à linha de costa e segundo Moreira (1996), apresentam, por vezes, um mergulho suave de 3° a 5° em direção ao oceano, ocorrendo ainda sotoposta às dunas móveis. Os arenitos praias presentes na área de estudo são datados de aproximadamente 4.700 anos e apresentam pequenas marmitas provocadas pelo movimento de turbilhonamento das águas. A representação desta formação no mapa exposto na pesquisa é muito pouco visível devido à escala do mesmo.

#### - Sedimentos Aluviais Flúvio-Marinhos.

Os sedimentos aluviais flúvio-marinhos encontrados na área de estudo têm sua gênese ligada a processos tectônicos de falhamentos inferidos dando surgimento ao “*Graben*” Potengi. Esta denominação é dada pelo acúmulo e associação de sedimentação de origem fluvial e marinha, ligada ao estuário do Potengi, onde por dinâmicas quaternárias recentes, ocorrem processos alternados de acúmulo de sedimentos de origem areno-argilosa. Para Nunes (2000), a área apresenta baixos topográficos e baixos estruturais (BB), onde se podem encontrar sedimentos salinizados, aluviais e gleizados. Esta unidade geológica pode ser encontrada nas margens próximas à desembocadura do estuário Potengi-Jundiaí. Caracterizam-se por possuir superfícies arenosas tendendo a argilosas com acúmulo de matéria orgânica e sedimentos provenientes da descarga do rio Potengi. Em momentos de cheia de preamar, principalmente a margem direita da desembocadura do rio Potengi, fica encharcada pelas águas costeiras, sendo soterradas logo após a baixa-mar por sedimentos continentais de origem arenosa.

#### - Sedimentos Aluviais-Fluviais.

Assim como os sedimentos aluviais flúvio-marinhos, os sedimentos aluviais-fluviais têm sua origem ligada a processos de endogenia por falhamentos inferidos, destacando-se o “*Graben*” Parnamirim, no setor oeste da cidade, onde se localiza a calha do rio Pitimbu. Neste caso ocorre um acúmulo de sedimentos de origem fluvial em suas margens. A ocorrência desses sedimentos é bastante recente e se faz de forma inter-

relacionada a processos climáticos com incidência de alta pluviometria alterando o gradiente hídrico fluvial e o conseqüente transporte e acúmulo de sedimentos e matéria orgânica nas margens do rio Pitimbu. Segundo levantamentos realizados por Moreira (1996), esses sedimentos possuem coloração acinzentada e esbranquiçada de granulometria fina a média. Podem ser classificados como depósitos detríticos recentes de natureza fluvial, sendo constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas.

- Paleodunas.

São sedimentos datados do Quaternário, formados pela ação eólica dos alísios e fixados pela vegetação, com grãos arredondados formando extensos cordões com direção noroeste-sudeste. Esta unidade é formada por ações dos ventos durante a fase final do pleistoceno, constituindo reflexos desérticos do litoral nordestino, quando submetido a um clima quente, como o presente na área de estudo. São constituídas predominantemente por quartzo, em forma de areias quartzosas, bem selecionadas e com grãos arredondados. É marcante a diferença na textura e na tonalidade entre as paleodunas e as dunas recentes. (Brasil. Projeto RadamBrasil, 1981). É uma formação que se distingue das dunas recentes pela sua coloração mais avermelhada com um maior índice de oxidação, sendo mais estabilizadas e vegetacionadas e de uma cronologia mais antiga.

Ainda, Moreira; Souza (1997) ressaltam que os sedimentos desta unidade são constituídos por areias quartzosas de coloração amarelada a branca localmente acinzentada a marrom, devido à matéria orgânica. Diz ainda, que na porção sudeste e centro-leste da área em estudo, possui tonalidade avermelhada por processos de oxidação, caracterizando também a presença de minerais pesados. Estão sotopostas às dunas recentes ou neodunas em algumas áreas, e em outras porções da área, afloram.

- Neodunas.

As neodunas comumente conhecidas como dunas móveis, são sedimentos eólicos bem distintos, devido à sua tonalidade clara causada pela ausência de vegetação e carência de umidade. Estão intimamente relacionadas com o desenvolvimento do litoral atual, formando extensos cordões paralelos à praia, constituindo verdadeiros cinturões móveis quaternários. Recobrem tanto as litologias da Formação Barreiras, quanto as paleodunas. São compostas predominantemente de quartzo, em forma de grãos

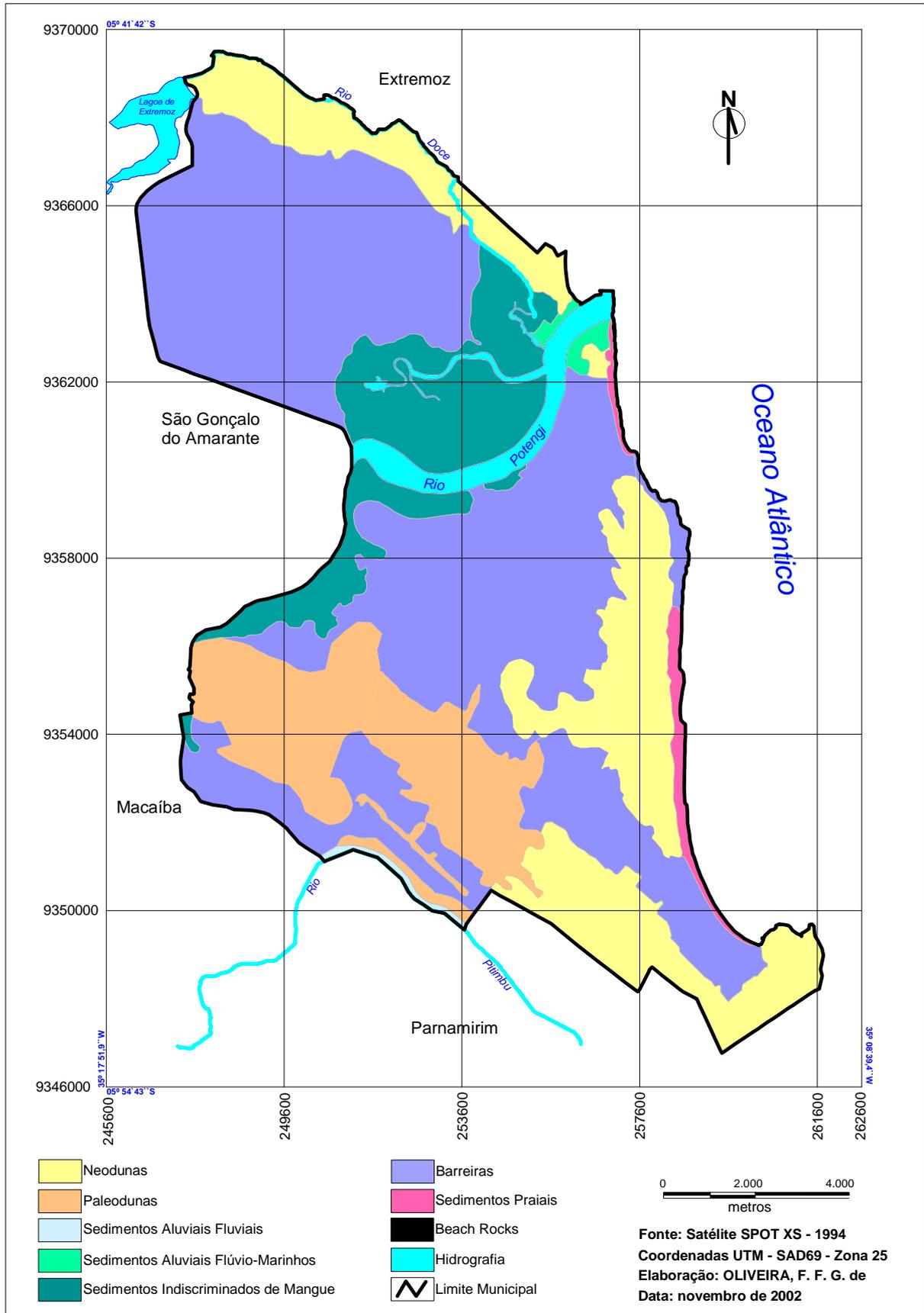
arredondados, bem selecionados, inconsolidados, de coloração clara, foscas e granulação média (BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL, 1981).

- Sedimentos Indiscriminados de Manguê.

A ocorrência dos sedimentos indiscriminados de manguê na área de estudo é consequência de processos tectônicos de falhamentos de direção SO-NE ocasionando a formação do “*Graben*” Potengi. Seu abaixamento topográfico possibilita a formação do complexo estuarino Potengi-Jundiaí, proveniente de fluxos de baixa e alta maré com um acúmulo de sedimentos e matéria orgânica em abundância em suas margens. São sedimentos bastante recentes sendo depositados por processos de dinâmica hídrica flúvio-marinha. Caracterizam-se por darem suporte a extensas florestas de manguezais na área de estudo, principalmente em sua margem esquerda.

- Sedimentos Praiais.

Estes sedimentos encontram-se nas zonas costeiras da cidade de Natal, sendo depositados pela ação dos ventos e ondas nas zonas de estirâncio e pós-praia. São barrados pela topografia como falésias, por vegetação, por restingas e por recursos hídricos tendo como exemplos rios e lagunas. Estendem-se no extremo leste da cidade, estando em contato com as águas e dinâmicas costeiras. São sedimentos retrabalhados e bastante recentes no que tange a sua deposição. Sua formação se caracteriza por possuir “sedimentos arenosos inconsolidados constituídos por quartzo, minerais pesados, mica, fragmentos de rochas e carapaças de organismos, com a granulometria bastante variada, formados por areias finas, médias e grossas, com maior domínio dos grãos grosseiros”. (ARAÚJO, 2002).



**Figura 9** – Mapa Foto-Litológico Preliminar do Município de Natal.

#### 4.4.2 Geomorfologia.

As formações do relevo regional são resultantes de processos e fatores endogenéticos, exogenéticos e mais atualmente de fatores antrópicos, pois o modelado terrestre na cidade de Natal está sofrendo profundas alterações em seus constituintes. A endogenia está fortemente ligada aos movimentos tectônicos, que através de processos de falhamentos e dobramentos ocasionam, por exemplo, a gênese de uma rede de drenagem fluvial (Graben Natal ou Potengi e Parnamirim), interferindo no capeamento litológico. Dessa forma, o processo é muito mais estrutural. Na variável exogenética, as formas estão intimamente ligadas à dinâmica climática, sendo seu principal modelador, uma vez que a cidade de Natal está sobre uma região sedimentar que certamente sofre uma forte esculturação em suas formas, assim como, pelas sucessivas flutuações glácio-eustáticas marítimas. Portanto, adotar-se-ão formas de relevo calcadas na homogeneidade das feições e na sua gênese comum, vinculadas aos fatores exogenéticos (climáticos-esculturais) e endogenéticos (litológicos-estruturais).

Com base nestas características mencionadas, a cidade possui as seguintes feições geomorfológicas: associação de tabuleiros costeiros com dunas arrasadas, planície flúvio-marinha, planície flúvio-lacustre, planície fluvial, lagoas naturais, terraços de abrasão, planície litorânea, falésias, dunas fixas (paleodunas) e dunas móveis ou recentes (neodunas). Observar figura 10 (nesta figura devido à escala de 1:120.000, não é possível visualizar as feições de terraços de abrasão e falésias, pois se encontram em pequenas áreas).

##### - Associação de Tabuleiros Costeiros com Dunas Arrasadas.

Nunes (1996), sobre os tabuleiros, diz que são terrenos com suaves ondulações decorrentes da pediplanação sobre os sedimentos plio-pleistocênicos do Barreiras, com altitudes acima de 40m até 400m, no sentido do litoral para o interior, os quais em alguns locais são interrompidos abruptamente, formando falésias vivas e mortas ao longo da costa. Silva; *et al.* (1999) classificam os tabuleiros costeiros como uma forma topográfica que se assemelha a um planalto, terminando de maneira abrupta que contorna a zona costeira, apresentando um topo plano com vegetação típica. “Caracteriza-se por ser uma paisagem de topografia aproximadamente plana, sedimentar e de baixa altitude variando de 30 a 150m acima do nível do mar, ligeiramente acunhado em direção a Oeste”. (MEDEIROS, 2001).

Os tabuleiros em Natal variam de tonalidade de cores, como vermelha e castanha apresentando-se muitas vezes sotopostas às dunas (coberturas arenosas), com a presença de seixos arredondados provenientes do quartzo e de cascalhos de quartzo oxidados, formando couraças ferruginosas.

Esta associação está praticamente inserida na área urbanizada da cidade que foi totalmente descaracterizada com a ocupação urbana não permitindo observar através de produtos de sensoriamento remoto e não sendo possível observar *in loco* a qual feição pode estar inserida. Esta área é um misto de solos e formações do relevo descaracterizados com presença de cortes e aterramentos em antigas dunas e antigos tabuleiros.

#### - Planície Flúvio-Marinha.

Na área de estudo podem ser classificadas duas formas de planície flúvio-marinha: uma de influência estuarina, com um acúmulo de sedimentos e matéria orgânica mais presente, sendo formada por processos tectônicos abrangendo uma grande área, tendo uma maior representatividade ambiental, adentrando 20km no continente - planície estuarina do Potengi/Jundiaí. Outra, encontrada em uma pequena faixa de terra no bairro de Santos Reis, sendo proveniente de deposições sedimentares diferenciadas com acúmulo de sedimentos argilosos com presença de faixas de manguezal e sedimentos arenosos quartzosos oriundos de deposição eólica marinha com presença de vegetação rasteira de restinga.

#### - Planície Fluvial.

Estão presentes nos rios Pitimbu (Graben Parnamirim), porção oeste de Natal e no rio Doce, localizado na zona norte de Natal, desembocando no estuário dos rios Potengi/Jundiaí.

As planícies fluviais da área estudada são resultantes de deposições de material sedimentar (aluviões) provenientes dos rios, não existindo grandes desníveis topográficos, onde os processos de deposição são superiores aos de desgaste, geralmente inundadas em regimes pluviométricos mais acentuados, como nos meses de junho e julho. Ambos os rios possuem vales chatos em formato de "U", largos e drenados por nascentes provenientes do afloramento do lençol freático Dunas/Barreiras.

- Lagoas Naturais.

Essa feição geomorfológica é bastante presente na área de estudo. Medeiros (2001) denomina lagoa como uma depressão com forma variada, contendo ou não água, de origem natural ou artificial. Mostra que as depressões são circulares e alongadas, encontradas tanto nos corredores interdunares como nas interfaces entre dunas e tabuleiro costeiro, onde são observadas lagoas intermitentes de porte variado que são alimentadas na sua maioria pelo índice pluviométrico da área e pelas águas do aquífero Dunas/Barreiras. Nesta área as curvas de nível são concêntricas, diminuindo as cotas das bordas para o centro, estando sujeitas a inundações as áreas com cotas altimétricas inferiores a 30 metros.

- Terraços de Abrasão.

São feições presentes nas superfícies litorâneas das linhas de praia de Natal e nas praias do Morcego, Via Costeira e Ponta Negra. Apresenta-se como uma plano de abrasão marinha por ondas, suavemente inclinado para o mar, que freqüentemente inicia-se no sopé de uma falésia marinha (SUGUIO, 1998).

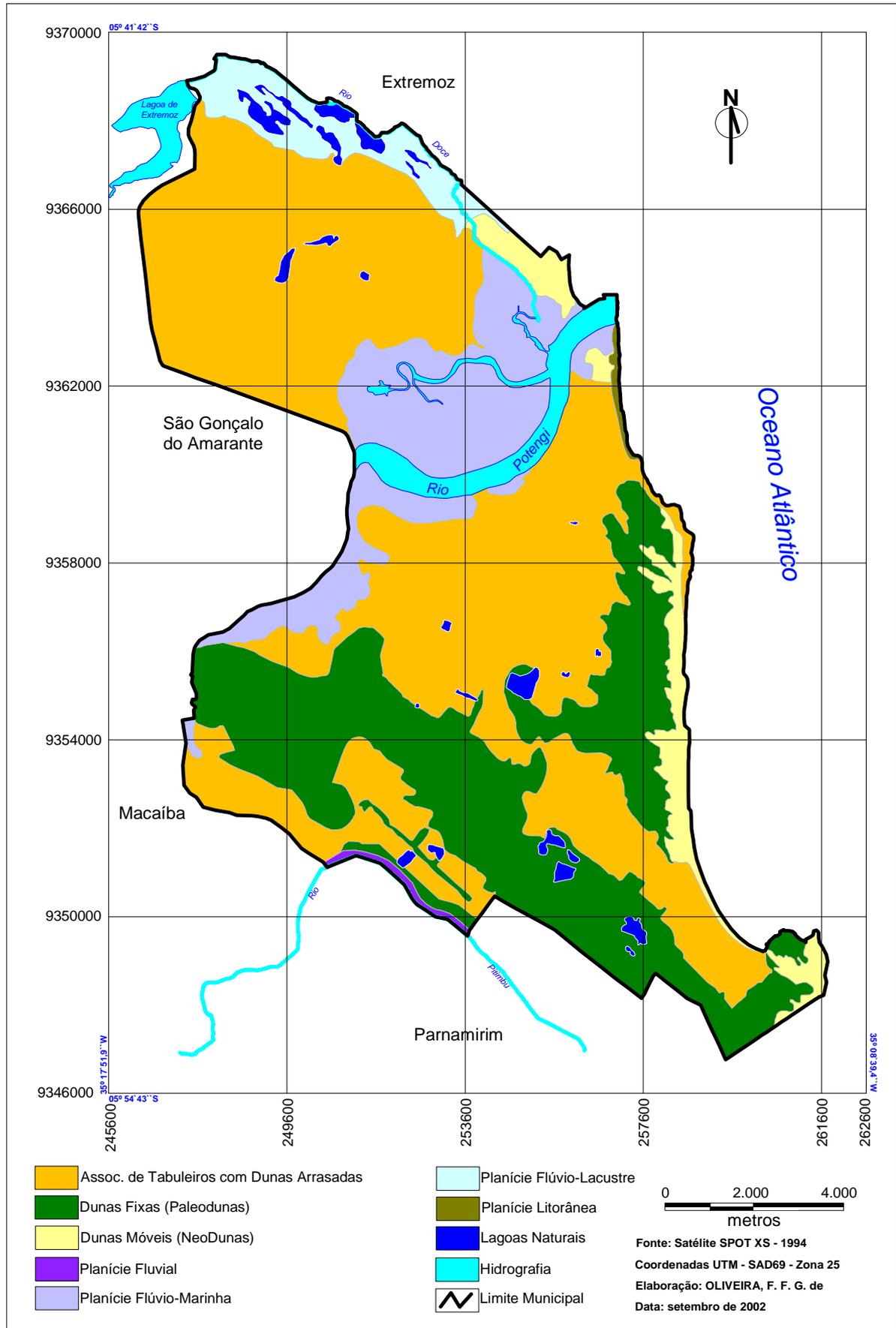
- Dunas Fixas.

Esta unidade geomorfológica se caracteriza por estar fixada por uma vegetação dunar, estando intimamente relacionada ao retrabalhamento paleoclimático. Também são conhecidas como dunas transversais, podendo atingir até 80 metros de altitude, mas ocorrendo geralmente em menor altitude. Estão mais presentes na parte continental, mais na porção oeste de Natal e na região de sotavento do Parque das Dunas, sofrendo com isso uma menor influência da dinâmica costeira e com ventos direcionais fixadores e de suporte à vegetação. Verifica-se a ocorrência de corredores interdunares em seus flancos. Assim como as dunas móveis, as dunas fixas estão passando por um sério processo de desconfiguração geomorfológica, proveniente da maior horizontalização espacial urbana da cidade, ou seja, a dinâmica da expansão urbana no município de Natal não está levando em consideração as fragilidades ambientais inerentes a esta unidade, pois observa-se notoriamente uma relação com queimadas e desmatamentos de sua vegetação, com vistas ao estabelecimento de espaços construídos antropogeneticamente.

- Dunas Móveis.

Na área estudada há predominância de dunas parabólicas com até 120m de altitude (Parque Estadual Dunas do Natal), relacionadas a transportes de sedimentos das praias, por ventos de direção predominantemente sudeste-noroeste e leste-oeste, nos sentidos Noroeste e Oeste, através de alta evaporação de água, deixando, pois, as partículas livres, à mercê dos ventos (BRASIL, PROJETO RADAMBRASIL, 1981). Localizam-se também no bairro de Candelária, Zona de Proteção Ambiental de Lagoinha, Morro do Careca no bairro de Ponta Negra e paralelas ao rio Doce, zona norte da cidade, podendo ser classificadas e diferenciadas pela sua topografia, idade, coloração, litologia e granulometria. É muito comum a ocorrência de corredores interdunares onde são formados vales, culminando em afloramentos do lençol freático e formação de lagoas naturais. Em muitas dessas áreas, em Natal, a ocupação urbana desenfreada vem acarretando diversos problemas sócio-ambientais à população que ali se estabelece.

Os modelos digitais de terreno mostrados a seguir nas figuras 11 e 12, permitem uma melhor visualização de todas as formações geomorfológicas citadas aqui. A aplicação desta técnica permite confirmar os parâmetros morfológicos discutidos evidenciando muito claramente a disposição, principalmente das dunas, da cidade que têm como destaque as localizadas no Parque das Dunas, Candelária, Cidade Nova, Guarapes e adjacentes ao rio Doce.



**Figura 10** – Mapa Foto-Geomorfológico Preliminar do município de Natal.

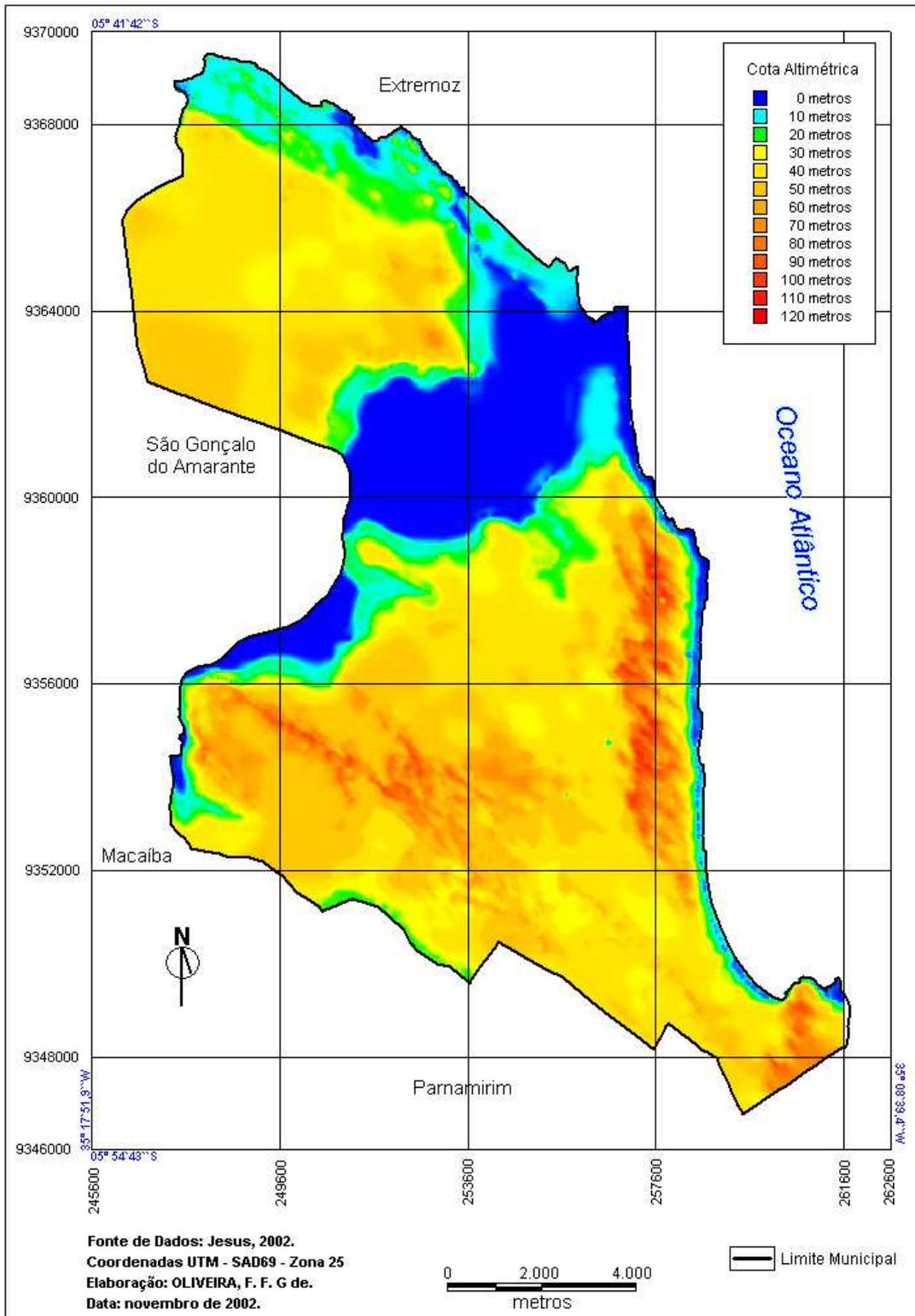
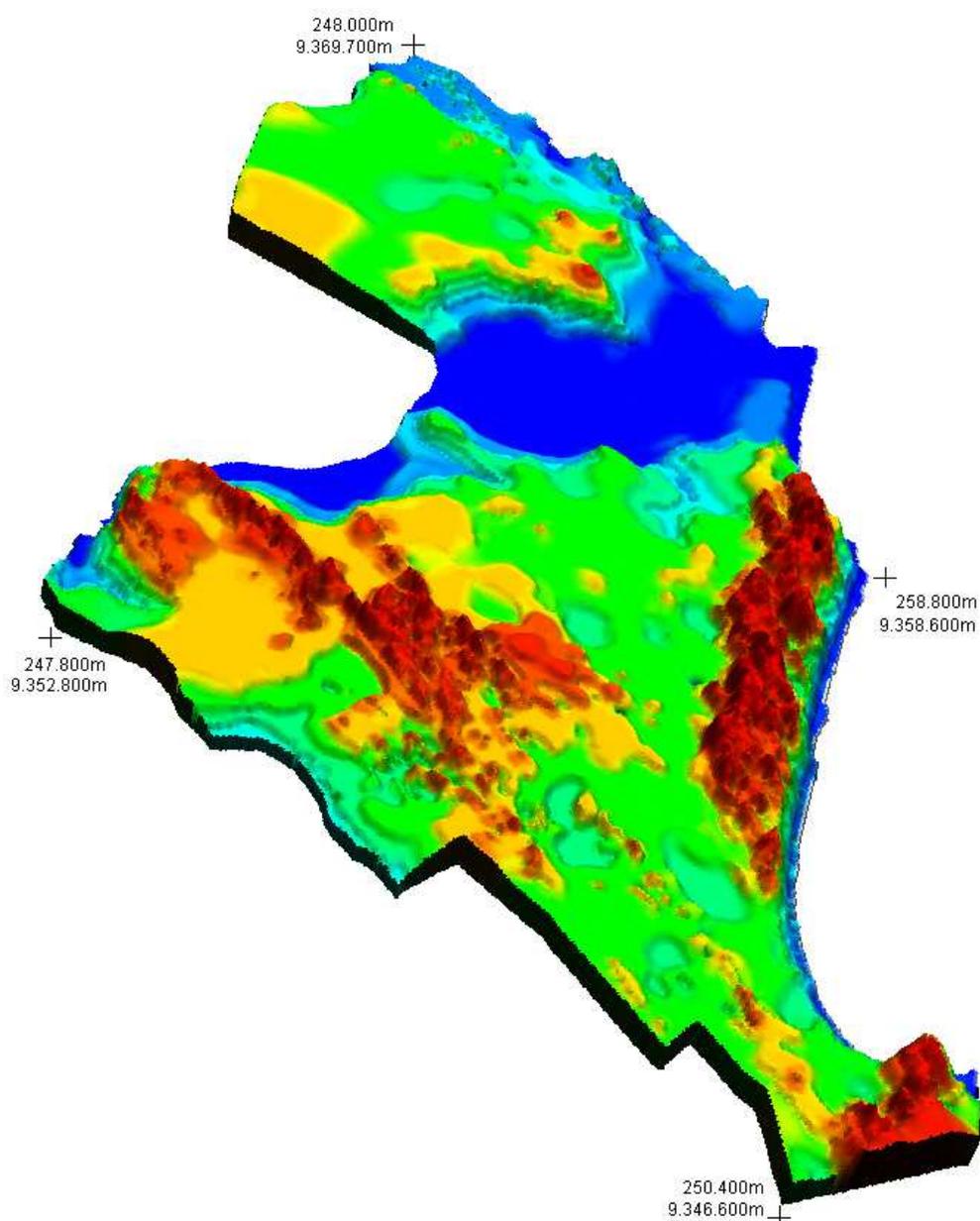


Figura 11 – Modelo Digital de Terreno do município de Natal.



Fonte de dados: Jesus, 2002.  
Elaboração: Frederico Fonseca, 2003.

**Figura 12** – Modelo Digital de Terreno em representação de 3D do município de Natal.

#### 4.4.3 Pedologia.

Os constituintes pedológicos do município de Natal se caracterizam por apresentar uma certa homogeneidade, principalmente no que se refere a sua gênese e datação histórica, todos provenientes do Cenozóico.

Pode-se encontrar na área de estudo solos do tipo: Latossolo Amarelo, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos, Associação de Neossolos quartzarênicos com flúvicos e Associação de neossolos quartzarênicos com gleissolos. Os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos apresentam maiores semelhanças, pois são solos profundos, altamente dissecados, com alta porosidade, alto índice de infiltração, bastante intemperizados de fertilidade natural baixa, com pH abaixo de 6,0, portanto, ácidos, ocorrendo em tabuleiros com relevo plano (com exceção dos Neossolos Quartzarênicos) e friáveis.

Os Neossolos Flúvicos e os Gleissolos são também profundos, ocorrendo em porções de topografia plana e baixa, geralmente em planícies de inundação dos rios e estuários, possuindo baixa porosidade pelo agregado argiloso, altamente orgânicos (principalmente os Gleissolos), com alta fertilidade natural e com tonalidades escuras, proveniente do acúmulo de matéria orgânica.

##### - Neossolos Flúvicos.

Comumente chamados de aluviões, estão presentes na área de estudo nas planícies de inundação do rio Pitimbu, não sendo bastante representativos, mas com coloração acinzentada a esbranquiçada com uma granulometria fina a média e com razoável presença de nutrientes orgânicos. Podem ser classificados como “depósitos detríticos recentes, de natureza fluvial, lacustre, marinho, glacial ou gravitacional, constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, transportados e depositados por corrente, sobre as planícies de inundação” (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1999).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) são solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si.

- Gleissolos.

Também conhecidos como sedimentos indiscriminados de mangue. São depósitos aluviais estuarinos. São formações sedimentares Cenozóicas ocorrendo em superfície, sendo “uma seqüência cretácica de arenitos na lapa e calcários na capa, repousando sobre o embasamento cristalino Pré-Cambriano regional” (SALIM; COUTINHO, 1973/74). São constituídos por areia média e fina e por argila siltica orgânica e alto teor de matéria orgânica. Este constituinte sedimentar somente é encontrado na área de estudo, na planície de inundação do estuário Potengi/Jundiaí.

- Latossolos Amarelos.

Encontram-se principalmente nas áreas dos tabuleiros, nas porções de topografia mais elevada e plana. São solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, com avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, gerados por energias transformadoras no material constitutivo, sendo destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, variando de fortemente a bem drenados, muito profundos, com matiz mais amarelada pela menor ausência de óxidos e hidróxidos de ferro, fortemente ácidos, geralmente distróficos com exceção de algumas áreas com maior teor de matéria orgânica.

- Neossolos Quartzarênicos.

Ocorrem em grandes porções da área de estudo, sendo os solos constituintes das neodunas e paleodunas. Têm na sua composição, grãos de quartzo, com solo profundo, pobre em matéria orgânica e com horizonte A pouco desenvolvido, ocorrendo em topografias planas e suavemente onduladas, apresentando uma vegetação de porte arbóreo-arbustivo ou em campos de restinga.

Em Natal são muito importantes, pois são responsáveis pela percolação das águas pluviais para a recarga dos lençóis livre e confinado, servindo com filtradores naturais dessas águas. Quase que predominantemente, são os solos constituintes das áreas ambientalmente mais protegidas da cidade (ZPAs – Zonas de Proteção Ambiental).

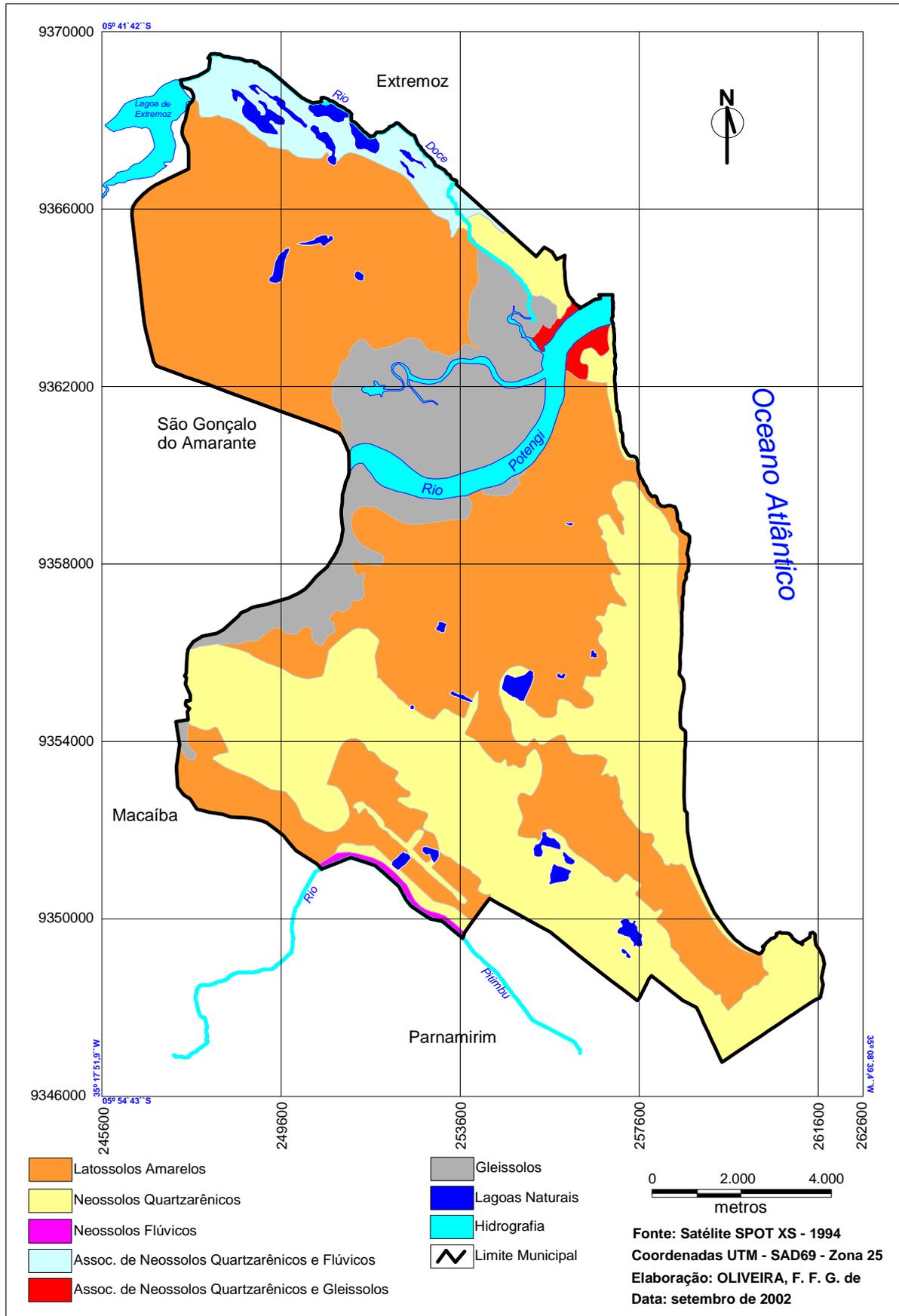


Figura 13 – Mapa Foto-Pedológico Preliminar do município de Natal.

#### 4.4.4 Climatologia.

A área estudada tem características climáticas ligadas a sua posição geográfica, pois está submetida às baixas latitudes, com fortes influências de massas tropicais, ocasionando uma sazonalidade a sua precipitação. É muito fortemente influenciada pelos sistemas de circulação atmosférica e correntes perturbadoras da ZCIT (Zona de Convergência Inter-Tropical) nos meses de fevereiro a maio; perturbações ou ondas de leste<sup>7</sup> que atuam nos meses de maio a agosto; os sistemas de brisa e as frentes frias, estas duas últimas atuando muitas vezes juntamente com algum dos dois primeiros sistemas meteorológicos citados.

Segundo Köppen, a cidade de Natal apresenta um clima tropical, quente e úmido, do tipo As', tendo estação seca no verão e outono-inverno. Ainda segundo a classificação climática de Gaussen, a mesma região enquadra-se no tipo 3cTh, definido como um bioclima mediterrâneo quente ou nordestino de seca atenuada, com 3 a 4 meses secos e índice xerotérmico moderado, entre 40 e 10.

#### - Precipitação.

As precipitações são irregulares, com uma média anual no período mais chuvoso de 1.648mm, tendo o ano de 1973 como o mais chuvoso, com 3.510,9mm, onde somente no mês de abril ocorreu uma precipitação de 907,60mm. O período anual de menor precipitação levantado na cidade, data de 1951 com uma precipitação de somente 530,1mm. Mais recentemente, observa-se que o ano de 1998 se caracterizou por ser um ano atípico, ocorrendo uma precipitação de 792mm somente no mês de julho, chovendo 388mm apenas nos dias 28,29 e 30 trazendo uma série de problemas à cidade com várias ocorrências de inundações em áreas de baixa topografia. A tabela e a figura a seguir mostram, no intervalo de dez anos (1992-2002), uma maior concentração de chuvas nos meses de março a julho com a ocorrência de um pequeno veranico, geralmente no mês de maio, e uma maior precipitação concentrada (acima de 500mm) em alguns casos nos meses de junho e julho como se pode observar destacado em azul. A região onde está inserida a área de estudo se caracteriza por ser a de maior ocorrência de precipitação do estado, passando muitas vezes a atingir mais de 2.000mm anuais.

---

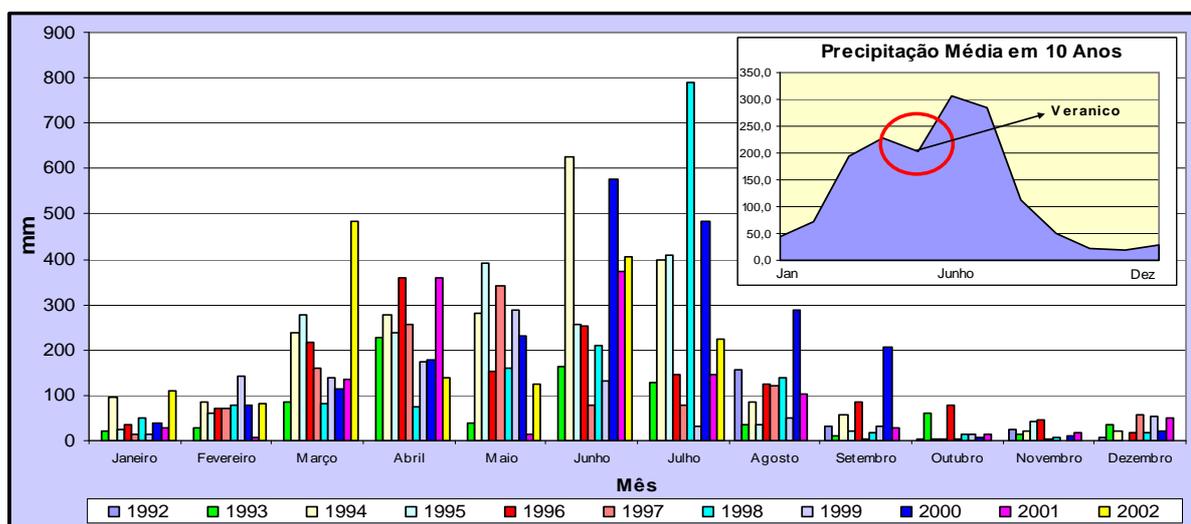
<sup>7</sup> Ondas de Leste: "Expressão utilizada pelos meteorologistas para designar as verdadeiras 'ondas' que se formam na atmosfera ao longo da faixa tropical do atlântico, deslocando-se de leste para oeste, alcançando o litoral nordestino e penetrando sobre o continente, indo a atingir a chamada Zona da Mata e os agrestes mais próximos da faixa úmida, principalmente no período que vai de abril a julho. Essa 'ondas' provocam chuvas intensas em geral acompanhadas por ventos fortes, relâmpagos e trovões". (REIS; LACERDA; MOURA, 1996).

Tabela 4

Parâmetros de Precipitações em Natal em mm (agosto de 1992 a julho de 2002).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Média Mensal
Janeiro	-	21,6	94,5	24,6	37,0	13,3	49,2	12,6	40,0	30,1	108,9	43,2
Fevereiro	-	29,4	86,2	60,6	69,7	72,8	78,3	143,8	79,9	6,8	82,3	71,0
Março	-	84,8	237,0	278,0	216,2	159,6	81,4	139,2	114,9	133,8	483,1	192,8
Abril	-	227,8	275,7	237,4	359,5	256,2	74,7	175,8	177,4	360,2	137,7	228,2
Maio	-	39,9	279,7	392,3	154,6	340,0	161,7	289,5	230,0	14,4	122,9	202,5
Junho	-	164,9	624,9	254,4	251,4	77,7	210,0	131,5	577,2	373,4	405,6	307,1
Julho	-	129,6	399,6	408,3	145,8	79,8	789,0	31,1	482,3	145,2	225,2	283,6
Agosto	157,7	35,8	84,6	34,8	125,4	121,3	138,7	49,8	288,8	103,2	-	114,0
Setembro	32,1	10,9	57,3	21,6	86,7	5,1	19,0	32,6	205,1	28,4	-	49,9
Outubro	4,0	61,9	4,5	4,2	78,4	3,0	13,7	14,2	8,7	13,7	-	20,6
Novembro	26,2	15,5	20,4	41,3	45,1	2,7	8,5	1,4	12,1	17,1	-	19,0
Dezembro	6,4	36,9	19,9	0,4	17,2	55,8	17,0	53,8	23,0	50,2	-	28,1
<b>Total Anual</b>	<b>226,4</b>	<b>859,0</b>	<b>2184,3</b>	<b>1757,9</b>	<b>1587,0</b>	<b>1187,3</b>	<b>1641,2</b>	<b>1075,3</b>	<b>2239,4</b>	<b>1276,5</b>	<b>1.565,7</b>	

Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.

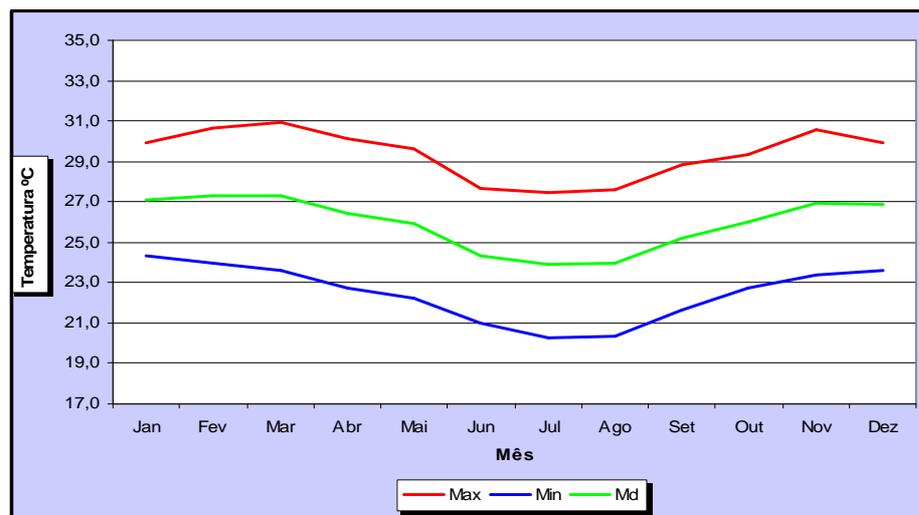


Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.

Figura 14 – Concentração máxima de precipitações mensais nos meses de março a julho.

### - Temperatura.

As temperaturas são elevadas, tendo médias anuais entre 24 e 27°C, apresentando como meses mais quentes, os de fevereiro, março e novembro e o mais frio, o de julho. A variação térmica diária na cidade pode ser influenciada pela atuação de sistemas meteorológicos *El Niño* e *La Niña*. Sobre este fato Bristot; Pinheiro (2000) mostram as suas influências relatando que a análise da variação da temperatura máxima mensal em Natal apresentou um acréscimo de até 1,7 °C em seus valores para os meses de verão no período de atuação do *El Niño*. Para os anos de *La Niña*, a temperatura máxima mensal praticamente não apresentou alterações significativas. Observar figura 15, a seguir.



Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.

**Figura 15** – Representação das médias mensais das temperaturas em 10 anos (agosto de 1992 a julho de 2002). Notam-se os picos de alta temperatura nos meses março e novembro. O gráfico mostra o paralelismo das temperaturas médias e suas respectivas sazonalidades térmicas, dando-lhe uma feição sinuosa e constante.

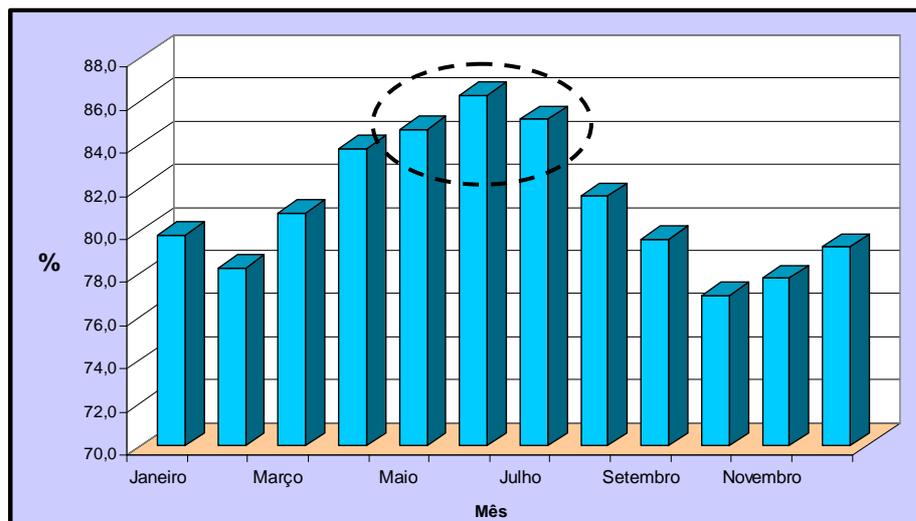
**- Umidade Relativa do Ar.**

A umidade relativa do ar está diretamente relacionada com a precipitação pluviométrica e na área de estudo fica em torno de 81%, chegando a 93% como nos meses de junho e julho de 2000, ano este, caracterizado por um forte teor de umidade. A área de estudo está inserida numa região com forte influência de massas de ar úmidas vindas do Oceano Atlântico, trazendo consigo uma grande homogeneidade e estabilidade em seus valores. Observar tabela e figura a seguir.

**Tabela 5**  
Parâmetro de Umidade Relativa do Ar em Natal em % (agosto de 1992 a julho de 2002).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Média Mensal
Janeiro	-	75,3	80,3	78,5	78,5	78,8	82,9	76,8	87	79,3	80,3	<b>79,8</b>
Fevereiro	-	72,6	77,3	75,7	75,6	77,9	81,4	77,4	88	77,7	78,7	<b>78,2</b>
Março	-	74,9	83,3	79,4	79,4	81,5	80,9	78,6	89	78,9	81,9	<b>80,8</b>
Abril	-	83,1	83,6	84,6	84,9	81,7	83,1	79,6	91	83,4	82,7	<b>83,8</b>
Mai	-	85	85	86,6	86,8	86,1	83,4	81,8	91	79,2	81,7	<b>84,7</b>
Junho	-	88,6	92	86,2	86,2	83	84,5	79,2	93	86,3	83,5	<b>86,3</b>
Julho	-	85,1	85,5	86,8	86,8	81,5	86,8	77,9	93	84,8	83,4	<b>85,2</b>
Agosto	82,8	79,7	80,7	78,7	76,3	82,7	83,4	78	91	82,3	-	<b>81,6</b>
Setembro	74,9	77,7	80,3	78,7	78,6	77,8	77,7	81,8	89	79,3	-	<b>79,6</b>
Outubro	71,8	78,6	73,9	74,4	74,4	78,4	75,7	82,4	86	74	-	<b>77,0</b>
Novembro	72,6	80,1	72,5	76,9	77,1	82	75,8	81,5	86	73,1	-	<b>77,8</b>
Dezembro		86,6	79,4	74,2	74,2	81,3	75,3	86		76,9	-	<b>79,2</b>
<b>Média Anual</b>	<b>75,5</b>	<b>80,6</b>	<b>81,2</b>	<b>80,1</b>	<b>79,9</b>	<b>81,1</b>	<b>80,9</b>	<b>80,1</b>	<b>89,5</b>	<b>79,6</b>	<b>81,7</b>	

Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.



**Fonte:** Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.

**Figura 16** – Destaque para a maior umidade em valores médios mensais no intervalo de 10 anos (agosto de 1992 a julho de 2002). Por este gráfico nota-se que as maiores porcentagens de umidade na cidade têm relação com os períodos de maior precipitação pluviométrica.

#### - Ventos.

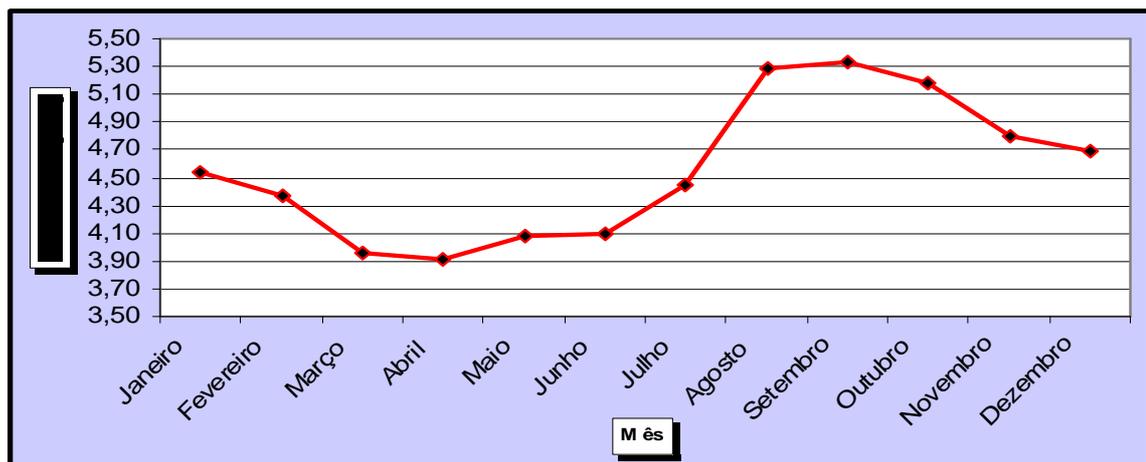
“Os ventos predominantes são os alísios com direção SE-NW, responsável pela estação chuvosa de março a julho, seguidos dos ventos sul que proporcionam os meses estivais” (NUNES, 1996). A média da velocidade anual dos ventos é em torno de 4,56m/s, tendo como meses mais intensos os compreendidos entre agosto e novembro e os menos intensos os meses de abril a julho. Observar a tabela 6, a figura 17, e o quadro 1 a seguir.

A forte incidência dos ventos a partir do mês de agosto coincide com os períodos de maior estiagem e maior insolação acarretando uma menor estabilização e compactação do solo e sedimentos em relação aos movimentos erosionais eólicos, principalmente quando remete-se aos movimentos/transporte de areias de dunas na cidade com o ressecamento de sua superfície. Este fator bastante significativo traz constantes problemas ambientais à cidade.

**Tabela 6**Parâmetro de Velocidades Médias dos Ventos em Natal em **m/s** (agosto de 1992 a julho de 2002).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Média Mensal
Janeiro	-	5,36	4,09	4,55	4,67	4,53	4,11	4,7	4,1	5,6	3,7	<b>4,54</b>
Fevereiro	-	5,22	4,3	3,77	4,21	4,79	4,58	4,7	3,7	4	4,4	<b>4,37</b>
Março	-	5,16	3,15	3,67	2,88	3,86	4,56	4,2	4,4	4,02	3,7	<b>3,96</b>
Abril	-	4,77	3,42	3,26	2,88	3,63	4,94	4,6	3,7	4,06	3,8	<b>3,91</b>
Maio	-	5	3,88	3,09	4,24	4	4,67	3,9	4,1	4,16	3,8	<b>4,08</b>
Junho	-	6,06	2,92	4,02	4,38	3,65	4,52	4,4	4	3,77	3,2	<b>4,09</b>
Julho	-	4,93	5,45	3,85	4,8	4,51	4,31	4,8	3,7	4,39	3,8	<b>4,45</b>
Agosto	5	5,29	7,63	5,44	4,79	4,81	4,85	5,1	4,6	5,28	-	<b>5,28</b>
Setembro	5,37	5,32	6,04	5,51	5,36	4,85	5,59	5,2	4,9	5,12	-	<b>5,33</b>
Outubro	5,38	5,88	5,77	5,26	5,11	4,57	5,35	4,4	5,4	4,72	-	<b>5,18</b>
Novembro	5,1	5,72	5,43	4,66	4,41	4,72	4,36	4,5	4,5	4,58	-	<b>4,80</b>
Dezembro	5,14	5,37	4,94	4,41	4,52	4,23	4,57	4,3	4,7	4,73	-	<b>4,69</b>
<b>Média Anual</b>	<b>5,2</b>	<b>5,34</b>	<b>4,75</b>	<b>4,29</b>	<b>4,35</b>	<b>4,35</b>	<b>4,70</b>	<b>4,57</b>	<b>4,32</b>	<b>4,54</b>	<b>3,77</b>	

Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.



Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN em 2002 e tabulados pelo autor.

**Figura 17** – Velocidade média mensal dos ventos (agosto de 1992 a julho de 2002).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Maior Incidência Mensal
Janeiro	-	SE	SE	E	S	W	E	E	E	SE	SE	SE
Fevereiro	-	SE	SE	SE	E	SE	SE	E	SE	SE	SE	SE
Março	-	SE	E	SE	E	SE	SE	E	E	SE	SE	SE
Abril	-	SE	SE	S	S	SE						
Maio	-	SE	SE	S	S	SE						
Junho	-	SE	SE	S	S	SE						
Julho	-	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Agosto	S – E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	-	SE
Setembro	SE	SE	SE	S	SE	SE	E	SE	SE	SE	-	SE
Outubro	SE	E	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	-	SE
Novembro	SE	E	SE	E	SE	E	E	SE	SE	SE	-	SE
Dezembro	SE	E	E	E	SE	E	E	SE	E	SE	-	SE
<b>Maior Incidência Anual</b>	<b>SE</b>	<b>SE</b>	<b>SE</b>	<b>E SE S</b>	<b>SE</b>							

Fonte: Estação Climatológica/UFRN – Dados cedidos pela EMPARN, 2002 e tabulados pelo autor.

**Quadro 1** – Parâmetros de Direção dos Ventos em Natal (agosto de 1992 a julho de 2002).

#### - Evaporação e Insolação.

A cidade apresenta um alto índice de evaporação e insolação apresentando os meses de outubro a janeiro como os de maior índice. Esses parâmetros têm relação com a chegada do período de verão onde são maiores os períodos secos. A insolação média mensal gira em torno de 2.900 horas e a evaporação fica em torno de 2.000 milímetros.

A tabela 7, a seguir, demonstra com mais clareza alguns parâmetros climáticos relacionadas às médias do período de 1961 a 1990, do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

**Tabela 7**

Parâmetros climáticos de evaporação e insolação média do período de 1961 a 1990 (INMET, 1998).

Meses	Evaporação Mensal (mm)	Insolação Mensal (hs)
Janeiro	208.4	272.1
Fevereiro	179.2	228.9
Março	157.2	219.8
Abril	118.4	191.5
Maio	127.9	212.6
Junho	115.7	204.7
Julho	128.7	210.9
Agosto	160.4	239.7
Setembro	181.1	256.2
Outubro	226.1	295.4
Novembro	220.6	293.4
Dezembro	217.4	282.6
<b>Total Anual</b>	<b>2.041,1</b>	<b>2.907,7</b>

Fonte: Adaptado de Ramalho, 1999, p. 114.

#### 4.4.5 Recursos Hídricos.

##### 4.4.5.1 Águas Superficiais.

Os constituintes hídricos superficiais da área de estudo estão classificados de acordo com sua morfologia e gênese, adotando parâmetros diferenciados para cada um. As águas superficiais encontradas na área de estudo fazem parte de dois sistemas: sistema fluvial e sistema lacustre (observar figura 18). Pela área de estudo estar inserida em um sistema aberto e não isolado, existe uma profunda inter-relação destes sistemas hídricos, contudo, pretende-se aqui, fazer uma tentativa de compartimentação destes.

#### - Sistema Fluvial

A hidrografia fluvial está representada pelas bacias do rio Potengi (Estuário dos rios Potengi/Jundiaí e riachos da Prata/Guarapes, Quintas e Baldo), rio Pirangi (rio Pitimbu) e rio Doce. Na área de estudo os rios são perenes, fato este atribuído ao alto índice pluviométrico, aliado às águas subterrâneas afloradas pelo capeamento Dunas/Barreiras presentes na região.

Segundo a Secretaria dos Recursos Hídricos do RN (2001), a bacia do rio Potengi possui uma superfície de 4.093Km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 7,7% do território estadual, banhando 7 municípios a partir de sua cabeceira (município de Cerro-Corá – Serra de Santana) até a sua embocadura (município de Natal).

Segundo Costa; Salim (1972), falhamentos normais paralelos de direção N55°E são responsáveis pela formação do “Graben Natal”, onde se encontra o estuário Potengi/Jundiaí. Este fato possibilitou a penetração da maré em uma distância de aproximadamente 21km a montante da foz, chegando à cidade de Macaíba, limite oeste com a cidade de Natal. Dessa bacia, o município de Natal e sua área urbana integram somente o baixo curso com uma extensão de 15.700 metros a partir do rio Jundiaí e 10.730 metros a partir do rio Potengi, onde há predominância de uma drenagem paralela na planície flúvio-marinha do estuário do Potengi-Jundiaí. O rio Jundiaí é seu principal contribuinte da margem direita, tendo como secundários, os riachos da Prata/Guarapes, das Quintas e do Baldo.

O rio Doce, contribuinte da margem esquerda, é mais extenso que os demais da margem direita. Segundo dados da Secretaria dos Recursos Hídricos do RN (*op cit.*), possui uma superfície de 387,8 Km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 0,7% do território estadual, tendo

uma vazão média (com dados coletados de 1936 a 1989) de 4,70m<sup>3</sup>/s. Contudo, Cunha (1982) ressalta que apresenta uma descarga durante a maior parte do ano em torno de 2m<sup>3</sup>/s. Suas águas percorrem uma extensão de 11km no sentido NW-SE, associadas a diversas lagoas (Pajuçara, Dendê, Sapo e Guamoré), no bairro de Lagoa Azul. São formadas pelas águas da Lagoa de Extremoz e pela ressurgência do aquífero aluvião Dunas/Barreiras até o seu encontro com a planície flúvio-marinha do estuário do Potengi/Jundiá.

A bacia do Pirangi ocupa uma superfície de 458,9km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 0,9% do território estadual de acordo com a Secretaria dos Recursos Hídricos do RN, 2001. Esta se apresenta como uma das mais importantes para o abastecimento de água do município de Natal, pois suas águas, principalmente as do rio Pitimbu, contribuem para abastecer a lagoa do Jiqui, principal fornecedor lacustre de água para as regiões sul, leste e oeste de Natal, com cerca de 30% do abastecimento total, e os outros 70% restantes vêm de sistemas de poços perfurados. É constituída pelos rios Pitimbu, Pium, riacho Taborda e lagoa do Jiqui, convergindo em um rio principal denominado Pirangi. Contudo, somente o rio Pitimbu margeia a área de estudo, possuindo neste trecho uma extensão de 3.940 metros em sua margem esquerda, entre a ferrovia Ramal-Macau e a BR-101, localização esta, da ZPA 03 (Zona de Proteção Ambiental). Esta faixa caracteriza-se como um terraço fluvial, entulhado por sedimentos provenientes dos processos de acumulação fluvial em toda a bacia. Apresenta um padrão de drenagem paralela com direção NW-SE, sendo abastecido pelas águas a montante e pelo escoamento oriundo da percolação do lençol freático das dunas adjacentes.

Em relação à sub-bacia do Pitimbu, Borges (2002) relata que o município de Natal contribui com 12,37 km<sup>2</sup> o que equivale a 10% da área total desta sub-bacia, destacando-se a ZPA-03, inserindo os bairros de Guarapes (3,10 km<sup>2</sup>), Cidade Nova (0,64 km<sup>2</sup>), Pitimbu (7,41 km<sup>2</sup>), Candelária (0,57 km<sup>2</sup>), Neópolis (0,57 km<sup>2</sup>) e Ponta Negra (0,07 km<sup>2</sup>).

#### - Sistema Lacustre (Lagoas Naturais)

Será tomada como base teórica deste item, o recente trabalho de Medeiros (2001) que pesquisa sobre a evolução geomorfológica, descaracterização e formas de uso das lagoas da cidade de Natal. Ressalta que as condições geomorfológicas de Natal permitem a formação de áreas alagadas em pontos mais baixos. Pode-se classificá-las em quatro unidades distintas: lagoas do Conjunto Habitacional Pirangi/Jiqui, lagoas associadas

ao sistema lagoinha, lagoas associadas ao sistema estuário Potengi/Jundiaí e lagoas associadas ao sistema rio Doce. Essas lagoas obedecem a um padrão geomorfológico comum nas feições dunares, onde a topografia é menos acentuada com pequenas planícies lacustres, vales interdunares, provenientes do afloramento do lençol freático dunar em nível de cotas altimétricas abaixo de 30m em média e com precipitações diretas. Estas unidades estão passando atualmente por um profundo processo de descaracterização proveniente da ocupação irregular de suas áreas por empreendimentos imobiliários privados e de infraestrutura implementada pelo poder público.

#### - Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso

Esta unidade hidrográfica abrange nove municípios litorâneos do estado (faixa oriental) e segundo dados da Secretaria dos Recursos Hídricos do RN (2001), “ocupa uma superfície total de 649,4km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 1,2% do território estadual, sendo constituída por oito sub-bacias independentes”. Duas destas sub-bacias estão inseridas na área de estudo, sendo a 16-4, agrupando as dunas da redinha, porção Norte da cidade e a 16-5 constituindo as dunas do setor leste de Natal, com 0,04 e 0,13% do território estadual, respectivamente. O escoamento difuso ocorre em sedimentos quaternários recentes e sub-recentes com relevos dunares e em pequenas faixas de tabuleiros. A relação com o escoamento de suas águas ocorre quando a capacidade precipitada é superior a percolada, conduzindo uma saturação de base e um posterior escoamento em pequenos filetes.

#### 4.4.5.2 Águas Subterrâneas.

##### - Aquífero Freático, Livre ou Dunar.

É associado ao Aquífero Dunas, pois o nível das águas está sujeito a ciclos sazonais, sendo alimentado diretamente pelas chuvas. Também se caracteriza por estar sob pressão atmosférica. Possui uma ótima capacidade de infiltração pela sua alta porosidade e também possui uma alta capacidade de afloramento freático pela zona capilar, quando ocorre a saturação na zona de água subterrânea. Este aquífero, pela sua estrutura física, apresenta a maior capacidade de contaminação de seu lençol, grave problema presente em Natal, causado pela inexistência de um sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário adequados.

#### - Aquífero Barreiras

Associado ao confinado, semi-confinado e semi-livre, apresentando características relacionadas à alta qualificação físico-química, por níveis argilosos intercalados, ocasionando o isolamento com o aquífero superior, determinando assim a qualidade da água dos poços artesianos nos aquíferos confinados e semi-confinados. Este aquífero é de fundamental importância para a cidade de Natal, pois é responsável por aproximadamente 70% (Regiões Administrativas Leste, Oeste e Sul) e 30% (Região Administrativa Norte) da água consumida em Natal.

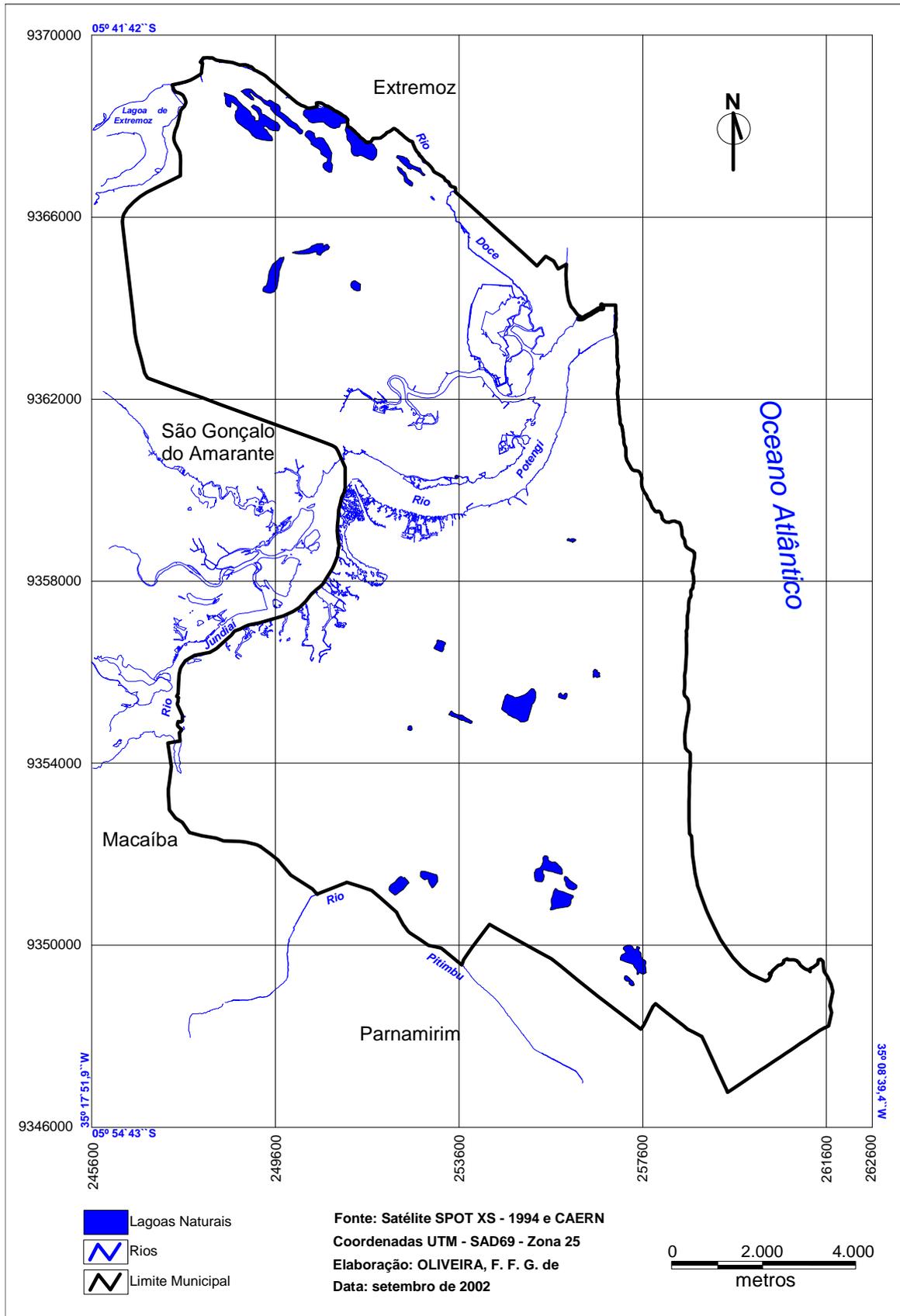


Figura 18 – Mapa Preliminar de Hidrografia do Município de Natal.



## 5 PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA E DINÂMICA POPULACIONAL EM NATAL COM APOIO DE GEOPROCESSAMENTO.

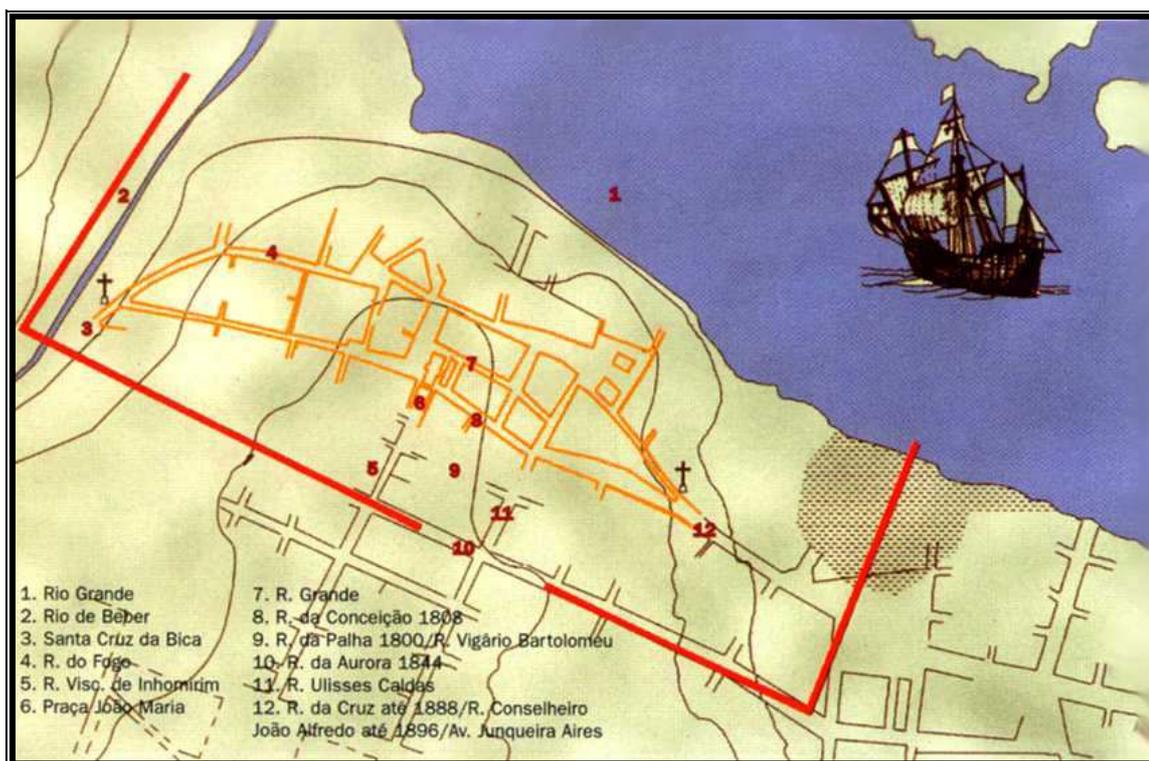
A ocupação territorial da capitania do Rio Grande se processou de forma bastante incipiente no século XVI, pois com a associação de franceses aos índios para o tráfico de pau-brasil no litoral, retardou em demasiado sua colonização por parte dos portugueses. No final deste século, em 1597, o reino português enviou para esta capitania uma esquadra com o objetivo de iniciar sua defesa pelo processo de povoamento e expulsão dos franceses. Para tal, “preconizavam a construção de uma fortaleza e a fundação de uma povoação na foz do Rio Grande, em lugar conveniente, a fim de permitir aos colonizadores usufruírem melhores possibilidades econômicas da região e defendê-la da cobiça dos intrusos inimigos” (COSTA, 2000a). Com isso, Natal foi fundada em dezembro de 1599 e se tornou núcleo urbano de uma porção do litoral, que detinha funções estratégicas de defesa e centralização de mercadorias necessárias ao comércio metropolitano europeu.

A seguir, na primeira metade do século XVII, a capitania é palco de diversas batalhas por sua posse. Batalhas estas realizadas entre portugueses e holandeses, a fim de deter seu domínio territorial. O domínio holandês em terras brasileiras dura cerca de 20 anos, e, somente em 1654, a capitania é recuperada pelos portugueses, dando início a um novo contexto colonizador do território potiguar, mesmo sendo ainda bastante inexpressivo. Na verdade, desde o século XVI até o final do século XVIII, a ocupação do território potiguar se processou de maneira inerte, pois “a dependência econômica a que foi submetida à capitania, até as primeiras décadas do século XIX, tornou-se um fator significativo na limitação do seu crescimento: em termos administrativos dependia da capitania de Pernambuco, e enquanto comarca pertencia a Paraíba” (CUNHA, 1987), sendo alterada posteriormente no século XIX, uma vez que começam a ocorrer inúmeras transformações na colônia, pois o sistema colonial entra em fase de desintegração gerada pela independência do Brasil, pela abolição da escravatura, e pela abertura dos portos e em caráter local, pela reconquista da autonomia da capitania do Rio Grande.

Como efeito desses acontecimentos, ocorre uma ampliação das exportações do país, algumas cidades sofreram transformações significativas, grandes cidades foram surgindo e, aos poucos, se firmando como centros de distribuição de produtos, e em seguida, começaram a aparecer as primeiras indústrias básicas. (SELVA, 1988).

Mais a frente, no decorrer do século XIX a cidade dá sinais de uma alteração da espacialidade de faixa urbana, onde até então seu núcleo se restringia aos bairros da Ribeira e Cidade Alta e mais, periféricamente, existiam ainda os povoados das Rocas, Passo da Pátria e “ao sul da Cidade Alta, o Baldo, Barro Vermelho e, a sudoeste, Refoles (hoje Alecrim) e Quintas. Todas essas áreas se situavam fora do perímetro urbano e eram habitadas por pessoas que desenvolviam atividades agrícolas e pecuárias” (COSTA, 2000a). Segundo Miranda (1999),

...um primeiro mapa da população de Natal foi dirigido pelo Capitão-Mor José Francisco de Paula Cavalcanti de Albuquerque, datado de 31 de dezembro de 1805, e registrava 6.393 habitantes. Pela lei provincial nº 118, de 9 de novembro de 1844, são fixados os limites urbanos começam no baldo até a gamboa de João da Costinha, hoje praça Augusto Severo, e da margem direita do rio Grande à Estrada Nova ou rua da Alvorada, hoje avenida Rio Branco. (Observar figura 19).



Fonte: Miranda, 1999.

**Figura 19** – Limites urbanos de Natal em 1844 fixados pela lei provincial nº 118.

Neste período a cidade passa por uma fase de crescimento, tendo como base as atividades comerciais, a circulação e troca de mercadorias, como o algodão vindo do interior e o açúcar procedente dos vales dos rios no litoral oriental do estado, sem falar da

construção de uma melhor infra-estrutura (construção da estrada de ferro Natal – São José de Mipibu) para efetivação das transações comerciais da época.

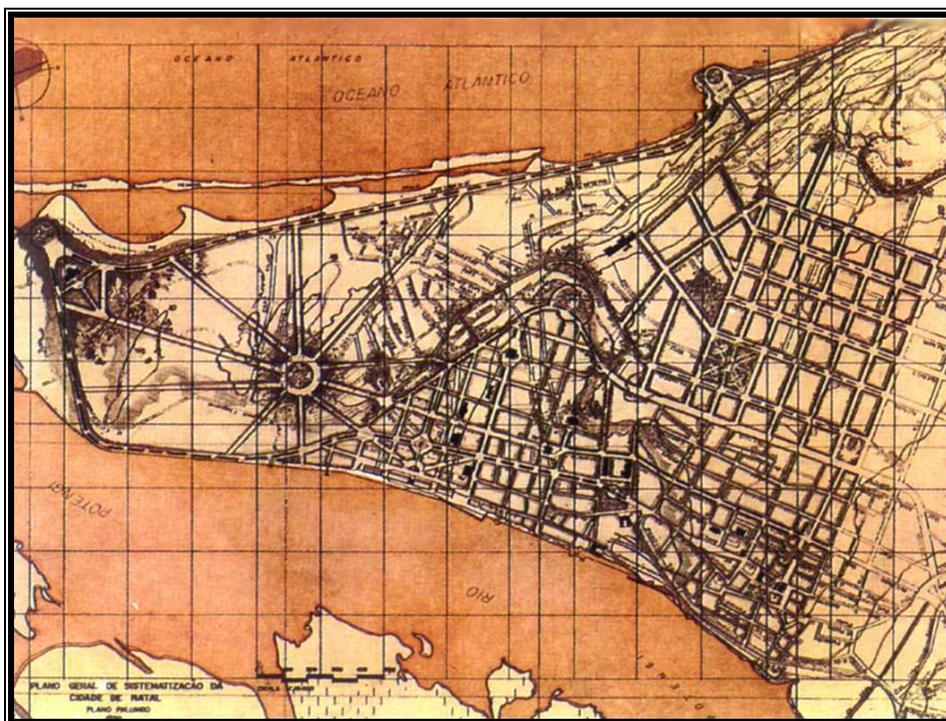
Com o desenvolvimento de um comércio mais dinâmico na cidade, os setores de prestação de serviço e infra-estrutura passam por um avanço quantitativo já na metade do século XIX, fazendo aparecer escolas de ensino primário, iluminação pública a querosene, em 1883, e abastecimento de água encanada, em 1882.

Este é o cenário de Natal, no começo do século XX, apresentava uma população ainda inexpressiva, com aproximadamente 16.056 habitantes e com um sítio urbano restrito a apenas dois bairros. A cidade, com trezentos anos de fundada, praticamente não havia despertado, por razões antes relatadas, para uma expansão territorial e, naturalmente para um crescimento populacional que justificasse as suas funções administrativas, comerciais e estratégicas. (COSTA, 2000a).

Já no início do século XX, nos anos de 1901 até 1904, a cidade sofre transformações em seu traçado urbano, influenciadas principalmente pelos investimentos públicos em equipamentos urbanos e de infra-estrutura como a ponte sobre o rio Potengi que interligou a cidade ao seu setor norte, composto somente por pequenas vilas e sítios. Nessa época é implementado o primeiro plano urbanístico conhecido como Plano da Cidade Nova (Master-Plan) ou Plano Polidrelli. Tem como característica a criação do novo bairro da cidade até então conhecido como Cidade Nova, hoje representando os bairros de Petrópolis e Tirol. Este plano possibilitou, no momento, uma ampliação planejada da cidade, aumentando sua fronteira com um traçado moderno em tabuleiro de xadrez em áreas de pequenos sítios e chácaras de famílias abastadas da cidade. Nesta época, a cidade possuía apenas quatro bairros (Cidade Alta, Ribeira, Cidade Nova e Alecrim).

No decorrer da década de 20, a cidade mantém quase que estagnada sua superfície territorial, mas com uma população que representava o dobro do início do século com 30.696 habitantes, devido a um intenso período de estiagem no interior do estado, trazendo à cidade uma grande leva de migrantes fugidos da seca. Essa população ocupava as áreas mais periféricas do centro planejado da cidade, principalmente as áreas das Rocas, Alecrim e chácaras que se desenvolviam nas margens de suas vias de circulação. Já no final da década, em 1929, é elaborado pelo então Prefeito Omar O'Grady, o Plano Geral de Sistematização de Natal, também conhecido como Plano Palumbo, que tinha como objetivo projetar em cinquenta anos o crescimento de Natal, tendo uma população estimada de cem mil habitantes, dando ênfase à rede viária e à articulação dos centros comerciais da Ribeira e Cidade Alta às outras áreas da cidade recém-criadas e de futura expansão,

objetivando o impedimento de um crescimento desordenado da cidade, fato este merecedor de destaque, pois pela primeira vez o poder público se preocupa e sistematiza um planejamento na cidade tendo por base uma futura expansão e seus problemas urbanísticos advindos (figura 20).



Fonte: Miranda, 1999.

**Figura 20** – Plano Geral de Sistematização de Natal – Plano Palumbo, 1929.

Contudo, o Plano Geral de Sistematização de Natal é pouco aplicado, pois com o advento da Revolução de 1930, novas instituições políticas são criadas, alterando substancialmente todo o ordenamento político, administrativo e econômico da cidade. Com isso, novas formas de pensar a cidade são postas e um projeto diferenciado de planejamento se manifesta, com o surgimento na cidade de instituições públicas, de infraestrutura e de estabelecimentos comerciais, alterando com isso o ordenamento urbano da cidade. Então, já em 1935 um novo plano urbanístico da cidade é contratado ao escritório Saturnino de Brito, tendo como maior destaque o planejamento e ordenamento do abastecimento de água, esgotamento sanitário e um anteprojeto de melhoria de infraestrutura urbana como criação de avenidas e praças públicas. Sobre este fato, Costa (2000a) ressalta que “somente após trezentos e trinta e nove anos de fundada, é que Natal passa a possuir todos os elementos urbanos que devem compor uma cidade como ruas, praças, bairros, abastecimento d’água, luz, escolas, transportes, serviços etc”.

Sob a égide deste plano urbanístico, já na década de 40, a cidade passa por substanciais alterações na sua paisagem, pois com o advento da Segunda Guerra Mundial, de 1939 a 1945 e devido a sua proximidade com o continente africano, Natal se torna um ponto estratégico das forças aliadas, sediando uma base aérea norte-americana que tinha como função servir de “trampolim” na rota de aviões militares para o norte da África, na cidade de Dakar. Com isso, novas bases de infra-estrutura foram construídas. Em 1940, 1941 e 1942 surgiu, respectivamente a Base Aérea, a Base Naval e, a estrada asfaltada que ligava a cidade à Base Aérea de *Parnamirim Field*, hoje localizada no município de Parnamirim. A Cidade passa a ser um novo centro de crescimento demográfico, pois servida de toda uma infra-estrutura instalada pelos norte-americanos e brasileiros, acaba atraindo novos habitantes para sua construção e pelo reordenamento do espaço urbano que possibilita o assentamento de famílias vindas principalmente do interior do estado.

Estima-se que cerca de dez mil militares norte-americanos passaram pela cidade. Essa cifra nos mostra o quanto foi modificada a dinâmica populacional da cidade. Ainda vinculado a este fato acrescenta-se o “intenso fluxo migratório de trabalhadores provenientes do interior do Rio Grande do Norte e de outros estados em busca de trabalho, em razão dos novos empreendimentos gerarem um aumento considerável de oferta de emprego” (COSTA, 2000a). Todo esse contingente populacional recém-chegado à cidade, provocou alterações profundas na sua dinâmica urbana trazendo um sensível crescimento na demanda do setor de serviços e de áreas de moradia.

É nesse contexto de crescimento demográfico e urbanístico que Natal, em 1942, apresenta uma expansão nos sentidos sul e sudeste, totalizando na cidade nove bairros: Cidade Alta, Ribeira, Petrópolis, Tirol, Alecrim, Rocas, Praia do Meio, Lagoa Seca e Areia Preta e os subúrbios de Carrasco e Quintas, onde muitos desses já enfrentavam problemas de infra-estrutura e, por conseguinte, ambientais, ocasionados pela sua superutilização populacional. Assim, “a demanda de habitações, a expansão do sistema viário, o desenvolvimento das atividades produtivas” (CUNHA, 1987), nesta época em Natal, faz com que o prefeito Silvio Pedroza, em 1947, promulgue a lei que delimita as zonas urbana e rural da cidade, a qual passa a ter onze bairros.

Os problemas gerados neste período também foram verificados no desenrolar da década de 50, pois as políticas públicas desenvolvimentistas implementadas pelo poder público nas três esferas, agravavam ainda mais o inchaço e a urbanização da população brasileira e do estado.

A década de 60 marca o começo de uma nova fase para a urbanização de Natal, pois a cidade deixa de ser incipiente, ou seja, restrita a um pequeno comércio e às suas funções administrativas, para entrar no contexto urbano do país, uma vez que ocorre, a partir de então, uma expansão urbana bastante acentuada, tendo como suporte o crescimento das atividades já existentes, a política de desenvolvimento regional de caráter urbano-industrial, além de outras políticas voltadas para o urbano no Brasil que se refletem em Natal, a partir de 1960. (SELVA, 1988).

Na Região Nordeste essa fase se traduz em um grande movimento de migração populacional das áreas mais pobres do sertão para as capitais dos seus estados e para os grandes centros industrializados do país como São Paulo e Rio de Janeiro, provocando com isso, uma gama de problemas de cunho sócio-ambiental como a ampliação e criação de favelas, ausência de infra-estrutura básica como abastecimento de água encanada, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, energia elétrica, transporte e outros, além da ausência dos setores de serviços como saúde e educação públicas.

Verifica-se que principalmente a partir da década de 60, com o advento do Golpe Militar de 1964, as forças produtivas do país se mostram bastante presentes no setor industrial, abordando novamente um discurso desenvolvimentista e de um falso eldorado econômico, acarretando com isso, uma migração bastante considerável de uma população ávida por trabalho e por uma sustentação própria nas regiões mais industrializadas e urbanizadas. Esta dinâmica também se processou no estado do Rio Grande do Norte, uma vez que, com a criação da SUDENE, foram implementadas políticas de desenvolvimento regional de caráter urbano-industrial e que acabavam por fixar muito pouco o homem ao campo.

As políticas públicas implementadas pelos órgãos governamentais privilegiavam um crescimento vertiginoso da malha urbana de Natal, promovendo através da criação do BNH (Banco Nacional de Habitação) em nível federal e com a incorporação da Fundação de Habitação Popular (FUNDHAP) a COHAB-RN (Companhia de Habitação Popular do Rio Grande do Norte), à implementação de programas habitacionais no país e muito fortemente em Natal. É nessa conjuntura de espacialização da mancha urbana em Natal, que em 1968 é publicado o Plano Urbanístico e de Desenvolvimento de Natal, também conhecido como Plano Serete que “foi desenvolvido com base na compreensão de que a intervenção urbanística podia ser utilizada como estratégia de desenvolvimento para o município de Natal” (ATAÍDE, 1997). Ainda sobre o Plano Serete, Rolnik, *apud* Ataíde (1997), relata que

...o reconhecimento de que o crescimento do fluxo migratório, iniciado no período da II Guerra, acarretava problemas para a cidade, que só a

intervenção do estado poderia resolver e em face do aumento da população, o mercado de trabalho encontrava-se saturado. Por isso, o Plano Serete se propunha a desencadear uma ação conseqüente, ao longo do tempo, capaz de assegurar à cidade uma trajetória de progresso sem descontinuidade.

Com o desenvolvimento dos programas habitacionais, a expansão urbana natalense se direciona para os eixos periféricos norte, sul e oeste, como os conjuntos habitacionais Cidade da Esperança, Cidade Satélite, Ponta Negra e Pajuçara, hoje, bairros homônimos, com exceção de Cidade Satélite que faz parte do bairro de Pitimbu. A política de construção desses conjuntos habitacionais na cidade se consolidou principalmente a partir da segunda metade da década de 70. Contudo, “o programa habitacional que foi desenvolvido em Natal, não significou a solução da questão da moradia, pois em 1970 a população favelada da cidade que era estimada em cerca de 20.000 habitantes, em 1979, atingiu a cifra de 50.000” (CUNHA, 1987).

Assim sendo, é a partir de 1975 que ocorre de forma mais clara, as transformações do espaço urbano de Natal como conseqüência da política de habitação e programas de investimentos urbanos para obras de infraestrutura empreendidas pelo poder público. A política de habitação pública viabilizou a construção de um número considerável de imóveis por toda a cidade, resultando numa expansão acentuada do espaço da cidade e contribuindo para uma transformação radical da sua paisagem urbana. (COSTA, 2000a).

Essa expansão urbana implementada na cidade principalmente por financiamentos liberados pela COHAB-RN para a população de baixa renda e pelo Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais – INOCOOP/RN e Caixa Econômica Federal – CEF para população de média e alta renda, modifica substancialmente a sua paisagem urbana, forçando o poder público a rever as normas urbanísticas implementadas pelo então vigente Plano Serete. Com isso, foi elaborado o novo Plano Diretor do Município de Natal em 1974 que tinha como prioridade “as indicações da estrutura viária e a divisão das áreas do município através de uma proposta de zoneamento que definia a predominância de usos e funções urbanas, não havendo qualquer detalhamento dos regimes urbanísticos” (ATAÍDE, 1997).

Outro fato que merece um destaque como fator desencadeador da expansão demográfica e urbana de Natal, é a intensificação das atividades industriais com a implantação do Distrito Industrial de Natal, na segunda metade da década de 70, na zona norte da cidade, fato este que favoreceu a expansão urbana naquela área, principalmente por conjuntos habitacionais, trazendo consigo, vários problemas no que tange à infra-

estrutura básica como abastecimento de água, luz, saneamento e transportes, e ao meio natural local com grandes desmatamentos e ocupações irregulares em áreas de fragilidade ambiental, como dunas e depressões lacustres. O desenvolvimento desse setor industrial aliado ao crescimento dos setores de prestação de serviços como saúde, educação, lazer e comércio, agravava e acelerava ainda mais o crescimento populacional da cidade, pois são grandes geradores de mão-de-obra que era em grande número de migrantes vindos do interior do estado.

Na década de 80, o aparecimento da atividade turística e

...as 'novas' demandas de serviços consolidam o processo de expansão urbana da cidade, a economia da cidade é marcada, no final da década de 80, pelo 'boom' turístico, com a construção de uma boa rede hoteleira e com grandes investimentos voltados para o setor, contribuindo, dessa forma, para dinamizar ainda mais a construção civil e a valorização imobiliária, além de intensificar o fluxo migratório para a cidade, em busca dos diversos tipos de emprego que a nova atividade passou a oferecer. (COSTA, 2000a).

Nesse período foi elaborado, em 1984, o Plano Diretor de Organização Físico-Territorial do Município de Natal, com o objetivo de desenvolver e propiciar uma relação harmônica com o acentuado crescimento urbano e a melhoria da qualidade de vida da comunidade. Para tal, estabelece zoneamentos funcionais da cidade que se inserem em três áreas distintas: área de preservação rigorosa; área de expansão e área urbana. Nesta fase os bairros que mais sofrem avanço do espaço construído são os de Ponta Negra, Neópolis e Pitimbu na zona sul; Guarapes na zona oeste e Nossa Senhora da Apresentação, Lagoa Azul e Pajuçara na zona norte da cidade.

Todo esse processo ainda se desenvolve de forma bastante intensa na última década, chegando a extrapolar limites municipais como é o caso nos municípios de Extremoz e São Gonçalo do Amarante na zona norte e Parnamirim na zona sul da cidade, pois os solos livres pouco existem na cidade e sua expansão atinge os municípios limítrofes de Natal. Isso traz à tona uma variedade de problemas à população e à paisagem natural, pois a carência de infra-estrutura pressiona em demasiado os recursos naturais da cidade chegando a alterar seu equilíbrio natural, gerando assim, uma gradativa e irreversível perda da qualidade de vida à população.

### 5.1 Análise Espaço-Temporal da Expansão da Mancha Urbana em Natal (1969-2002).

Os problemas ambientais verificados na cidade são quase que em sua totalidade frutos de uma expansão de sua mancha urbanizada sem planejamento, alterando, desta forma, a paisagem natural. Esse processo produz um espaço construído, trazendo consigo todos os problemas a um ambiente até então pouco modificado ou sem nenhuma presença de urbanização.

Principalmente a partir da década de 70, através de incentivos por financiamentos e por políticas públicas, a mancha urbana em Natal sofre um considerável aumento, principalmente pela implantação dos conjuntos habitacionais horizontais. Estes direcionam o crescimento da cidade para as áreas de sensível fragilidade ambiental, como dunas e lagoas naturais. Destarte, pode-se levantar uma relação intrínseca entre expansão urbana e impactos ambientais na cidade.

A proposta deste capítulo é mostrar de forma cartográfica a evolução da expansão da mancha urbanizada em Natal, desde o ano de 1969 até o ano de 2002 como subsídio para o entendimento dos impactos ambientais gerados por esse processo. Para isso, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, através de interpretação de dados cartográficos gerados a partir de produtos de sensoriamento remoto (aéreo e orbital) e por posterior restituição cartográfica.

Foram utilizados dados multitemporais referentes aos anos de 1969, 1988, 1994 e 2002, dos quais, 1969 e 1988 foram obtidos de forma analógica e posteriormente digitalizados, ao contrário das bases de 1994 e 2002 que foram obtidas em formato digital. Após a restituição das bases, foram criadas quatro cartas de mancha urbana que representam a delimitação de sua mancha no momento do sobrevôo aéreo ou da passagem do satélite. Posteriormente, foi feita uma superposição das quatro cartas para a construção da Carta de Expansão Urbana de Natal.

No levantamento da mancha urbana da cidade em 1969, tomou-se como base a Carta da DSG/SUDENE, Folha SB.25-V-C-V – Natal, em escala de 1:100.000 baseada em cobertura aérea de 1969. Esta base foi “escanerizada” e posteriormente georeferenciada no *software* MicroStation SE, onde se realizou a restituição onde em seguida o arquivo foi transferido para o *software* MapInfo 6.0, para posterior edição dos dados cartográficos.

Para a elaboração da Carta de Mancha Urbana de 1988 montou-se um mosaico de três fotografias aéreas verticais pancromáticas da FAB (Força Aérea Brasileira) em

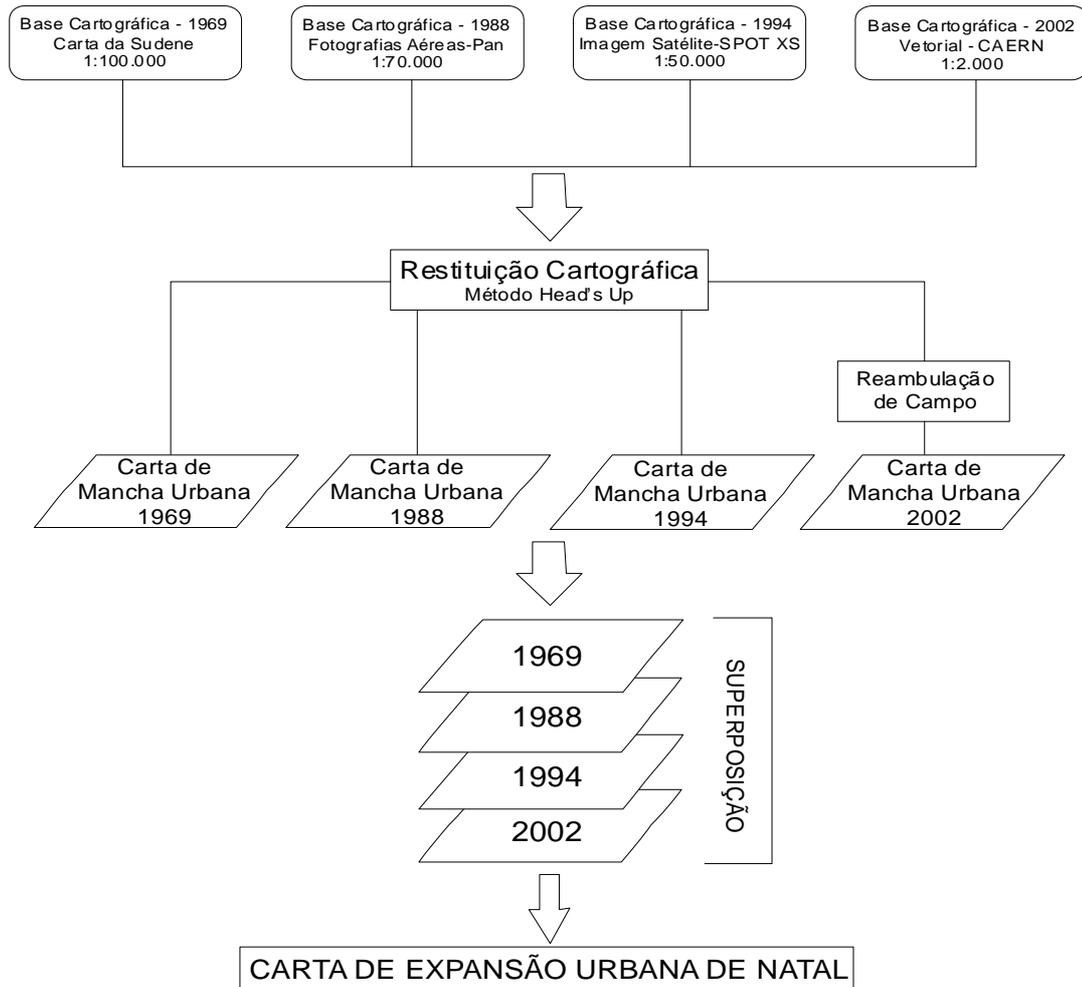
escala de 1:60.000, no *software* MicrostationSE, passando pela técnica de georeferenciamento e posterior restituição automatizada de sua área útil, descartando-se suas bordas por presenças de distorções geométricas da imagem. Em seguida, o arquivo vetorial gerado é transferido para o *software* MapInfo 6.0 para sua posterior edição.

Na construção da carta de mancha urbana de 1994 tomou-se como base uma imagem de satélite SPOT XS (multiespectral) com resolução de 20 metros e com data de passagem de 06 de agosto de 1994. A resolução espacial de 20 metros para esta cena não permitiu ter um maior detalhamento das áreas urbanas, gerando com isso, um índice de certeza que varia do médio ao alto, visto que a alta variedade de respostas espectrais em áreas urbanas heterogeneizam as interpretações dos alvos por parte do restituidor. A cena, inicialmente, passou por um pré-processamento com aplicação linear de contraste, com o objetivo de facilitar a identificação dos espaços urbanizados da cidade. A seguir, a imagem passou pelo processo de georeferenciamento com dez pontos de controle para posterior vetorização, onde se pôde criar um arquivo vetorial, transferido posteriormente para o *software* MapInfo 6.0 para sua edição.

Para elaboração da carta de 2002 foi utilizada a base da CAERN, em formato vetorial, georeferenciada e com alto nível de detalhe (com edificações) construída em escala de 1:2.000, feita a partir de levantamentos aéreos, iniciada em 1997 e concluída em 1998. Para sua atualização foi realizado um trabalho de campo com o objetivo de efetuar uma reambulação dos dados alterados de 1998 a novembro de 2002. Para tal, foi utilizado o Sistema GPS (*Global Positioning System*), pelo método de posicionamento absoluto cinemático, com o intuito de levantar e atualizar todos as informações de expansão urbana não mapeadas e desatualizadas pelo levantamento da CAERN.

Destarte, foi feita a delimitação (contorno) da mancha urbanizada em formato vetorial no *software* microstation SE para posteriormente ser transferido e editado no *software* MapInfo 6.0.

A seguir, pode-se verificar detalhamento do organograma dos procedimentos aqui realizados.



**Fonte:** Frederico Fonseca, 2002.

**Figura 21** – Organograma da elaboração da Carta de Expansão Urbana de Natal.

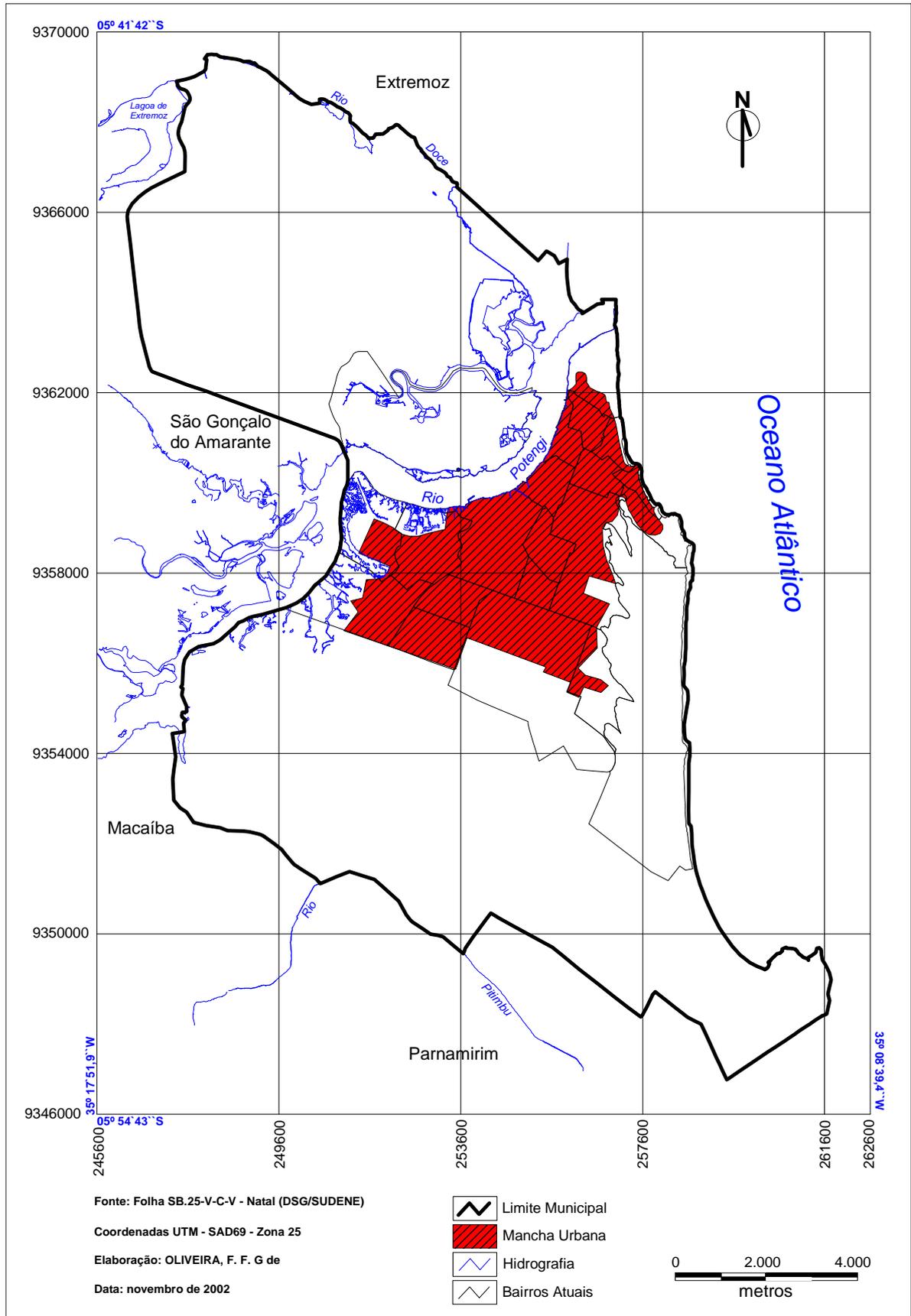
Nas atividades de digitalização das fotografias aéreas, da imagem de satélite, e de trabalhos *in loco*, foram consideradas como urbanas as áreas que desenvolvem atividades residenciais, comerciais, institucionais e de lazer que têm a presença de espaços construídos antropogenicamente. Para este trabalho, as zonas industriais como um todo e as áreas com aspecto de parcelamento do solo, mas sem espaços construídos, não foram consideradas áreas urbanas com vistas ao mapeamento. As digitalizações foram realizadas pelo método “*heads-up*” na própria tela do computador.

### 5.1.1 Evolução dos totais de área urbana em Natal (1969-2002).

#### 5.1.1.1 Ano de 1969.

Esta época representa o início do momento de uma profunda alteração da urbanização em Natal, onde a implementação dos conjuntos habitacionais horizontais passa pela sua fase inicial. A cidade passa a desenvolver novas funções administrativas com a implementação de políticas públicas que visavam ter um caráter de desenvolvimento regional com características urbano-industriais, trazendo consigo um aporte populacional bastante considerável com uma taxa anual média de crescimento populacional girando em torno de 6%, fazendo com que a cidade chegasse a 264.379 habitantes em 1970.

Levando-se em consideração o mapeamento realizado, foi levantado que a área urbanizada no município na época abrangia 12,89% ou 22,06km<sup>2</sup> de sua área total (171,1km<sup>2</sup>). Esta se concentrou nos bairros mais centrais e antigos da cidade como os de Petrópolis, Tirol e Alecrim. (Figura 22).



**Figura 22** – Carta da Mancha Urbana de Natal – 1969.

### 5.1.1.2 Ano de 1988.

Em um intervalo de dezenove anos de, 1969 a 1988, o município apresenta uma configuração totalmente diferente do apresentado anteriormente em 1969, pois sua mancha urbanizada apresenta um acréscimo de 176% e com uma área total de 60,90km<sup>2</sup> ou 35,59% da área total do município. Este fato decorre do “boom” imobiliário pelo qual a cidade passa nesse período, visto que, neste momento, os empreendimentos imobiliários horizontalizam e expandem suas fronteiras no município em áreas até então intactas e sem interferência de influências antrópicas. O uso do solo se torna mais complexo e dinâmico e as atividades econômicas direcionam e reordenam uma nova feição urbana no município. A Carta de Mancha Urbana de 1988 vista a seguir (figura 23), mostra um direcionamento de sua expansão nos sentidos NE-SO e SE-NO, implementados, como já frisado, pela expansão horizontal atribuída principalmente aos conjuntos habitacionais.

Neste sentido, vê-se que os empreendimentos imobiliários até então, caracterizam-se como um dos principais, senão o principal, fator desencadeador de impactos ambientais no município, pois leva consigo a supressão da natureza pouco alterada em detrimento a natureza construída, uma vez que este processo não caminha só, muito pelo contrário, vem junto de um acréscimo populacional e uma latente ausência de infra-estrutura básica como saneamento básico e coleta de lixo domiciliar que visem a preservação do ambiente natural.

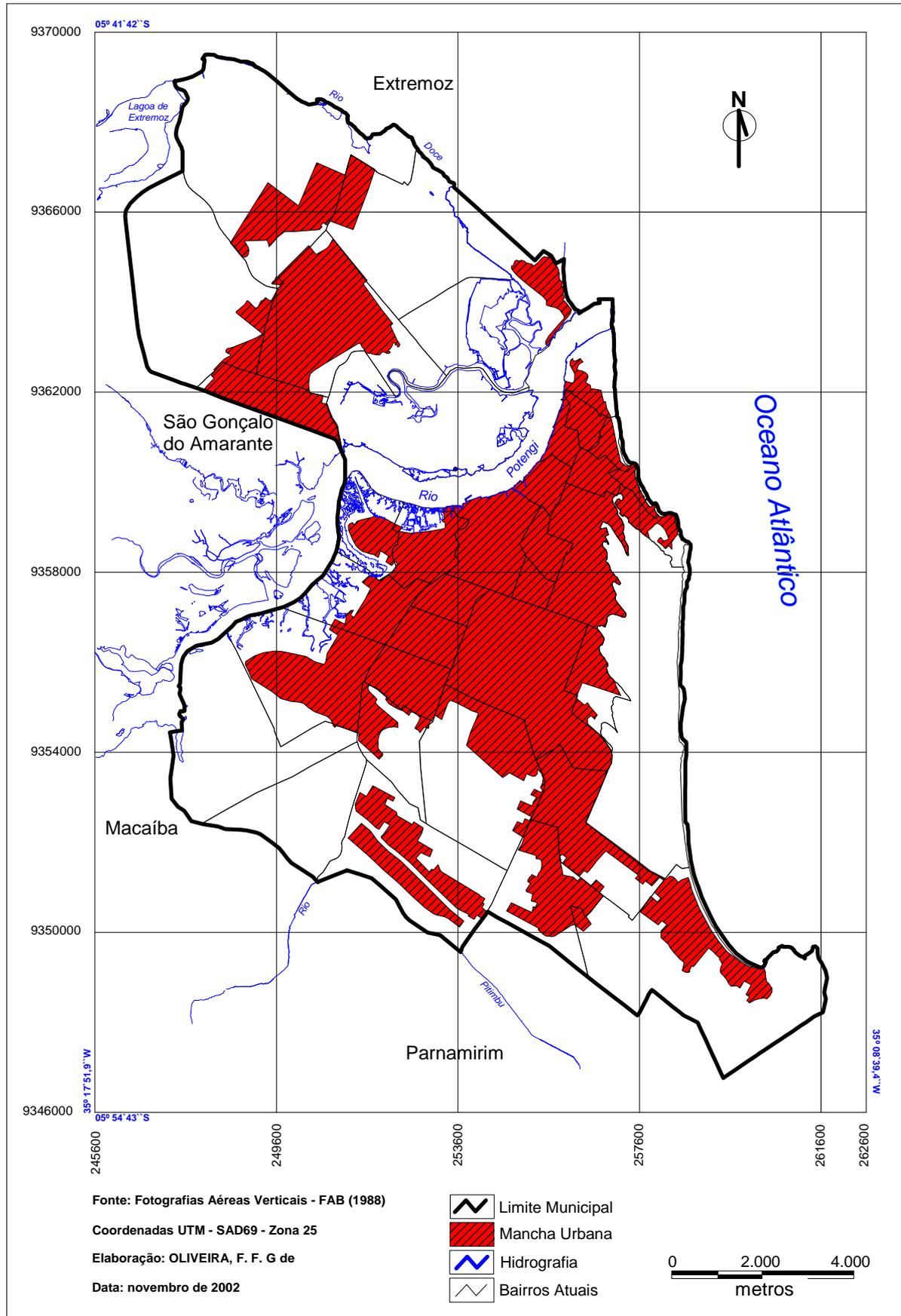


Figura 23 – Carta de Mancha Urbana de Natal – 1988.

### 5.1.1.3 Ano de 1994.

O intervalo de seis anos existente entre 1988 e 1994 mostra uma expansão urbana mais proeminente na zona norte da cidade, principalmente pela implantação de novos conjuntos habitacionais. Dos 60,90 km<sup>2</sup> de ocupação urbana em 1988, a cidade passa a ter 79,46 km<sup>2</sup> em 1994, ou seja, uma área correspondente a 46,44% da superfície total do município, apresentando, com isso, um acréscimo de 30,47% em relação ao mapeamento anterior. Levando-se em consideração somente a Região Administrativa Norte, no mesmo intervalo de tempo, a mesma apresenta um crescimento da mancha urbana de 84,66%, passando dos 12,52 km<sup>2</sup> em 1988 para 23,12 km<sup>2</sup> em 1994.

Este crescimento vertiginoso da mancha urbana de quase 90% em 6 anos na zona norte da cidade trouxe paralelamente um crescimento demográfico à área, alterando todo um setor de infra-estrutura e de serviços que até então atendia uma parcela da população que contabilizava 146.854 habitantes em 1991 para 206.615 habitantes em 1996, segundo dados do IBGE. Esse desencadeamento de alterações intra-urbanas na zona norte reestrutura esta região da cidade, que sempre foi a mais desprovida de serviços básicos de infra-estrutura tanto no âmbito público como no privado. Nesse período de tempo a mancha urbana se direciona no sentido norte e noroeste ocupando áreas de tabuleiros e de dunas, reforçando-se a idéia de que a urbanização gera severos impactos a ambientes naturais da cidade, fato este, digamos, inevitáveis e bastante comuns em áreas que passam por esta dinâmica. Na figura a seguir pode-se observar a Carta da Mancha Urbana de Natal em 1994.

Nas regiões administrativas leste, oeste e sul, a taxa de urbanização é mais modesta, causada principalmente pelo início da saturação de áreas disponíveis para construção e por barreiras naturais que muitas vezes impedem sua expansão nesse sentido, uma vez que muitas destas áreas são dunas com elevada topografia e até então inacessíveis e protegidas como o cordão dunar de Ponta Negra, Lagoinha, San-Vale, Candelária, Cidade Nova e Guarapes. Nota-se que nesse período dá-se início a um vetor de crescimento no sentido oeste da cidade com os primeiros parcelamentos de solo no setor sudeste do bairro de Guarapes, hoje desmembrado e fazendo parte do recém-criado (em 1998) bairro de Planalto. Outra área que apresenta um maior crescimento urbano no período, localiza-se no bairro de Ponta Negra com a construção de estabelecimentos comerciais e residenciais com vistas ao atendimento do setor turístico, que naquele momento se encontrava em franca expansão.

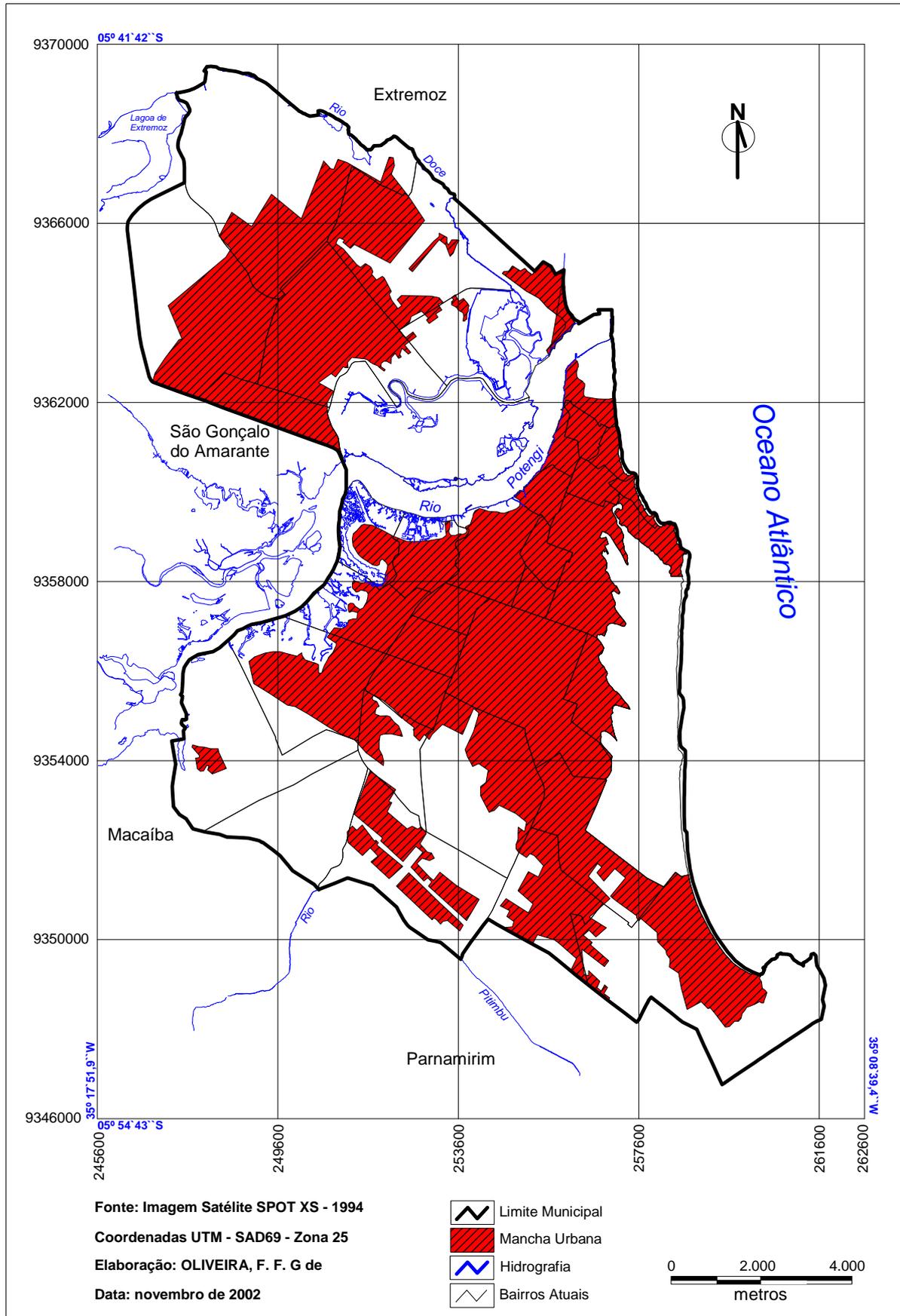
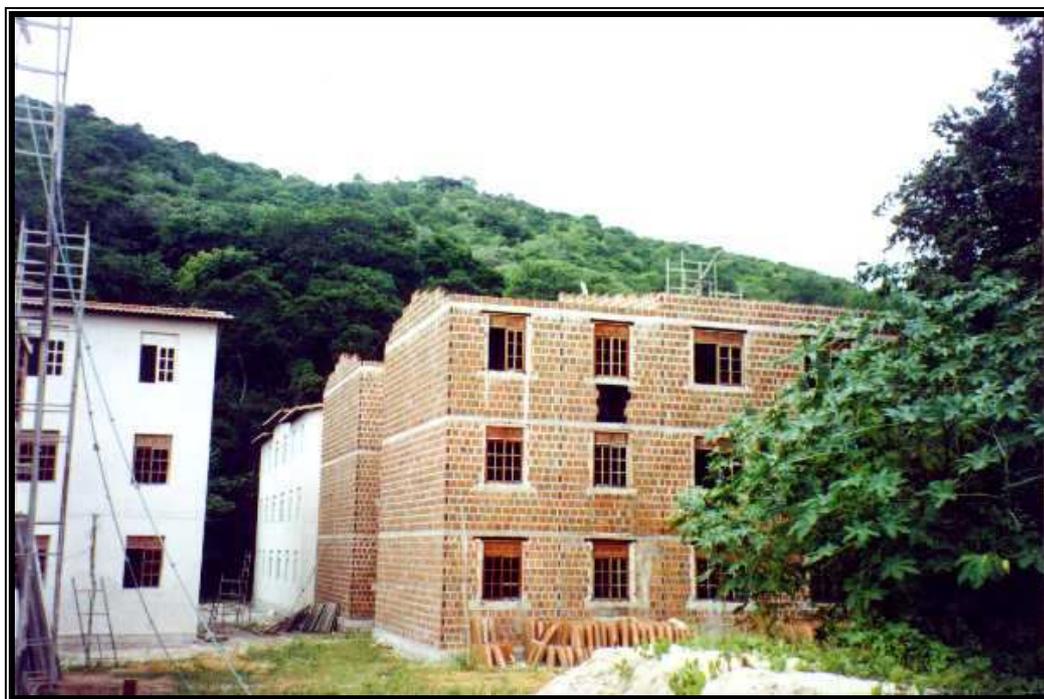


Figura 24 – Carta da Mancha Urbana de Natal – 1994.

#### 5.1.1.4 Ano de 2002.

O período compreendido entre 1994 a 2002 se caracteriza pela consolidação do direcionamento da expansão urbana para os sentidos oeste, norte e sul da cidade, estendendo-se para as áreas de proteção ambiental do município. Estas, antes pouco alteradas, passam a sofrer uma forte pressão em seu entorno por parte de empreendimentos imobiliários (ver figura 25) com vistas a torná-los espaços de expansão urbana, de modo que comecem a desempenhar um novo papel na cidade deixando de ser uma área verde protegida para se tornar um espaço construído.



Fonte: Frederico Fonseca, abr., 1999.

**Figura 25** – Aspecto da pressão urbana por empreendimentos imobiliários nas proximidades do Parque das Dunas.

Neste momento ocorre uma reprodução no reordenamento do espaço geográfico, onde os impactos ambientais acabam se revelando e problemas provenientes destes começam a atingir fortemente a sociedade, principalmente as camadas menos favorecidas desta e/ou que vivem em locais inapropriados da cidade como áreas de alta declividade ou de baixa topografia, por exemplo.

Em 2002, a cidade passa a ter 98,81 km<sup>2</sup>, ou 57,75% de sua área total, com espaços construídos ou em franca urbanização, isso sem contar com as áreas já loteadas e não urbanizadas como os bairros de Guarapes e Lagoa Azul. A seguir, pode-se observar a Carta da Mancha Urbana de Natal do ano de 2002.

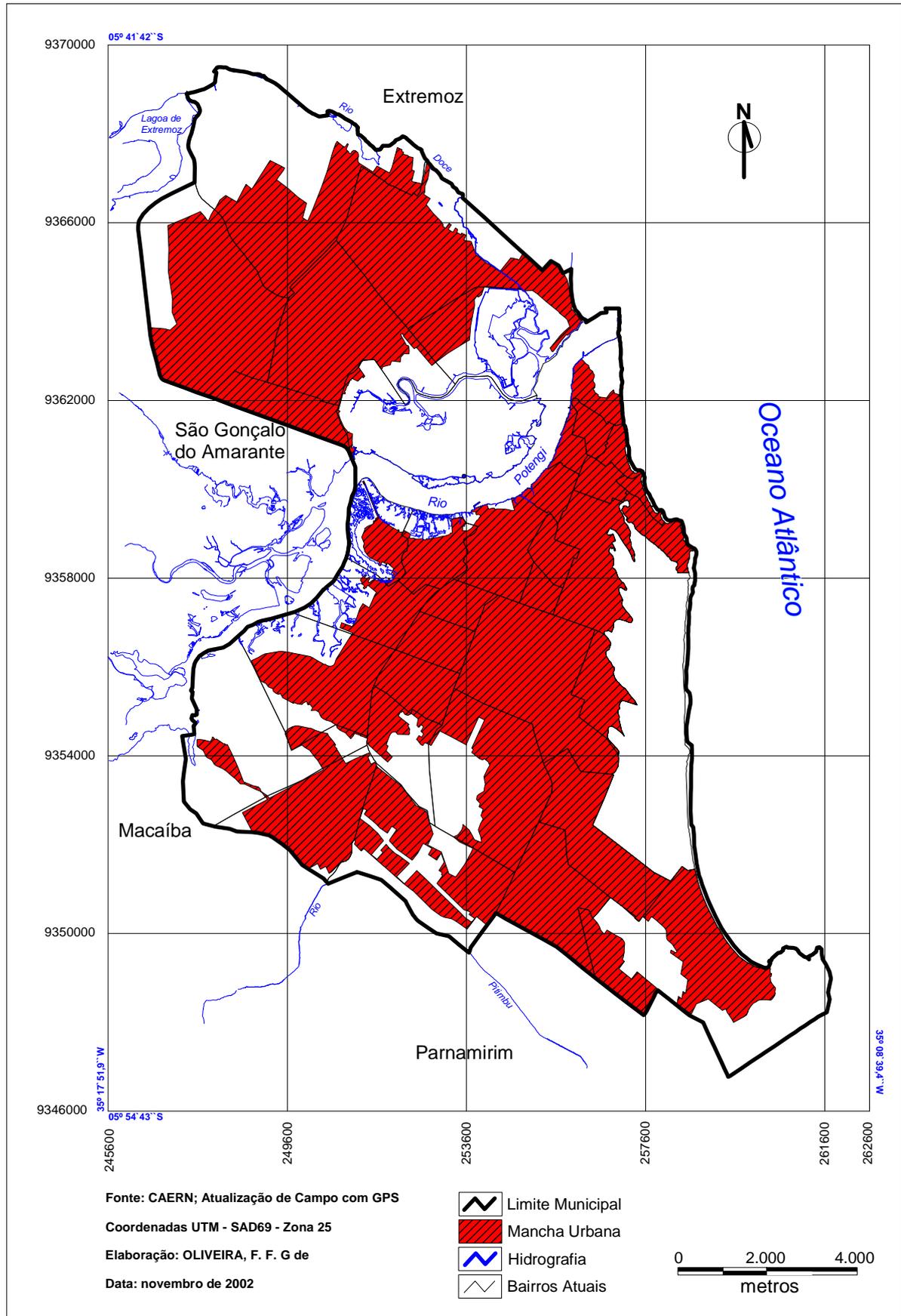


Figura 26 – Carta da Mancha Urbana de Natal – 2002.

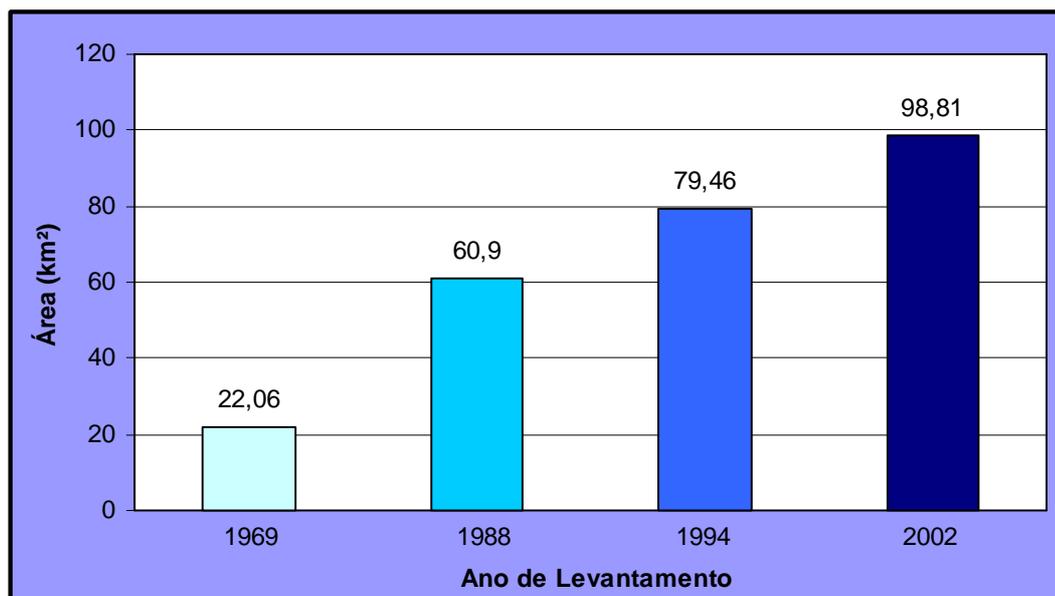
Deve-se destacar a grande importância das Zonas de Proteção Ambiental – ZPA para a cidade e para a região metropolitana, tendo em vista que são as áreas que ainda não apresentam traços de urbanização. A maioria destas se caracterizam por ser de feição dunar, de alta topografia, portanto de difícil acesso, impossibilitando empreendimentos de elevado porte como os conjuntos habitacionais horizontais. Contudo, o que se observa na cidade é uma forte pressão imobiliária nestas ZPAs. Esta zona de tensão entre o urbano e o ambiente natural é o palco dos maiores impactos ambientais da cidade, representados pelos desmatamentos e queimadas, neste caso descaracterizando esse ambiente. Outro agravante que se deve levantar no que concerne as ZPAs é que em sua quase totalidade elas são privadas, fragmentadas e parceladas em lotes, mas sem licença para construção, pelo menos tecnicamente. Mas o que se observa em alguns casos é o total descontrole do órgão licenciador municipal em inibir qualquer tipo de construção ou interferência degradadora por queimadas, desmatamentos e cercamentos nestas UC.

Observa-se nas cartas geradas que o crescimento da mancha urbana da cidade no período de 1994 a 2002 gira em torno de 33%, ou seja, mesmo com a diminuição das áreas de expansão, a cidade ainda se urbaniza, principalmente nas áreas periféricas. A urbanização, justificada pelo uso do solo diferenciado destas áreas, intensifica-se bastante, principalmente quando se comparam as expansões da zona norte à zona sul da cidade.

O que mais se destaca na carta ora discutida é o seu acentuado crescimento urbano em relação ao mapeamento anterior nos bairros de Planalto, Candelária (San-Vale) e Pajuçara, configurando-lhes grandes expansões e crescimento no que tange a sua urbanização.

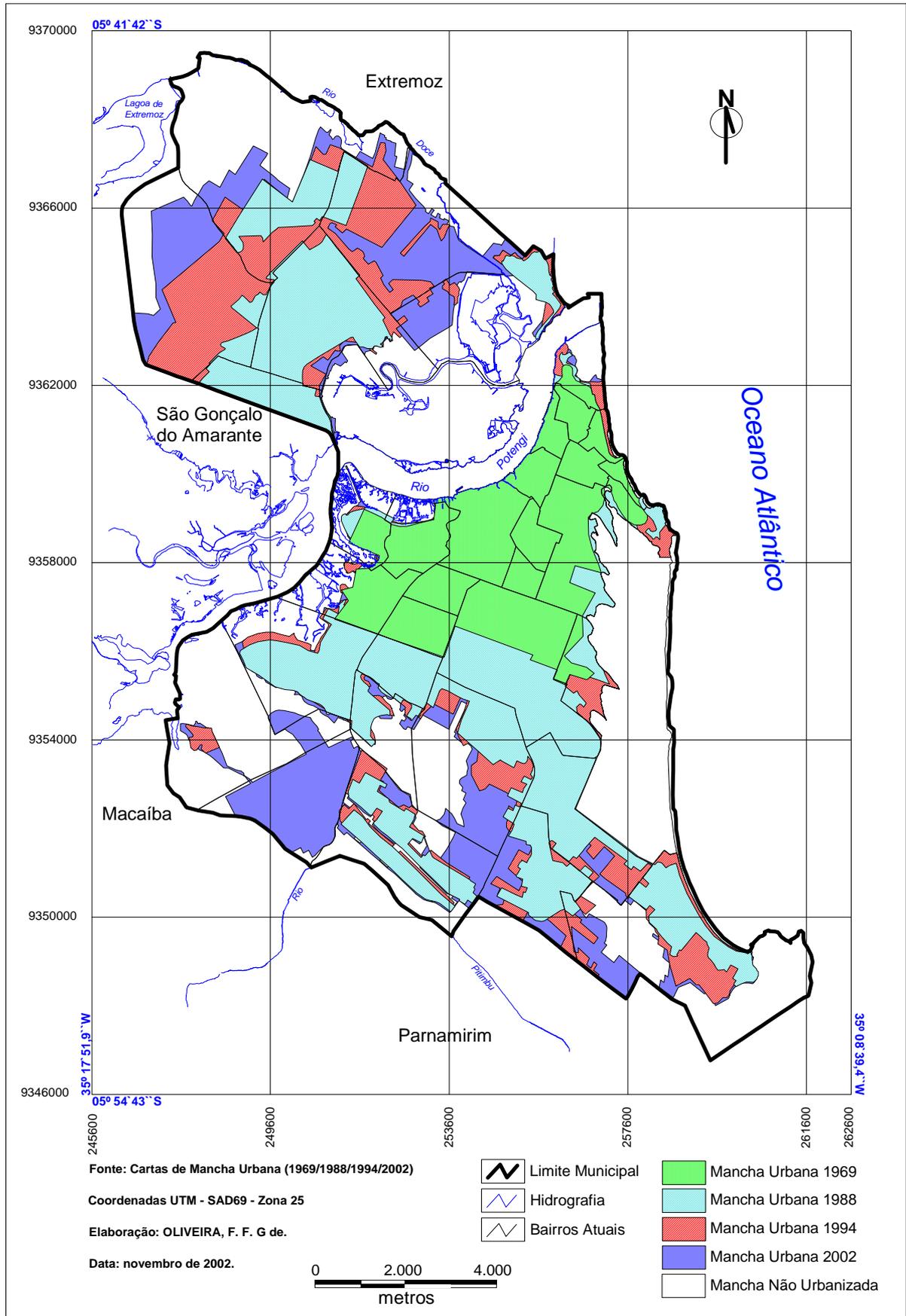
A superposição dos dados gerados nas cartas de mancha urbana de 1969, 1988, 1994 e 2002, obtidas a partir de diferenciadas bases cartográficas, foi realizada no software MapInfo 6.0. Segundo Anjos (1991), trabalhos com esta metodologia apresentam três linhas básicas de produtos: uma quantitativa, que aborda, numa linguagem cartográfica, a dinâmica do crescimento urbano em momentos históricos diferenciados; outra quantitativa, que organiza numericamente a informação qualitativa que se pode verificar na figura a seguir mostrando a evolução dos totais de área urbana em Natal nos quatro levantamentos; e a terceira linha sendo conseqüente das duas anteriores, que é a construção analítica do conjunto de dados.

A figura a seguir representa, graficamente, a evolução da mancha urbanizada no município num intervalo de 33 anos, mostrando uma tendência que se torna irreversível, saturando e pressionando demasiadamente as áreas verdes da cidade.



**Figura 27** – Evolução dos totais de mancha urbana em Natal no período de 1969 a 2002.

Pela análise da Carta de Expansão Urbana de Natal (observar figura 28 a seguir), pode-se verificar que sua expansão se dirigiu em dois sentidos gerais: um no sentido norte, implementado pela expansão do bairro de Igapó, pela criação do Distrito Industrial de Natal, no final da década de 70, e pela construção de conjuntos habitacionais horizontais, na década de 80. Outro no sentido sul, inicialmente pela construção de grandes conjuntos habitacionais, e atualmente com a construção de uma infra-estrutura para atender a demanda do setor de serviços, característicos destas áreas.



**Figura 28** – Carta de Expansão Urbana de Natal (1969 – 2002).

O mapeamento mostra uma tendência de crescimento urbano nos bairros de Lagoa Azul e Guarapes, visto que ainda são áreas pouco povoadas e com forte potencial de construção de novos conjuntos habitacionais horizontais que visem, principalmente, atender populações de baixa renda.

Também vê-se que as áreas mais antigas da cidade, surgidas até o período de 1969, apresentam altos índices de ocupação urbana e densidade demográfica, aliado à ausência de áreas livres para construção civil acarretando com isso uma forte verticalização e um reordenamento do valor do uso do solo, ou seja, o valor do solo nessa área é bem maior que nas demais.

## **5.2 Análise Espaço-Temporal por Vetores de Crescimento Urbano.**

Esta etapa do trabalho visa obter os vetores de crescimento urbano para o comportamento da expansão urbana da cidade de Natal. Para este fim será tomado como referência o trabalho desenvolvido por Pugliese; Silva; Imai (2000) que trabalham com o município de Presidente Prudente/SP. Mostram um estudo realizado com a integração de dados de sensoriamento remoto e cadastro urbano, usados para determinação da variação espaço-temporal da mancha urbana, considerando os anos de 1965 e 1996.

Neste trabalho, no município de Natal, a proposta é de utilizar como referência primária às mesmas bases cartográficas empregadas na delimitação da mancha urbana de Natal, ou seja, as base dos anos de 1969 (Carta DSG/SUDENE em 1:100.000); 1988 (Mosaico de fotografias aéreas verticais PAN em 1:60.000); 1994 (Imagem de satélite SPOT XS) e 2002 (Base vetorial cadastral da CAERN com atualização de campo). Numa segunda etapa aproveitou-se as imagens vetoriais de mancha urbana geradas no MicroStation SE, para ser a base secundária de delimitação dos vetores de crescimento urbano.

A metodologia empregada nesta etapa do trabalho adota um “processo de análise visual nos produtos disponíveis, sendo feita a medição de várias direções a partir de um ponto de referência, considerando as áreas construídas e em construção” (PUGLIESE; SILVA; IMAI, 2000). Com isso, pretende-se obter os vetores de crescimento urbano nas oito direções cardeais (N, S, E, W, NW, NE, SE e SW) a partir de um ponto ou coordenada de referência conhecida do centro da cidade (bairro de Cidade Alta), tomando como referência os espaços que representam as áreas urbanizadas ou construídas da cidade. O ponto de partida para as medições dos oito vetores de crescimento nos quatro anos diferentes foi o

centróide do polígono que delimita a Praça André de Albuquerque, local de fundação da cidade em 25 de dezembro de 1599, definido pelas coordenadas UTM de 255.414mE e 9.360.012mN. Portanto, as medições dos vetores foram feitas deste ponto para suas respectivas direções, até os locais extremos que se apresentam como áreas urbanas.

Os resultados das medições realizadas foram submetidos a cálculos e análises criteriosos a fim de verificar a eficiência desta metodologia e de avaliar as tendências, por vetores de crescimento, da expansão urbana. A tabela a seguir mostra como se comportam os vetores de indicação de mancha urbana em Natal no período estudado.

**Tabela 8**  
Medidas dos vetores de indicação de mancha urbana em Natal de 1969 a 2002.

Produtos	Direção (metros)							
	N (Az 90°)	S (Az 270°)	E (Az 0°)	W (Az 180°)	NO (Az 135 °)	NE (Az 45°)	SE (Az 315°)	SW (Az 25°)
Mapa 1969	470	4.203	2.190*	462	309	2.149	1.847	5.050
Mapa 1988	4.924	9.991	2.130	462	8.782	2.149	1.942	7.121
Mapa 1994	5.039	9.916	2.130	462	8.782	2.361	1.942	7.121
Mapa 2002	5.039	10.190	2.130	4.054	9.584	2.361	1.942	9.455
Diferença 1969-1988	4.454	5.788	0	0	8.473	0	95	2.071
Diferença 1988-1994	115	- 75	0	0	0	212	0	0
Diferença 1994-2002	0	274	0	3.592	802	0	0	2.334

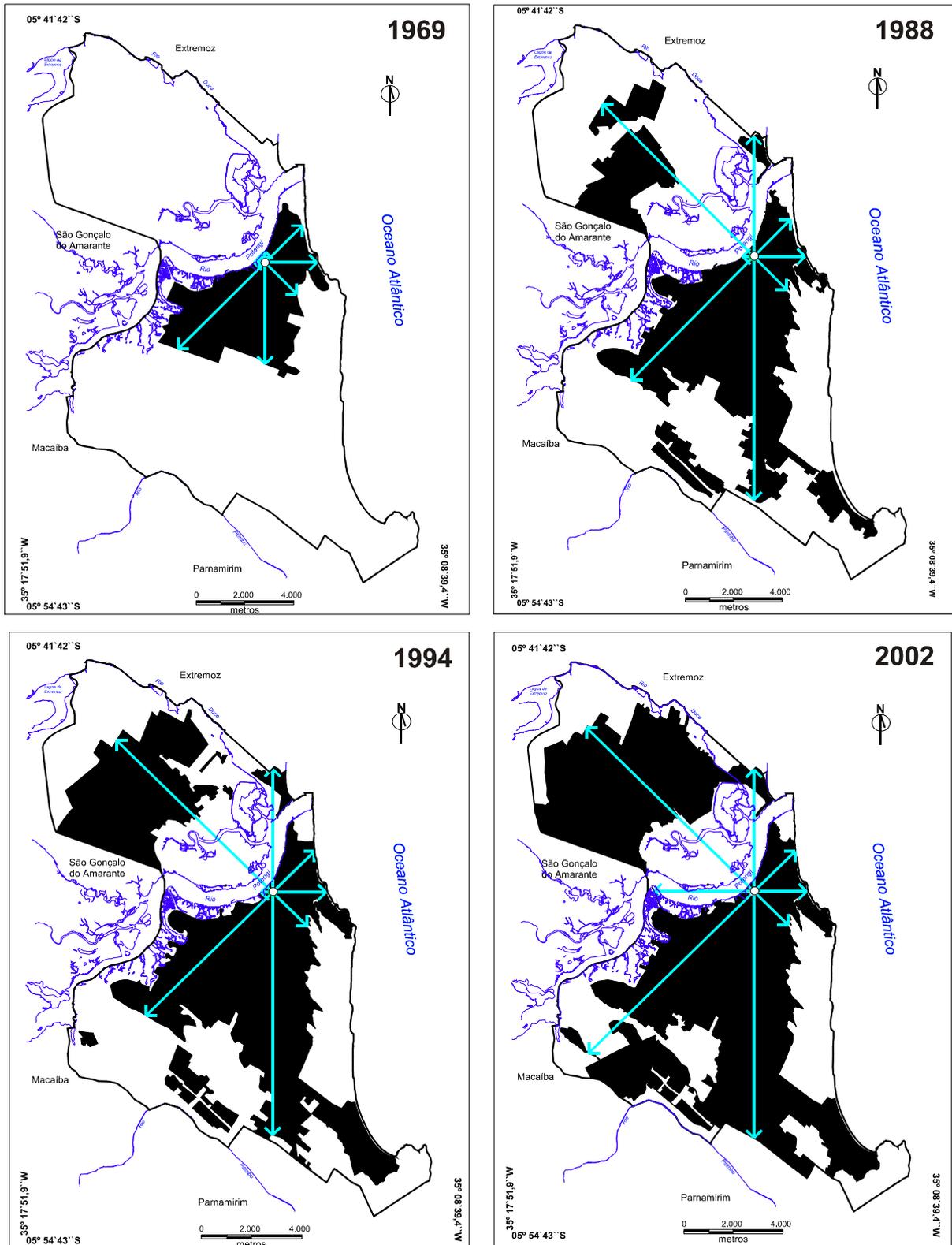
\* Valor superior proveniente do erro da base cartográfica utilizada no levantamento de 1969.

Nota-se claramente que do ano de 1969 a 1988, o crescimento urbano se direcionou principalmente para os eixos norte, sul, noroeste e sudoeste da cidade. As expansões para leste, oeste e nordeste ficaram estagnadas pelo fato de ambas apresentarem já em 1969 um grau de urbanização bastante acentuado, e também, por serem impedidas por barreiras naturais como o rio Potengi a leste, pelo Oceano Atlântico a nordeste e pelo Parque das Dunas a sudeste. Estas direções de vetores ficam praticamente estagnadas até o ano de 2002, com exceção do sentido oeste. Claramente o maior crescimento urbano na cidade nesse período se direcionou para os sentidos norte e noroeste, pela implementação de conjuntos habitacionais e nos sentidos sul e sudoeste, também implementada pela criação de conjuntos habitacionais horizontais.

A tendência de direcionamento do crescimento urbano para esses eixos se mantém no período de 1988 a 1994, contudo, sem apresentar um crescimento no sentido exato das direções e sim, nas margens, ou seja, ocorre um inchaço ou uma aglomeração nos pontos finais dos vetores e não um alongamento deste. Esse fato pode ser verificado na tabela anterior. Um fato curioso é o aparecimento de um índice negativo de direção do vetor

no sentido sul. Este fato se deve, provavelmente, pela diferente interpretação do que é urbano pela resposta espectral da imagem de satélite utilizada, ocasionada pela dificuldade de uma resolução espacial de 20 metros, impossibilitando muitas vezes uma interpretação fidedigna por parte do restituidor.

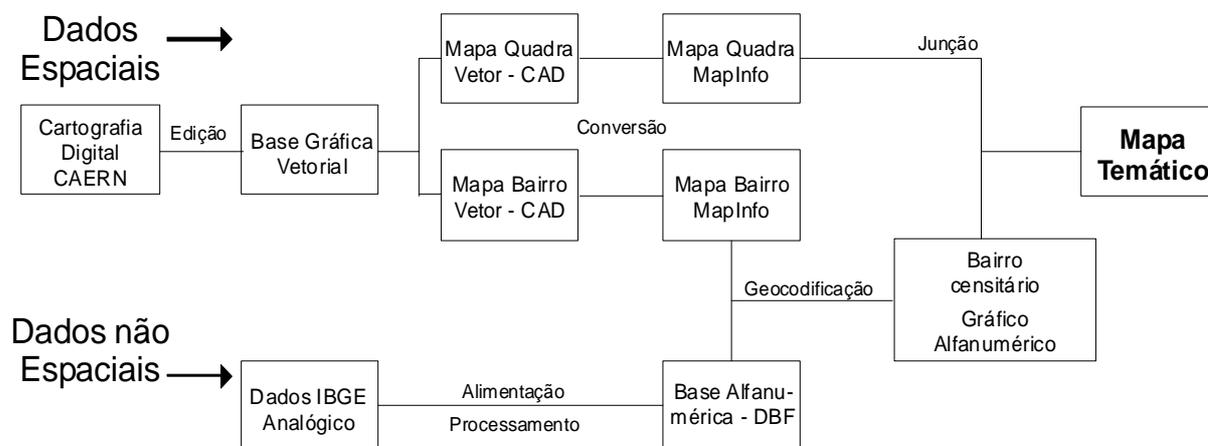
No período de 1994 a 2002, a expansão urbana em Natal rompe fronteiras naturais que, em muitos locais, dificultavam o acesso do espaço construído a elas. Nesse período há um grande direcionamento para os eixos nordeste e sul, e principalmente para os sentidos oeste e sudeste, implementados pela grande expansão de novos bairros como Planalto. Essas expansões dos vetores de crescimento, nos sentidos acima citados, acabam chegando aos limites municipais como no sentido sul com o município de Parnamirim e no sentido sudoeste com o município de Macaíba, assim como nos sentidos norte e noroeste com os municípios de São Gonçalo do Amarante e de Extremoz. (Observar figura 29).



**Figura 29** – Mapas espaços-temporais de vetores de crescimento urbano (1969, 1988, 1994 e 2002).

### 5.3 Expansão Urbana Relacionada ao Crescimento Demográfico em Natal: análise por geoprocessamento.

Os mapas gerados neste sub-capítulo foram obtidos por consultas específicas com base no mapa de bairro gerado e dos dados censitários do IBGE dos anos de 1960 a 2000 e por dados da Prefeitura Municipal de Natal. A metodologia empregada adota a proposta de Pereira (1999a), que se inicia com a entrada de dados espaciais e não espaciais com posterior transformação desses dados em informação para a visualização cartográfica. Essa visualização é resultado de técnicas relacionadas ao geoprocessamento que, utilizando-se de materiais estáticos (mapas) e dados alfanuméricos (banco de dados), tornou as informações dinâmicas ou com movimento, uma vez que se pode realizar uma consulta assistida indicando o tema cartográfico a qual se pretende visualizar e posteriormente interpretar.



Fonte: Adaptado de Pereira, 1999(a).

**Figura 30** – Processo metodológico de elaboração dos mapas temáticos.

Todos os mapas temáticos apresentados a seguir foram produzidos com o objetivo de aprofundar e mostrar, por outra linguagem, como se caracterizam informações censitárias e espaciais sobre a configuração sócio-espacial natalense.

As informações geradas expõem e valorizam dados de população, densidade demográfica, população residente por sexo, favelização, renda e distribuição da malha de quadras da cidade. Alguns desses dados de população foram expostos resumidamente no Capítulo 4, contudo de outra forma não cartográfica.

A cidade de Natal, como já frisado anteriormente, sofre imensamente com o processo de crescimento urbano advindo da expansão imobiliária e populacional de modo que a cada período inter-censo ocorre uma alteração substancial em sua estrutura populacional. Os mapas representados pelas figuras 31 a 35 mostram de formas diferentes essas alterações com suas distribuições espaciais populacionais nos períodos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000. Estes mapas são apresentados por métodos de intervalo de preenchimento de área, por pontos (dot's) e por interpolação por "krigagem" sob a forma de concentração populacional (densidade demográfica).

Pode-se observar claramente a evolução populacional absoluta da cidade, desde a década de 60, passando dos 160.253 na época, para os 712.317 habitantes atuais, representando um crescimento populacional de 344% no período e 8,61% de crescimento anual em média. Observa-se que atualmente os bairros mais populosos são os criados mais recentemente, como os da zona norte, e os de menor índice populacional são os bairros mais antigos da cidade, como Petrópolis, Cidade Alta e Ribeira.

A ausência de informações em alguns mapas se deve pelo fato de os mesmos terem sido criados tomando como referência os dados censitários do IBGE, sendo que em alguns anos, de 1960 a 1991, alguns bairros ainda não eram reconhecidos oficialmente e juridicamente criados. A figura 36 mostra uma relação do quantitativo populacional com sua evolução por gráficos de barra dos anos de 1960 a 2000 em Natal.

Até 1980 a tendência de crescimento populacional da cidade se localizava nos bairros centrais da cidade. Contudo essa tendência se alterou no Censo de 1991 mostrando uma alta concentração populacional no bairro de Potengi.

Atualmente a maior densidade demográfica da cidade se encontra nos bairros de Mãe Luíza, Rocas e Dix-Sept Rosado, contribuída pelo excedente populacional associado às suas pequenas áreas territoriais (Figura 37).

Estatisticamente a população natalense tem predominância de pessoas do sexo feminino. Essa tendência pode ser verificada na totalidade dos bairros da cidade e mais fortemente nos bairros de maior renda da cidade como Lagoa Nova, Tirol e Petrópolis.

Os bairros que apresentam o maior número de domicílios são na sua maioria os da zona norte, com alguns contabilizando até 6.200 habitações, coincidindo com os bairros de maior população no ano de 2000. Os que possuem menor número de domicílios são os do setor leste da cidade, não pelo baixo índice populacional, mas pela sua pequena

extensão territorial que impossibilita a construção de muitas habitações, além do fato de se caracterizarem como áreas de proteção natural e áreas comerciais como o bairro da Ribeira.

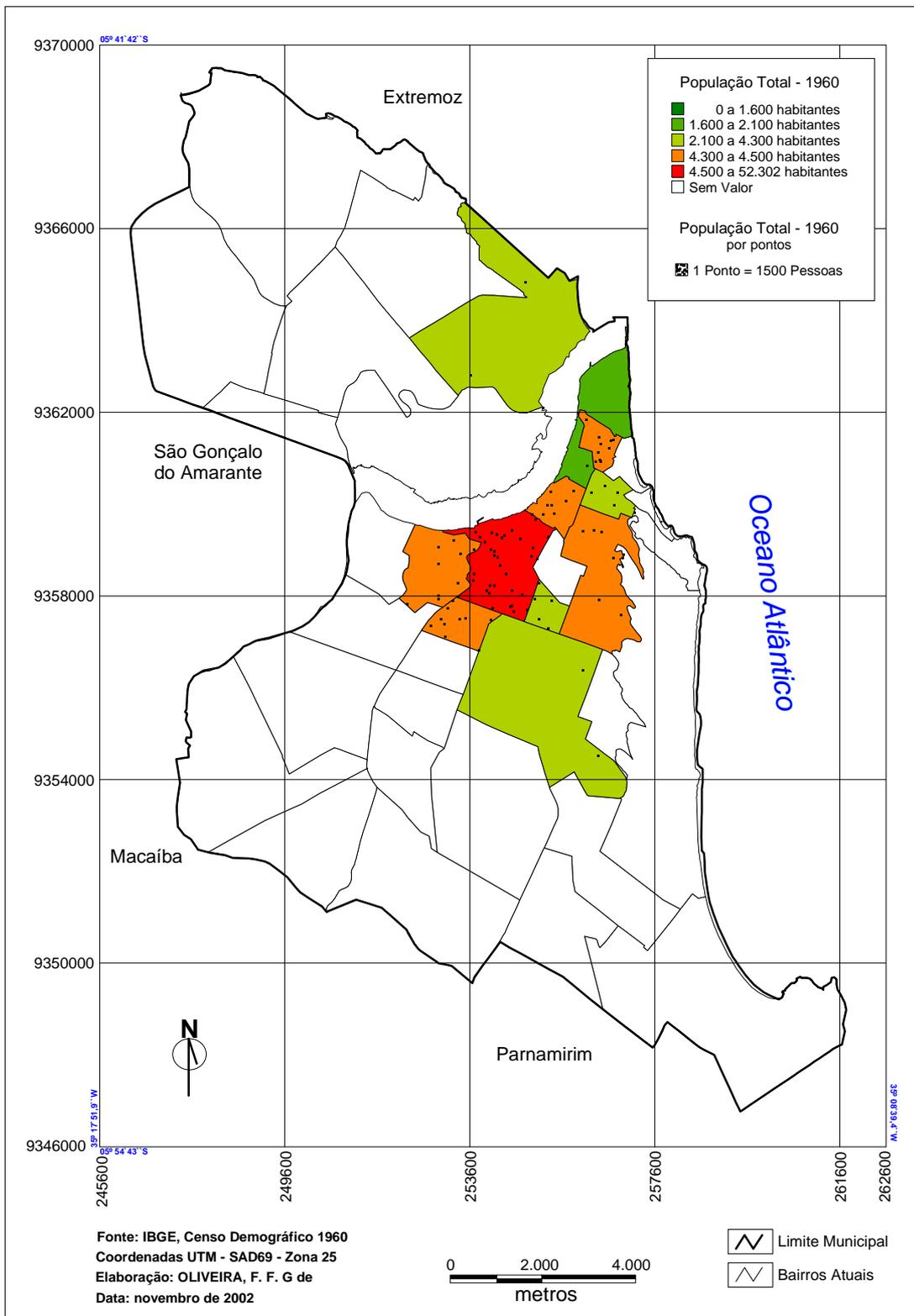
O número de habitantes por domicílio se diferencia na cidade. Os bairros mais valorizados da cidade são os que apresentam o menor número de habitantes por domicílio, fruto de uma qualidade de vida, escolaridade e renda mais elevadas que os demais bairros, gerando com isso, uma menor taxa de natalidade.

O fenômeno de verticalização em Natal tem sua gênese, dentre outras mais, ligada à ausência de novas áreas para construções, produzindo um espaço verticalizado bastante característico. Segundo dados levantados pelo Censo 2000 e produzidos cartograficamente, os bairros que apresentam os maiores índices populacionais residindo em domicílios do tipo apartamento são os de Cidade Alta, Petrópolis (este com 50,6% da população), Tirol, Barro Vermelho, Capim Macio e Candelária. Os que apresentam os maiores índices de população, residindo em domicílios do tipo casa, são os bairros mais periféricos e recentes como os da zona norte e os da região oeste. O bairro de Salinas chega a ter 100% de sua população residindo em casas. Este fenômeno de horizontalização urbana por casas é um dos responsáveis pelo alto índice de impactos ambientais nessas áreas da cidade.

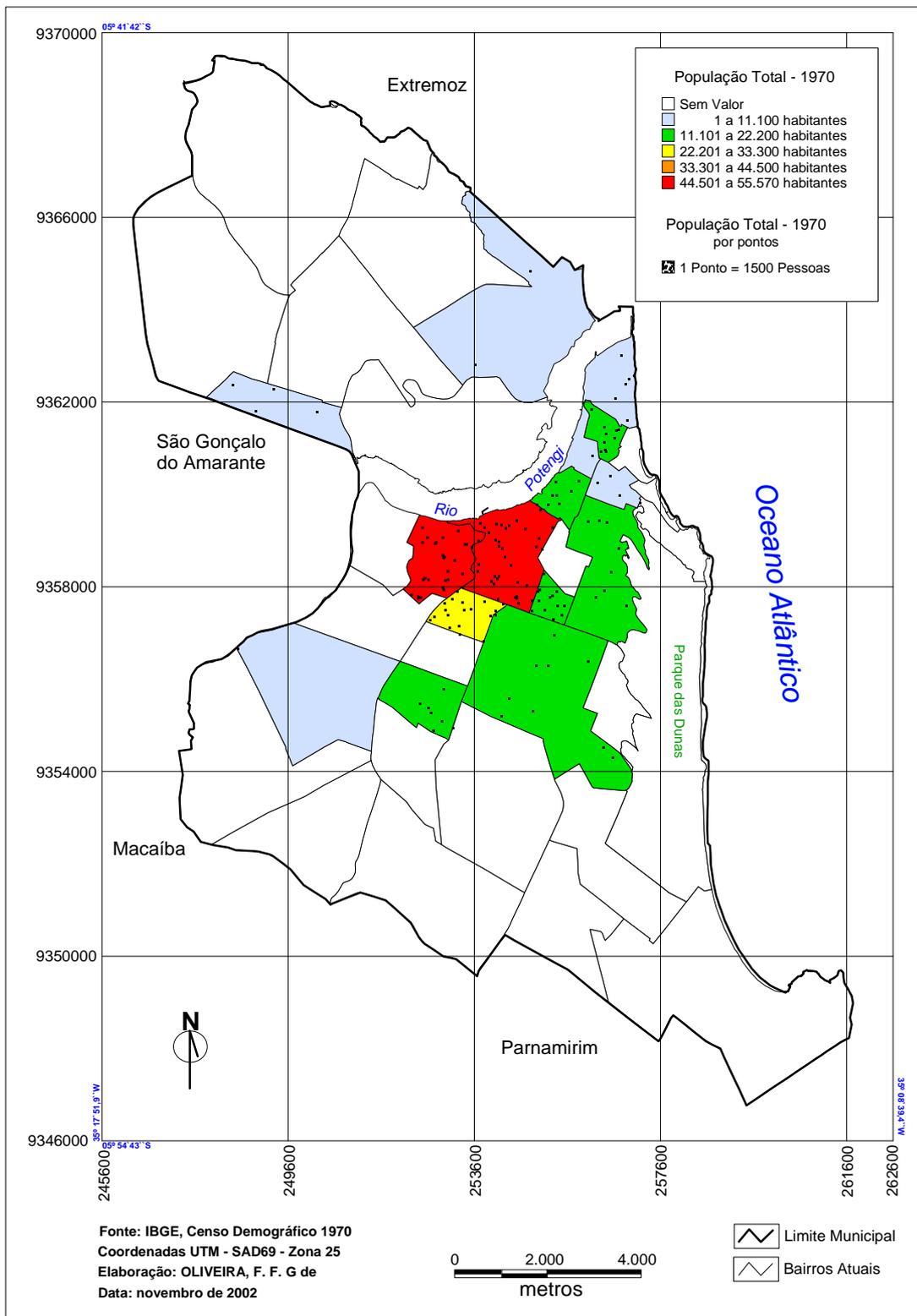
A distribuição de favelas na cidade é bastante homogênea, fato que demonstra que a periferia da cidade não é o fator desencadeador de surgimento de habitações sub-normais.

Os bairros mais valorizados da cidade, que possuem um valor do solo mais elevado, são os que possuem os maiores valores de renda. Localizam-se exatamente na região da cidade onde a infra-estrutura urbana é mais presente com implementações de políticas públicas com critérios urbanísticos mais planejados. O setor oeste da cidade se caracteriza por ser o de mais baixa renda com valores que não ultrapassam R\$ 360,00. Junta-se a esta região o bairro de Lagoa Azul, na zona norte da cidade.

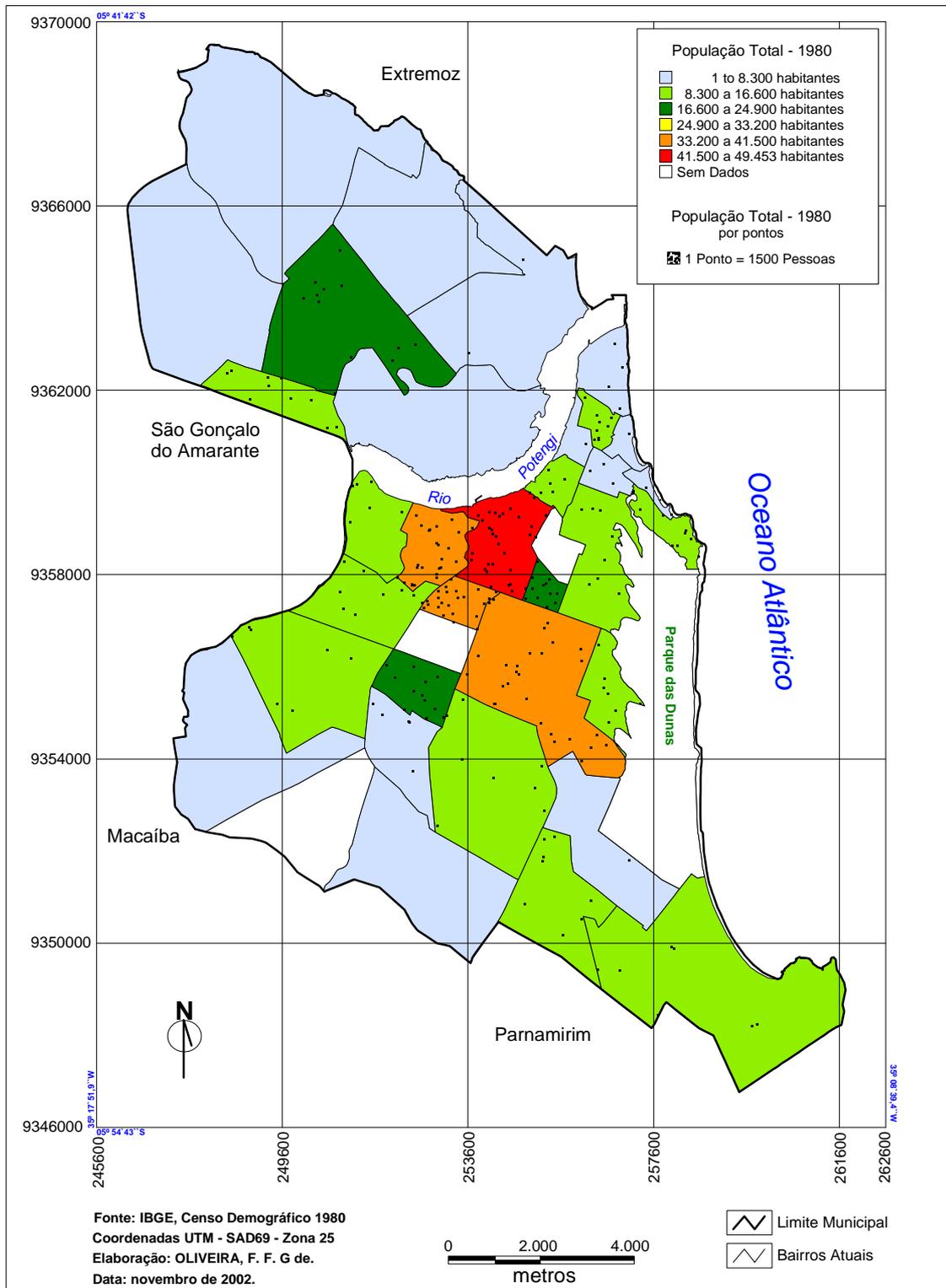
Todos os resultados cartográficos aqui mostrados representam e comprovam várias características sócio-espaciais a que a cidade está submetida. A contribuição deste capítulo se traduz no mais forte objetivo de trazer, através de uma visualização cartográfica, causas ou fatores que são determinantes na ocorrência de impactos ambientais à cidade. O crescimento e desenvolvimento urbano de Natal é paradoxal e levanta um questionamento sob uma ótica crítica que na cidade, da forma como se processam as relações sócio-espaciais, é bastante provável que não exista a curto e médio prazos uma sustentabilidade ambiental.



**Figura 31** – Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1960.



**Figura 32** – Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1970.



**Figura 33 – Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1980.**

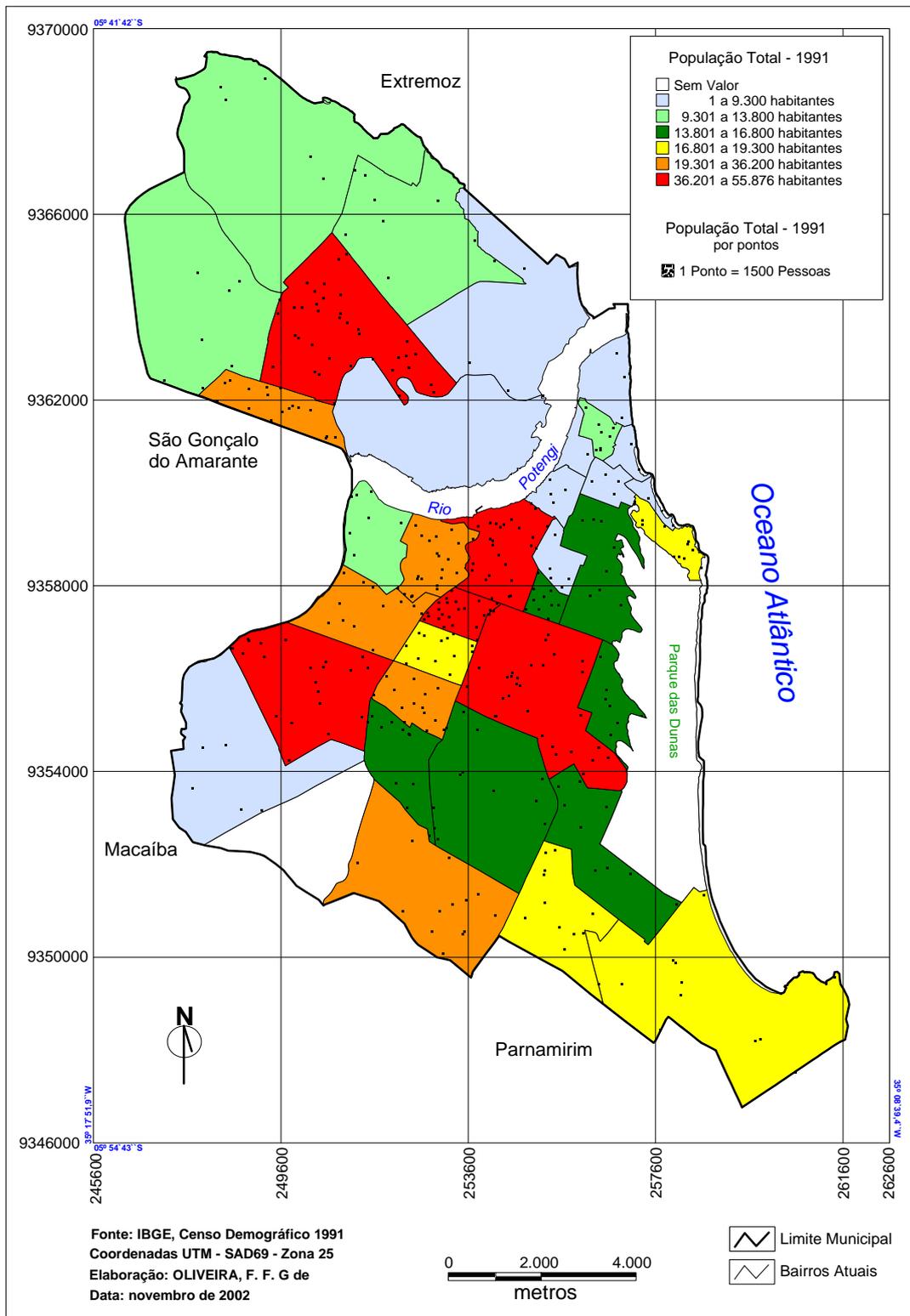


Figura 34 – Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 1991.

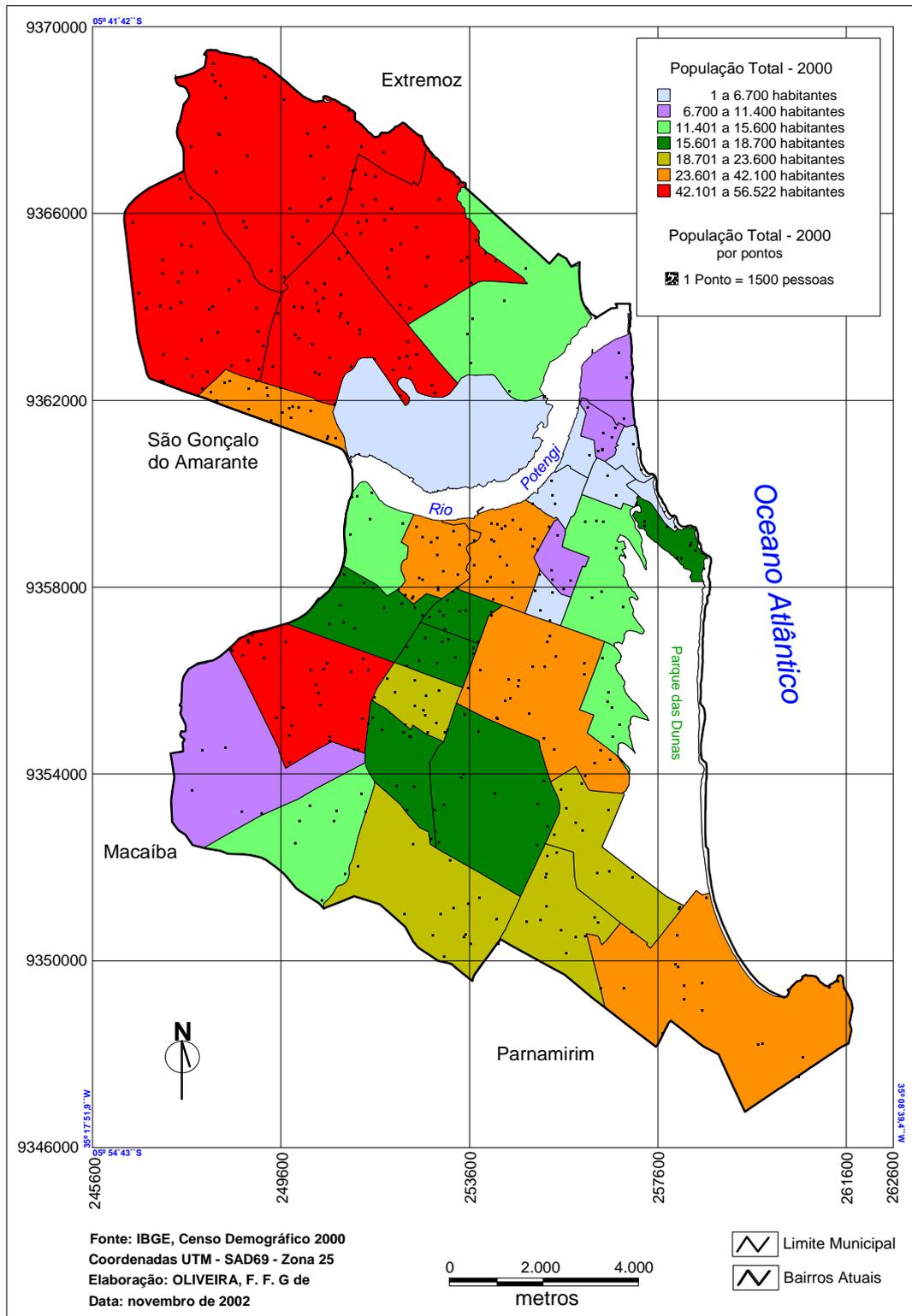


Figura 35 – Mapa de Distribuição Espacial de População Residente em Natal – Ano 2000.

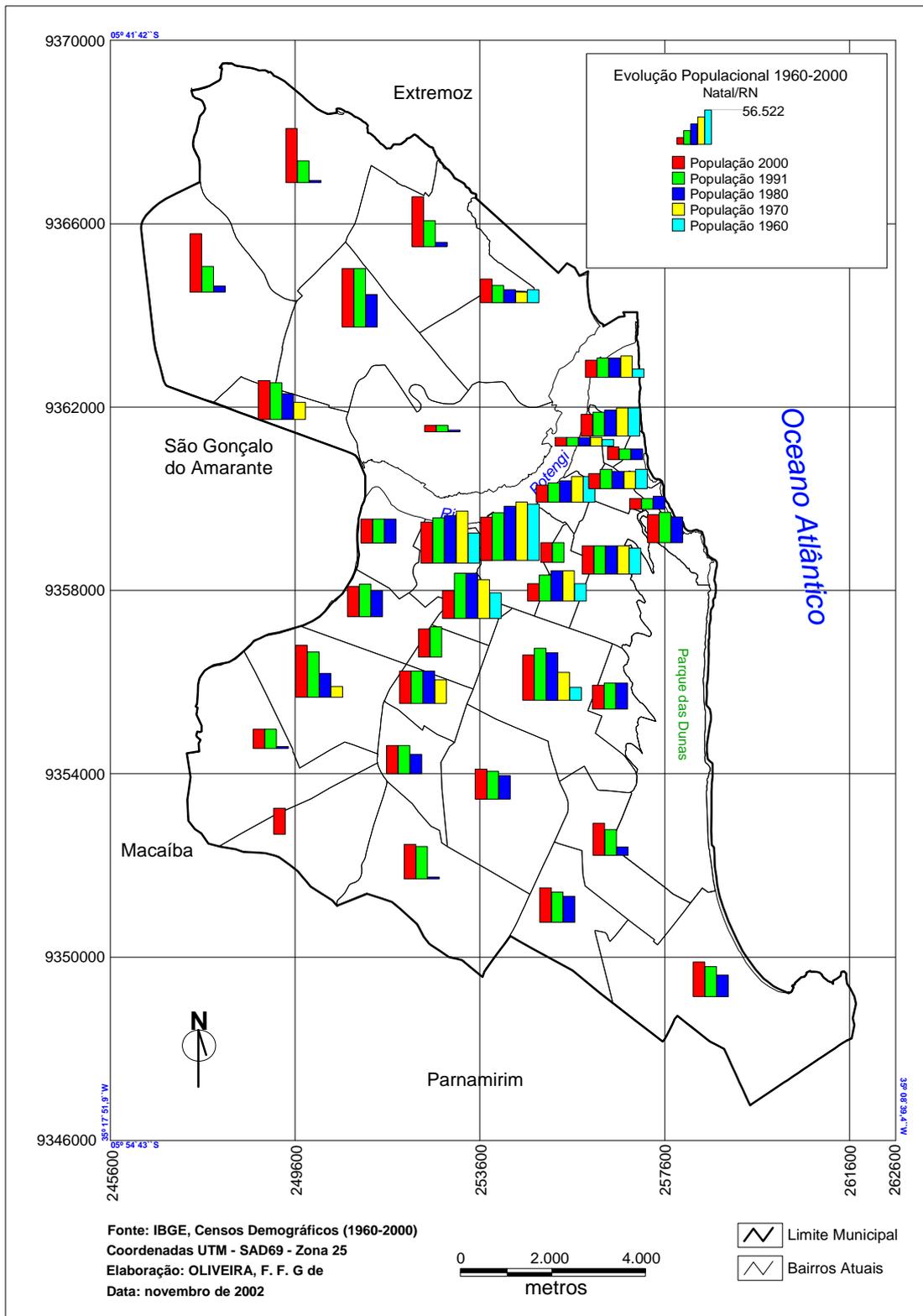


Figura 36 – Mapa de Evolução Populacional dos Bairros de Natal nos anos de 1960 a 2000.

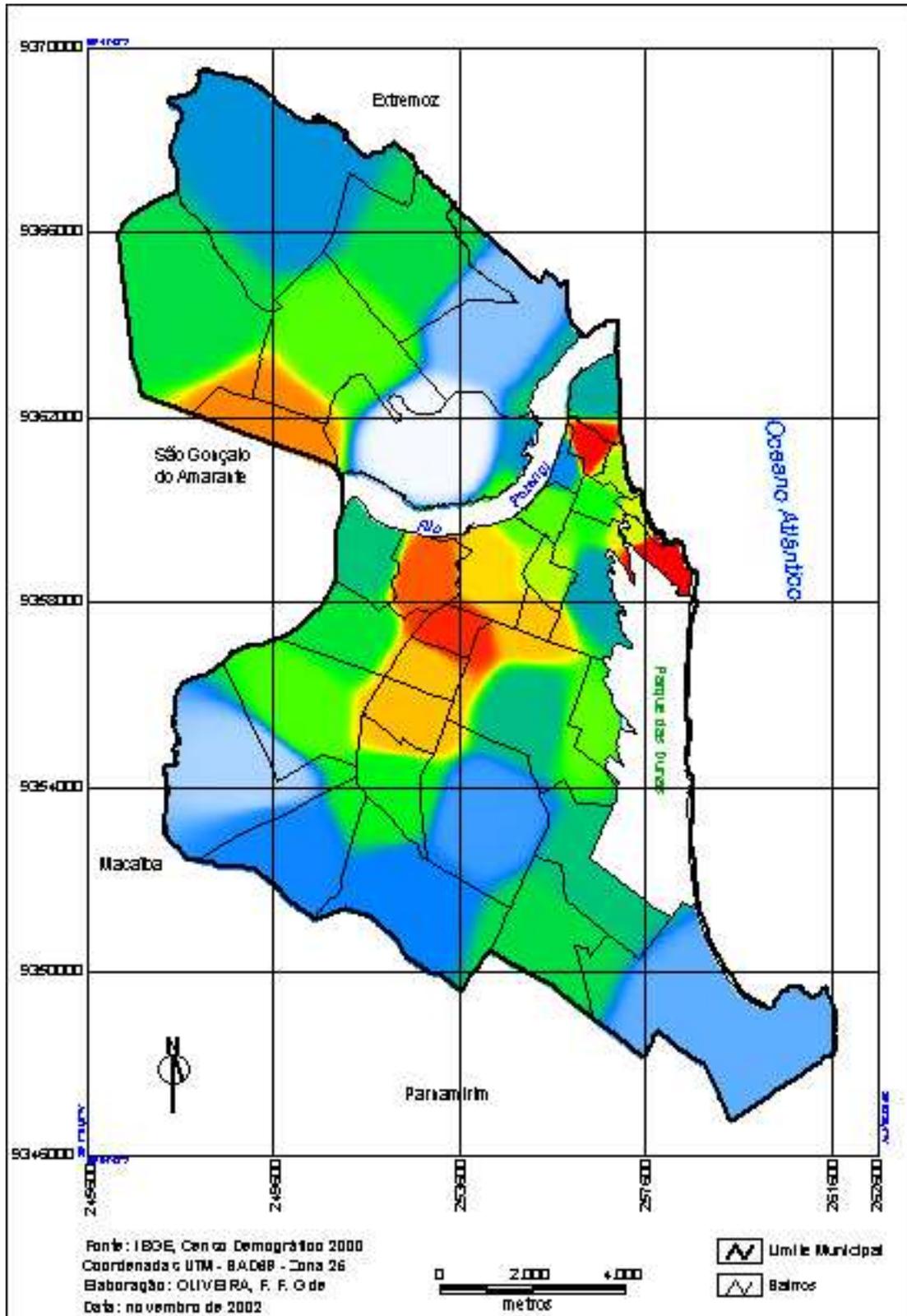


Figura 37 – Mapa de Densidade Demográfica em Natal – Ano 2000.

#### 5.4 Uso e Ocupação do Solo em Natal.

Pode-se definir o uso e ocupação do solo como sendo um sistema de classificação regido por uma percepção manual ou automatizada do território, que está sob influências culturais (política, econômica, financeira, social e ambiental) de diferentes usos da terra, determinando assim, diferentes formas de ocupações do espaço geográfico. Esta classificação consiste em:

- Entender o processo de ocupação do espaço geográfico e como este é influenciado pela dinâmica populacional;
- Distribuir por classes as diferenciadas formas de usos do solo com base nas relações sociedade-natureza;
- Construir um zoneamento das fragmentações do solo urbano e rural a partir de levantamentos cartográficos (sensoriamento remoto) ou de campo (reambulação e restituição);
- Adotar uma linguagem semiológica da paisagem e;
- Otimizar o planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico.

As análises espaciais relacionadas ao uso e ocupação do solo visam à “compreensão e visualização dos processos de alterações espaciais, seu principal objetivo de estudo, utilizando técnicas quantitativas baseadas em modelos. Sendo o modelamento cartográfico uma das melhores formas de analisar as informações relacionadas ao espaço”. (TOMLIN; FOTHERINGHAM, *apud* MARQUES; FORESTI, 2001).

Segundo a Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (1978), a ocupação do solo é a “ação ou efeito de ocupar o solo, tomando posse física do mesmo, para desenvolver uma determinada atividade produtiva ou de qualquer índole, relacionada com a existência concreta de um grupo social, no tempo e no espaço geográfico”. Já o estudo do uso do solo, “permite por sua vez, analisar a estrutura urbana pela relação entre a ocupação espacial e as atividades sócio-econômicas desenvolvidas nas áreas urbanas”. (MARQUES; FORESTI, *op cit.*).

A análise espacial de um território urbano pode trazer grandes benefícios para diversos setores da sociedade, como gestores públicos municipais, estaduais e federais, pesquisadores/academia, para o setor empresarial e seus negócios, militares, assim como para a defesa civil, por exemplo. Estas análises podem ser realizadas através de técnicas

de sensoriamento remoto orbital ou aéreo. Contudo, nas “análises do uso do solo urbano através de dados orbitais por sensores orbitais são limitadas, devido à complexidade da superfície urbana”. (MARQUES; FORESTI, 2001). Outros problemas podem ser geralmente encontrados nesse tipo de análise espacial do território urbano como: problemas na aquisição das bases cartográficas; má qualidade das bases; falta de conhecimento prévio da área; grande heterogeneidade de classes e; ausência de uma metodologia clara para a sua análise.

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo de Natal foi feita a aquisição de uma imagem do satélite Aster datada de janeiro de 2001 com resolução espacial de 15 metros nas bandas utilizadas. A escolha da cena deveu-se pelo fato de a mesma ser relativamente atual e com resolução espacial aceitável nas bandas do visível. Foi utilizada a composição de bandas 2R 3G 1B, onde foi feito um processamento digital da imagem no *software* ENVI 3.2, que permitiu também realizar o georeferenciamento da imagem e sua posterior classificação. A área total da cena corresponde a 451,1km<sup>2</sup>. O município de Natal está inserido nesta cena (com 171,1km<sup>2</sup>), conforme pode-se observar na figura 39. Portanto, todo o levantamento estatístico realizado no mapa de uso e ocupação do solo levou em consideração a área total da cena e não, somente o município de Natal.

Na classificação utilizou-se o método supervisionado com a coleta de amostras, onde optou-se pela definição de 8 classes de uso: a) águas costeiras; b) águas interiores; c) mangue alagado; d) vegetação de mangue; e) vegetação de duna; f) dunas; g) malha viária; e h) urbano. A definição das classes foi feita após diversos testes com coletas de amostras, levando em consideração a alta complexidade espectral de um alvo urbano.

A classificação supervisionada foi feita a partir do método da máxima verossimilhança (maxver) que se baseia no “princípio de que a classificação errada de um pixel particular não tem mais significado do que a classificação errada de qualquer outro pixel na imagem”. (RICHARDS, 1993). Crosta (1993), considera que o método maxver deve ser aplicado quando o analista conhece bem a imagem a ser classificada, para que possa definir classes que sejam representativas, característica essa, presente na pesquisa. Este método “minimiza a probabilidade de erro, ou seja, a probabilidade de que um padrão seja associado a uma classe que ele realmente não pertença”. (BARBOSA, 1984).

a) Classe águas costeiras: classe bastante representativa na cena. São aquelas presentes no setor leste da cidade, no Oceano Atlântico. Optou-se por homogeneizar as diferenças espectrais existentes nessa classe, visto que, sua diferenciação não é importante

para o objetivo do trabalho. Ocupa uma superfície de 136,01km<sup>2</sup>, o que equivale a 30,15% da área total;

b) Classe águas interiores: são as áreas ocupadas pelas drenagens e massas de água continentais como os rios, estuários e lagoas da cidade. Ocupa uma superfície de 11,41km<sup>2</sup>, ou 2,53% da área total da cena;

c) Classe mangue alagado: são formadas pela dinâmica da maré entre o rio Potengi e a vegetação de mangue, com alto aporte de sedimentação. Considera-se uma área de transição entre essas duas classes. Ocupa um superfície de 6,50km<sup>2</sup>, ou 1,44% da área total;

d) Classe vegetação de mangue: fica compreendida na planície flúvio-marinha do Potengi-Jundiá, abrangendo a fisionomia de densas florestas de mangue e que possuem boa resposta espectral, podendo-as distinguí-las facilmente. Ocupa uma área de 16,69km<sup>2</sup>, ou 3,70 da área trabalhada;

e) Classe vegetação de dunas: classe representativa, ocupando extensas porções de terra sobrepostas às dunas e paleodunas da cidade. Apresentam uma vegetação característica de porte arbóreo-arbustivo, ocupando um área de 127,93km<sup>2</sup>, ou 28,36% da área total;

f) Classe dunas: caracterizam-se por estarem desprovidas de vegetação dando um aspecto de máxima reflexão espectral. São representativas na faixa costeira, com a presença de influências eólicas modeladoras. Ocupam uma área de 12,27km<sup>2</sup>, ou 2,72% da extensão classificada;

g) Classe malha viária: ocupam as áreas de estradas de diversos portes como rodovias, avenidas e ruas. Ocupa um área de 9,38km<sup>2</sup> ou 2,08% da área total;

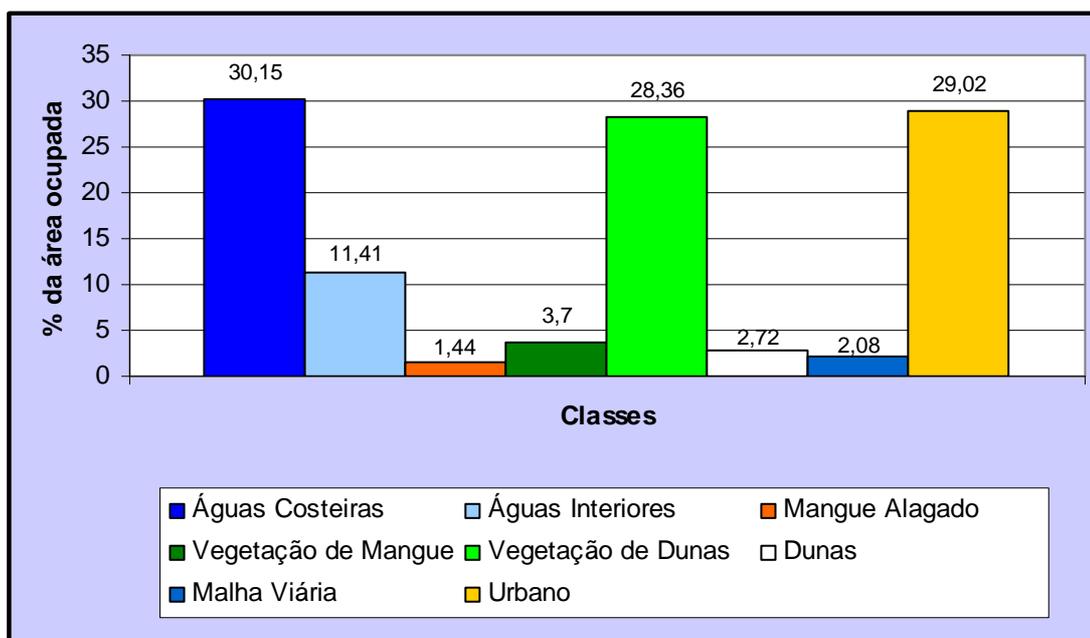
h) Classe urbano: em área continental é a classe que ocupa a maior extensão com 130,91km<sup>2</sup>, ou 29,02% da área total. São as áreas que foram observadas influencias antrópicas de cunho urbano, com empreendimentos de alvenaria e de fragmentação do território.

Portanto, na cena estudada, englobando o município de Natal, existe uma predominância de áreas urbanizadas com manchas bastante desenvolvidas de ocupação antrópica, conflitando com as vegetações de dunas que ficam “ilhadas” no meio destas. Esta ocupação urbana em 2001 se assemelha com a carta de mancha urbana de Natal do ano de

2002, onde ambas mostram a grande influência dos processos de ocupação urbana, relacionados aos impactos ambientais aos quais o município está submetido.

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Águas Costeiras	136,01	30,15
Águas Interiores	2,53	11,41
Mangue Alagado	6,5	1,44
Vegetação de Mangue	16,69	3,7
Vegetação de Dunas	127,93	28,36
Dunas	12,27	2,72
Malha Viária	9,38	2,08
Urbano	130,91	29,02
<b>Total</b>	<b>451,1</b>	<b>100</b>

**Tabela 09** – Superfície ocupada pelas classes do mapa de uso e ocupação do solo de Natal.



**Figura 38** – Proporção das classes de uso e ocupação do solo em Natal - 2001.

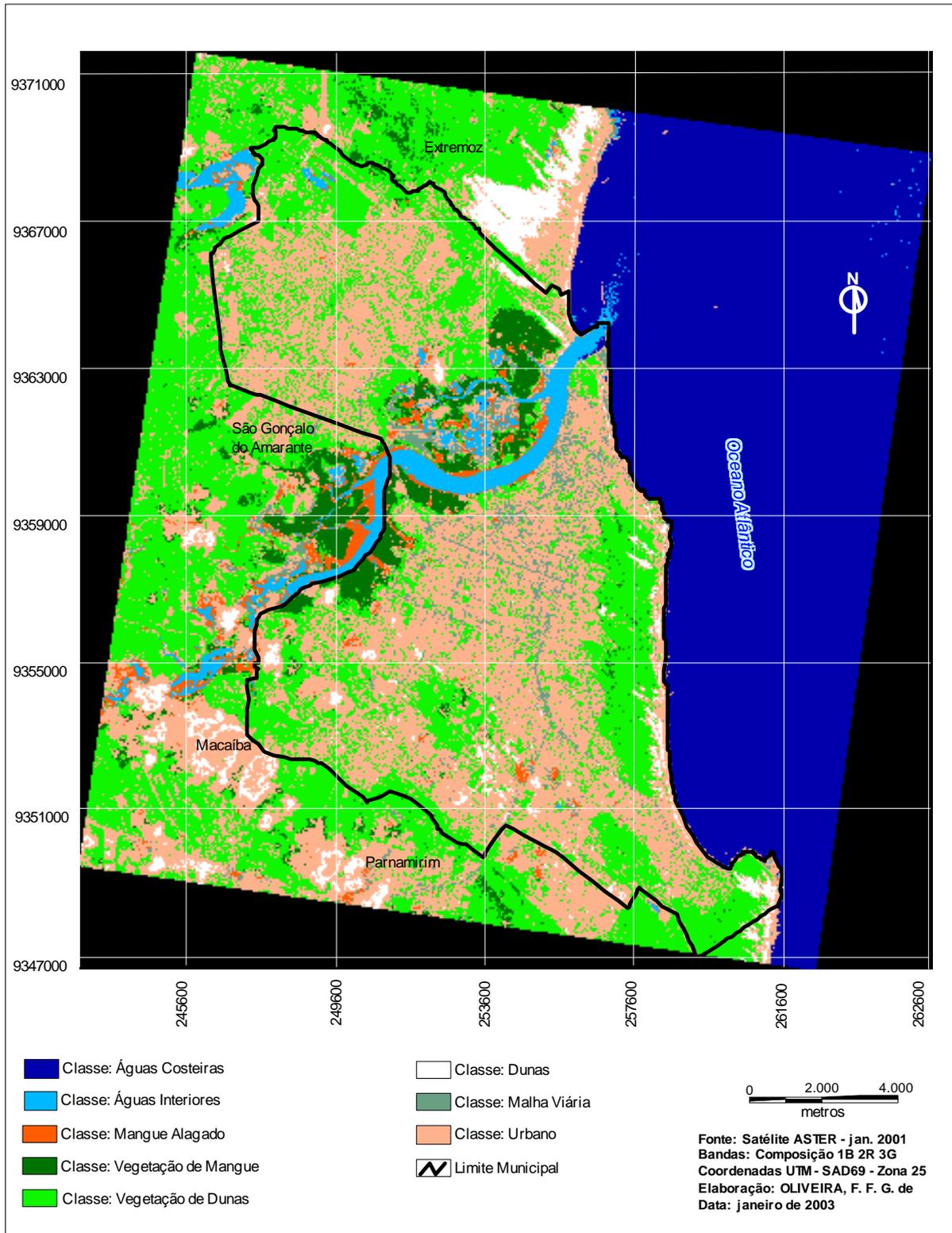


Figura 39 – Carta de Uso e Ocupação do Solo de Natal – Ano 2001.



## 6 DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM NATAL

Este capítulo pretende levantar através de percepção “*in loco*”, por compilação de material bibliográfico e por meio de técnicas de geoprocessamento as dez maiores ocorrências de impactos ambientais verificados no município de Natal. A detecção destes impactos levou em consideração a repetição histórica e a intensidade das agressões que a cidade passa de modo que se possa diagnosticar de forma quantitativa e qualitativa todas as agressões ocorridas.

A cidade, por ser um espaço onde as relações sociais e econômicas se centralizam, carrega consigo todas as alterações e influências oriundas de um processo bastante dinâmico e muitas vezes excludente. É na cidade que as contradições sociais estão mais presentes, refletindo-se em impactos e alterações bastante significativos na paisagem.

Santos (1994) refere-se à cidade como “um meio ambiente construído, que é o retrato da diversidade das classes, das diferenças de renda e dos modelos culturais”.

A cidade se insere numa visão de ecossistema, uma vez que ela é o fruto de relações de trocas e efeitos entre diversas matérias. A cidade também resgata um conceito sistêmico de caráter aberto e não isolado onde existe uma profunda troca de matéria e energia em seu espaço construído e em seu espaço natural. Segundo Mota (1981), “este ecossistema é formado de dois sistemas intimamente inter-relacionados: o ‘sistema natural’, composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, habitações, água etc) e o ‘sistema cultural’, consistindo do homem e suas atividades”. Também “a implantação de redes de infra-estrutura urbana e o adensamento populacional representam a substituição de uma prévia dinâmica do ambiente físico pela dinâmica do ecossistema urbano caracterizado por um elevado consumo de matéria e de energia” (CRUZ; ANJOS, 2001).

O urbano se insere no conceito de espaço como “um conjunto de realizações através de funções e de formas que se apresentam como testemunho de uma história escrita por processos do passado e do presente” (SANTOS, 1997). É produto das realizações sociais, econômicas, culturais e políticas, que interferem de forma direta na dinâmica ecossistêmica da cidade. Os impactos ambientais gerados por essas relações espaciais mostram claramente todo o processo contraditório que o espaço construído e o espaço natural passam. Este fato altera o controle ecológico deste ecossistema de modo

que qualquer rompimento em sua cadeia ecológica interfere no ambiente urbano. Este sofre ainda, por fatores antropogênicos rápidos e variadas influências não permitindo muitas vezes uma correta mitigação do impacto gerado. Os impactos ambientais urbanos

...são mais percebidos pelos setores menos favorecidos da população, que, confinados as áreas mais susceptíveis às transformações próprias dos processos ecológicos, porém aceleradas pelas ações humanas, não podem enfrentar os custos da moradia em áreas ambientalmente mais seguras ou beneficiadas por obras mitigadoras de impactos ambientais de sorte que, são ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais. (COELHO, 2001).

Tenta-se aqui abordar e detectar os impactos ambientais de uma forma holística, que possibilite de forma clara e sistemática, diagnosticar a real situação em que o ambiente natalense se encontra.

Coerentemente com tal visão teórica, o caráter ambiental deve ser compreendido no seu sentido mais amplo, que reúne ao mesmo tempo e de forma inseparável o físico, biológico, químico, social, político e cultural, portanto a explicação de impactos ambientais, não se limita a um número reduzido de variáveis, de idéias, informações ou teorias. Devem ser concebidos no impacto ambiental vários modos ou níveis, aos quais corresponde cada um dos ângulos da análise efetuada. (COELHO, *op cit.*).

Toda a análise feita para detecção dos impactos ambientais em Natal passou por diversas etapas: inicialmente com ida a campo para fazer um reconhecimento e uma verificação dos ambientes degradados. Esta etapa serviu também para verificar a procedência das informações compiladas de bibliografias como jornais, livros, artigos e trabalhos acadêmicos (monografias, dissertações e teses) acerca da temática ambiental em Natal. Outra etapa consistiu na fusão das informações coletadas anteriormente utilizando associadamente uma análise cartográfica a partir de produtos de sensoriamento remoto para detecção de impactos de alta intensidade e de grande escala.

Toda a problemática ambiental nas cidades brasileiras é fruto, dentre outras mais, de uma distorcida distribuição de renda associada às desigualdades sociais e a um crescimento urbano desordenado e sem qualquer tipo de planejamento implementado por políticas públicas. Esses fatores desencadeiam na sociedade e na natureza relações paradoxais que alteram substancialmente os recursos naturais da cidade. Segundo Jacobi (1999), “a dinâmica urbana excludente e segregadora determina uma paisagem cada vez

mais marcada pela prevalência de estratégias de sobrevivência que destroem a cobertura vegetal e privilegiam práticas de deterioração do meio ambiente urbano”.

As alterações sócio-espaciais que a cidade passa por meio da substituição do espaço natural pelo espaço construído, justificado pela implantação de grandes empreendimentos imobiliários, reproduzem na cidade a presença do capital e sua identidade contraditória e excludente. A forte pressão do capital imobiliário na cidade, com discursos de geração de emprego e renda mostra que as elites econômicas da cidade ainda pregam o desenvolvimento a qualquer custo. A política desenvolvimentista das décadas de 60 e de 70 no país chega à cidade e ainda faz parte de seu cotidiano político e empresarial.

Neste sentido, não são realizadas as etapas padronizadas de urbanização (avaliação de impactos ambientais, demarcação de terrenos, implantação de sistemas de infra-estrutura urbana, ocupação, etc). A ocupação acelerada acaba por desencadear um conjunto de impactos de natureza física, social e cultural. (CRUZ; ANJOS, 2001).

Neste cenário, o diagnóstico ambiental vem para verificar como estão as condições ambientais da cidade possibilitando um melhor entendimento de todas as causas e efeitos dos impactos, haja vista que as rápidas transformações sócio-espaciais a que a cidade passa acaba necessitando da obtenção de uma análise ambiental da saúde dos recursos naturais do município possibilitando que os gestores públicos direcionem mais precisamente recursos para recuperação e manejo de ambientes com alto índice de degradações ambientais.

### **6.1 Análise Quali-Quantitativa dos Impactos Ambientais Identificados.**

Segundo Nitsche; Almeida (2000), “um diagnóstico deve ser desenvolvido com visão global dos fenômenos, caracterizando a região a ser estudada, como uma unidade a ser representada pela homogeneidade de seus componentes, suas estruturas, fluxos e relações”.

Este diagnóstico resgata interpretações da paisagem para sua melhor execução. A verificação dos impactos ambientais na cidade suscita a elaboração diagnosticada dos diversos ambientes naturais ou construídos, justamente baseado numa visão holística da realidade. Esta visão permite ao pesquisador o levantamento integrado de várias informações ambientais a fim de interpretá-las de uma forma mais relacionada às diversas interações sócio-espaciais existentes na cidade. Com isso, a análise qualitativa dos

impactos ambientais na cidade permite pontuar cada situação degradante com vistas a uma análise integrada da situação ambiental em Natal com o objetivo de formular um diagnóstico ambiental do município.

Esta análise seguirá uma metodologia relacionada ao uso de técnicas de geoprocessamento com produção de material cartográfico e repetidas idas a campo para levantamentos, restituição e reambulação de informações relacionadas à verificação dos impactos ambientais em Natal. Esta etapa apresenta-se como a mais importante neste trabalho, visto que levanta e discute diretamente a ocorrência, com seus respectivos zoneamentos, dos impactos ambientais na cidade.

Como já frisado, para um melhor ordenamento das idéias e para facilitar o entendimento acerca da verificação dos impactos ambientais em Natal, optou-se por levantar os 10 maiores impactos ambientais no município. Isto possibilita que não se abra demais a discussão acerca dos impactos e que se ordene de forma hierarquizada e qualitativa os impactos baseados principalmente na análise da relação causa-efeito.

Isto posto, através de diversas análises de campo, compilação bibliográfica, e análise por geoprocessamento, levantou-se os 10 maiores impactos ambientais no município de Natal que são:

- 1) Devastação de Dunas;
- 2) Processos Erosivos;
- 3) Assoreamento dos Rios e Lagoas Naturais;
- 4) Contaminação das Águas Subterrâneas;
- 5) Poluição e Contaminação das Águas e Sedimentos das Águas Superficiais;
- 6) Enchentes e Alagamentos Urbanos;
- 7) Contaminação e Devastação de Manguezais;
- 8) Produção e Destino Final do Lixo Urbano;
- 9) Ocupação e Operação Irregular de Cemitérios e;
- 10) Poluição Visual, Sonora e Atmosférica.

Para uma abordagem científica, utilizando-se de modelos estatísticos, matemáticos, analíticos, probabilísticos, etc., é necessário o desenvolvimento de um raciocínio analítico compatível com a Legislação Ambiental Brasileira. Para isso, o

interessado deve-se valer também de técnicas específicas para o cálculo dos impactos no meio biológico, físico e antrópico.

A avaliação da ocorrência de possíveis impactos ambientais na área de estudo será desenvolvida seguindo-se o método da matriz em “*Check-list*”, partindo-se do diagnóstico ambiental realizado no local. Buscando este fim, descrever-se-á o levantamento dos 10 impactos ambientais na cidade que mais se destacam. As considerações previstas na Resolução nº 001/86 do CONAMA e demais regras normatizadoras de impactos serão aplicadas a toda área de influência do município, devendo-se evitar todo e qualquer tipo de infração à norma pelo município, a fim de que se honre a legalidade ambiental, fato este que, por sinal, tradicionalmente não se verifica nas gestões públicas municipais em Natal.

#### 6.1.1 Definição dos Atributos e Parâmetros Utilizados para Avaliação dos Impactos Ambientais.

A definição dos atributos e parâmetros utilizados para a avaliação dos impactos ambientais, obedece a normas pré-estabelecidas, tendo como base uma técnica calcada nos sistemas abertos e na relação causa-efeito. Sobre a definição dos parâmetros utilizados para as definições dos impactos ambientais, Rodrigues (1998), afirma que:

...muitas vezes, os parâmetros para composição das listas são selecionados a partir de critérios estabelecidos na legislação, juntamente com seus limites de tolerância, como ocorrência de contaminantes em água, níveis admissíveis de ruído, emissão de poluentes, entre outros. Por comparação entre os limites de tolerância estabelecidos para cada critério e os níveis estimados ou previstos como a aplicação da tecnologia ou após o desenvolvimento do projeto, é possível caracterizar o impacto.

A definição dos atributos e parâmetros será baseada no grau de influência dos impactos no município, sendo adotada para tal, o número de 6 (seis) atributos e 15 (quinze) parâmetros, apontados a seguir.

**Caráter:** representa a influência de uma ação realizada no município tendo como resposta uma alteração ambiental no seu constituinte ecossistêmico.

- **Positivo (+):** quando uma ação realizada numa área tem como consequência uma alteração benéfica à mesma.

- *Negativo (-)*: quando uma ação realizada numa área tem como consequência uma alteração negativa à mesma.

- *Indefinido (±)*: quando uma ação realizada numa área tem como consequência uma alteração ambiental ainda incerta, pois depende das técnicas, métodos e intensidades utilizados na ação impactante, tornando-se positivo ou negativo por meio do monitoramento ambiental.

**Ordem:** atributo pelo qual se determina o nível de relação entre a ação impactante e o impacto gerado ao meio ambiente.

- *Direto (D)*: também denominado impacto primário ou de primeira ordem, resulta de ação direta da atividade impactante sobre elemento do meio.

- *Indireto (I)*: resulta de uma ação secundária em resposta à ação anterior ou quando é integrante de uma cadeia de reações, também denominada de impacto secundário ou de enésima ordem.

**Magnitude:** Representa a extensão do impacto ambiental apresentando-se numa dimensão que se torna gradual às diferenciadas ações produtoras dos impactos no sistema ambiental.

- *Fraco (1)*: Quando os fatores impactantes são inexpressíveis não chegando a causar descaracterização dos constituintes ambientais.

- *Moderado (2)*: Quando os fatores impactantes são medianamente elevados chegando a causar uma baixa descaracterização dos constituintes ambientais.

- *Forte (3)*: Quando os fatores impactantes são bastante elevados a ponto de causar uma profunda descaracterização geral dos constituintes ambientais.

**Duração:** é a contabilização de tempo da duração do impacto, depois de finalizada a ação executada que o determinou.

- *Curta (C)*: quando a neutralização do impacto ocorre imediatamente após o final da ação.

- *Média (M)*: quando da necessidade de decorrer razoável período de tempo para a dissolução do impacto.
- *Longa (E)*: quando após a conclusão da ação geradora do impacto, este permanece por longo período de tempo.

**Escala:** delimita a extensão espacial do impacto tendo como base, a relação entre a ação causadora e a extensão territorial atingida.

- *Local (L)*: quando a extensão do impacto atinge a superfície delimitada pela área de influência direta e uma pequena porção periférica da área atingida.
- *Regional (R)*: quando a extensão do impacto atinge a superfície delimitada pela área de influência da área impactada e sua bacia hidrográfica.

**Reversibilidade:** menciona a capacidade do elemento do meio atingido por uma determinada ação, de retornar às condições ambientais precedentes.

- *Reversível (↑)*: quando após a ação impactante o objeto ambiental atingido retorna às condições ambientais iniciais, de forma natural ou antrópica.
- *Irreversível (↓)*: quando o objeto ambiental atingido por ação impactante não alcança as condições ambientais anteriores, apesar de tentativas com esse propósito.

O quadro 2 apresenta o "*Check-list*" resumido dos impactos ambientais levantados pela interpretação e valoração pessoais, em suas mais diversas características de atributos e parâmetros. Esse "*Check-list*" permite a visualização holística da realidade, descrevendo as ações geradoras de impacto e suas respectivas identificações.

Ação Impactante	Atributos														
	Caráter			Ordem		Magnitude			Duração		Escala		Reversibilidade		
	Parâmetros														
	+	-	±	D	I	1	2	3	C	M	E	L	R	↑	↓
Devastação de Dunas		•		•				•				•		•	
Processos Erosivos		•			•			•				•		•	
Assoreamentos dos Rios e Lagoas Naturais		•			•			•				•		•	
Contaminação das Águas Subterrâneas		•			•			•				•		•	
Poluição e Contaminação de Águas e Sedimentos das Águas Superficiais		•			•			•				•		•	
Contaminação e Devastação de Manguezais		•			•			•				•		•	
Enchentes e Alagamentos Urbanos		•			•			•	•			•		•	
Produção e Destino Final de Lixo Urbano		•			•			•				•		•	
Ocupação e Operação Irregular de Cemitérios		•			•			•				•		•	
Poluição Visual, Sonora e Atmosférica		•			•			•				•		•	
<b>PREDOMINÂNCIA PARAMÉTRICA PARA CADA IMPACTO</b>		■			■			■		■	■		■	■	

**Quadro 2** – “Check List” resumido dos impactos ambientais em Natal de acordo com interpretações pessoais.

### 6.1.2 Discussão e Avaliação das Análises Quantitativas dos Impactos.

Todos os impactos ambientais representados neste capítulo expressam as possíveis conseqüências e respostas ambientais das atividades relacionadas às dinâmicas econômicas e sociais presentes no município. A descrição e avaliação dos impactos ambientais constituem uma das mais importantes etapas neste trabalho uma vez que é um dos objetivos do trabalho. A interação dos diversos impactos ambientais verificados aqui tem como resposta o grau de identificação dos mesmos, ou seja, o fator impactante depende de uma série de atributos correlacionados.

A descrição dos 10 impactos no “*Check List*” interage com seus respectivos atributos e parâmetros. Esta metodologia aborda a análise dos impactos em um caráter totalmente negativo, verificando e diagnosticando a situação ambiental em Natal. Para isso, é necessário ter uma noção real das ocorrências negativas dos impactos na cidade.

Ainda do total de 10 impactos, 4 são de ordem direta e os 6 restantes são de ordem indireta. A magnitude expressa no total dos impactos, reflete a seguinte situação: nenhum impacto é de magnitude fraca, 3 são de magnitudes moderadas e 7 são de magnitudes fortes. A duração dos impactos tem os seguintes dados: 2 são de curta duração, 4 de média duração, e os outros 4 são de impactos de longa duração. Quando se remete à escala territorial dos impactos, verifica-se que dos 10, 1 é de escala local, e os 9 restantes são de escala regional. Neste caso vê-se a importância da interação dos constituintes ambientais, relacionados ao sistema regional hidrográfico do estuário do Potengi/Jundiaí e da sub-bacia do Pitimbu que agrega a bacia do Pirangi. Por fim, em se tratando do grau de reversibilidade dos impactos, do total de 10 impactos, 7 são reversíveis e 3 deles são de grau irreversível. Esta questão mostra dois pontos que devem ser ressaltados. O primeiro refere-se à acentuada porcentagem de impactos reversíveis e a menor existência de impactos irreversíveis, o que ocorre mesmo com a magnitude dos impactos sendo altas a ponto de as novas técnicas de recuperação de áreas degradadas não conseguirem saná-los.

Em relação à predominância dos impactos, já se discutiu que todos têm um caráter negativo, mesmo sabendo que alguns fatores geradores de impactos como a carcinicultura marinha no estuário do Potengi/Jundiaí podem trazer impactos positivos, mesmo em curto prazo, com a geração de emprego e renda aos proprietários dos viveiros ali localizados. Verifica-se também que os impactos tem uma predominância de ordem indireta que resulta de uma ação secundária em resposta à ação anterior ou quando é integrante de uma cadeia de reações, também denominada de impacto secundário ou de

enésima ordem. Ou seja, as ocorrências de impactos verificados em Natal são muitas vezes conseqüências de outras atividades no ambiente o qual está submetido ao impacto.

A magnitude dos impactos na cidade é forte com algumas ocorrências de moderados como na problemática do lixo, da ocupação de cemitérios e nas poluições visual, sonora e atmosférica. Esta forte magnitude nos impactos em Natal mostra que devem ser tomadas atitudes urgentes com o objetivo de sanar ou diminuir suas magnitudes. A duração dos impactos contabiliza a permanência dos mesmos quando sanada a ação impactante no meio. Na cidade, variam de média a longa duração. Uma vez que depois de finalizada a ação e pelas características do ambiente em Natal, os impactos demoram mais a ser sanados.

Por a cidade estar inserida em um ambiente litorâneo e estuarino com uma dinâmica ambiental regional e variada, os impactos verificados têm uma relação com as bacias hidrográficas presentes na área estudada, delimitando assim, uma extensão espacial dos impactos de escala regional. Contudo, analisa-se que uma boa parcela destes (70%) ainda apresentam um grau de reversibilidade, podendo retornar às condições ambientais iniciais, caso sejam sanadas todas as ações impactantes na cidade, mostrando que ainda há tempo para que se tomem medidas que visem à devida proteção aos ambientes naturais e construídos da cidade.

Do ponto de vista qualitativo, verifica-se que os impactos mais degradantes à cidade são a devastação de dunas e a contaminação de águas subterrâneas. Uma vez que ambas apresentam uma maior incidência histórica somando-se a de uma apresentação de caráter irreversível, ou seja, uma vez impactado, não é mais possível recuperar os ambientes atingidos. Claro, sabendo que muitas técnicas de mitigação de impactos estão surgindo, podendo alterar com isso essa afirmação, ou seja, até o momento ainda não existem técnicas de excelência para a implantação das medidas de controle ambiental que visem a melhoria ambiental nesses dois maiores impactos na cidade.

A seguir pode-se observar um quadro-resumo com uma análise quali-quantitativa resumida dos impactos ambientais em Natal, abordando-se as análises relacionadas aos fatores impactantes, com suas respectivas conseqüências ambientais dos impactos verificados. Soma-se a estas análises um resumo dos resultados quantitativos para cada impacto verificado anteriormente.

IMPACTO AMBIENTAL	FATOR IMPACTANTE	CONSEQUENCIA AMBIENTAL	RESUMO QUANTITATIVO
<b>Devastação de Dunas</b>	Principalmente fatores relacionados à expansão urbana	Queimadas, desmatamentos, retiradas de sedimentos, depósito de lixo, aterramentos e terraplanagens	- D 3 E R ↓
<b>Processos Erosivos</b>	Expansão urbana/populacional em áreas com fragilidade ambiental como em áreas declivosas, de topografia acidentada e em margens de rios	Assoreamentos nos mananciais superficiais e movimentos de massa em áreas urbanas provocando aterramentos e caídas de barrancos nessas áreas	- I 3 E R ↓
<b>Assoreamentos dos Rios e Lagoas Naturais</b>	Expansão urbana/populacional provocando um processo de retirada da vegetação fixadora de sedimentos nas margens destes mananciais	Aterramentos, alterações no curso e diminuição da vazão hídrica de rios e lagoas; prejuízo à fauna e flora	- I 3 E R ↑
<b>Contaminação das Águas Subterrâneas</b>	Causados pela ausência de esgotamento e tratamento sanitários adequados	Problemas relacionados à saúde pública, diminuição do abastecimento de água potável para a cidade	- I 3 E R ↓
<b>Poluição e Contaminação de Águas e Sedimentos das Águas Superficiais</b>	Descarga de efluentes domésticos (orgânicos) e industriais (físico-químicos, metais pesados e óleos e graxas)	Problemas relacionados à saúde pública, alteração da qualidade hídrica e contaminação da biota com mortandade da fauna	- I 3 M R ↑
<b>Contaminação e Devastação de Manguezais</b>	Desmatamentos para a construção de viveiros para carcinicultura, depósito de lixo, aterramento para construção civil e poluição hídrica doméstica e industrial	Diminuição e alteração de toda a biodiversidade estuarina; alteração na dinâmica dos processos oceânicos estuarinos, provocando erosões	- I 3 M R ↑
<b>Enchentes e Alagamentos Urbanos</b>	Processos meteorológicos anormais com alto índice de precipitação com ocupação e impermeabilização urbana de áreas com topografia abaixo de 30 metros	Alagamentos em áreas urbanizadas com características, comerciais, residências e de trânsito provocando profundos transtornos à população	- D 3 C R ↑
<b>Produção e Destino Final de Lixo Urbano</b>	Falta de vontade política para sua implementação, visto que, várias propostas técnicas já foram elaboradas indicando os locais mais apropriados para sua localização	Poluição das águas, solos e atmosfera, degradação da paisagem, proliferação de doenças e mendicância social com o surgimento de catadores de lixo	- D 2 M R ↑
<b>Ocupação e Operação Irregular de Cemitérios</b>	Ausência de vontade política para exigir uma melhor instalação de cemitérios, falta de zoneamento ambiental que discipline tecnicamente as localizações adequadas para este fim	Contaminação das águas superficiais, subterrâneas, e dos solos, por decomposição dos cadáveres, provocando uma série de problemas de saúde pública	- D 2 M R ↑
<b>Poluição Visual, Sonora e Atmosférica</b>	Processo de expansão urbana desordenada que não disciplina, nem estabelece parâmetros norteadores com critérios técnicos de expansão e de desenvolvimento urbano	Degradação da paisagem natural, efeitos com riscos à saúde pública, com a geração de ruídos e de partículas atmosféricas poluentes combinadas	- I 2 C L ↑

**Quadro 3** – Quadro resumo relacional quali-quantitativo dos impactos ambientais em Natal.

A seguir, serão expostos e explicados cada um desses impactos levantados aqui com o objetivo de possibilitar um maior aprofundamento acerca dos temas abordados, procurando entender justamente a relação entre eles.

## **6.2 – Discussão dos Impactos Ambientais Identificados.**

### **6.2.1 Devastação de Dunas.**

Este impacto mereceria um capítulo à parte, ao se constatar ser o maior e mais constante no município. Este é bastante caracterizado como fator histórico no desenvolvimento urbano de Natal que se desenvolveu e se desenvolve sobre estas unidades ambientais. A degradação ou devastação das dunas de Natal são representadas por uma série de atividades sobre elas, como queimadas, desmatamentos, retiradas de sedimentos para a construção civil, depósito de lixo e aterramento e terraplanagem de vales e lagoas interdunares, planificando em demasiado a topografia da cidade.

Sobre este fato analisa-se que Natal passa por um acentuado processo de descaracterização geomorfológica das dunas, uma vez que, as áreas de maior cota topográfica passam por um processo de planificação com fins de construção para empreendimentos imobiliários. Somando-se a este fato, pode-se verificar também processos de aterramento de vales interdunares com deposição de material de rejeitos de construção civil (metralhas) em várias áreas da cidade, assim como em lagoas.

Santos; Filgueira; Costa (1992) mostram que as dunas que fazem parte do cordão dunar de Lagoinha, Pirangi, San-Vale, Candelária, Cidade Nova e Guarapes, limitando-se com os municípios de Parnamirim e Macaíba, já no início da década de 90, eram utilizadas como área de empréstimo para a construção civil, desmatamento e terraplanagem com fins de urbanização, queimadas para fins agrícolas e retirada de madeiras para fins energéticos.

A terraplanagem acentuada na cidade traz a reboque uma alteração substancial em sua paisagem. Paisagem esta que se caracteriza por possuir feições dunares de formatos convexos de extrema beleza cênica. Todo esse processo é fruto da expansão de empreendimentos imobiliários em áreas dunares. A implantação desses grandes empreendimentos desde a década de 70 acelerou em demasiado a devastação das dunas, inicialmente nos bairros de Candelária e Lagoa Nova e, posteriormente, nos bairros de Pirangi, Capim Macio, Ponta Negra, Pitimbu, Felipe Camarão e Pajuçara. Atualmente as

maiores áreas com presença de degradação em dunas são os bairros de Candelária (San-Vale), Ponta Negra (extremidade sudeste), Lagoa Azul e Pajuçara.

Souza (1999), investigando as alterações ambientais nas dunas na Avenida Prudente de Moraes, à esquerda, no sentido Candelária-Pitumbu, comparou as diversas formas de uso e ocupação do solo e das unidades de paisagem, já evidenciando a ocorrência de desmatamentos, queimadas, deposição de lixo, invasão de área, ausência de cercamento para a proteção de áreas de preservação, impermeabilização do terreno e processos erosivos.

Na verdade, numa cidade assentada sobre dunas e com um alto índice de expansão urbana, é inevitável que se verifiquem sérios danos às mesmas. Contudo, deve-se levar em consideração a grande importância deste sistema ambiental dunar, uma vez que:

- é responsável pela captação e armazenamento de águas pluviais para a recarga do aquífero abastecedor de água da cidade;
- é amenizador climático da cidade, pois dá suporte à vegetação fixadora de dunas e retentora de calor atmosférico;
- sua vegetação tem o papel de seqüestrador do dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) produzido pela combustão de combustíveis fósseis provenientes dos veículos da cidade;
- serve de refúgio à fauna e flora mantendo a biodiversidade ecológica da cidade;
- também é responsável pela recarga do abastecimento dos rios da cidade como o Pitumbu e o Doce, além das lagoas naturais;
- protegido, é fixador de sedimentos impedindo movimentos de massa e respectivos processos erosivos em áreas com alto índice de declividade;
- é importante para manter a beleza paisagística/cênica da cidade, além de ser uma área importante para a pesquisa científica em escala regional e;
- vegetacionado aumenta o índice de infiltração hídrica por escoamento subsuperficial por causa da retenção da umidade pela vegetação, diminuindo, portanto, o escoamento superficial e conseqüentes processos erosivos.

Segundo Mineiro; Porpino; Palhano (2001), “das dunas originárias de Natal restam apenas uma pequena parcela. A cidade foi sendo construída quase que inteiramente em cima delas”. Desta forma, se faz bastante ineficaz uma política preservacionista nestes ambientes em virtude de influências urbanísticas que comprometem sua preservação.

Como já frisado anteriormente, verifica-se que os principais danos ambientais em ecossistemas de dunas são provocados pelas queimadas, desmatamentos, retiradas de sedimentos, depósitos irregulares de lixo, aterramentos, terraplanagem e construções irregulares. Esses fatores de impacto muitas vezes atuam conjuntamente acelerando os danos ambientais na cidade.

- **Queimadas:** as queimadas em vegetação de dunas em Natal são bastante comuns e têm seu maior índice nos meses que vão de agosto a fevereiro por causa do baixo índice de precipitação provocando o ressecamento da vegetação. Com isso, a combustão da vegetação é bastante facilitada. Grande parcela das queimadas verificadas no município têm um caráter criminoso, visando a limpeza do terreno e a obtenção de lenha e carvão vegetal. Também observa-se o alto índice de queimadas nas Zonas de Proteção Ambiental da cidade com o objetivo de descaracterizar um dos fatores protetores destas que é a composição florística, possibilitando assim a liberação e licenciamento para a especulação e construção imobiliárias. (Observar figura 40).

Muitas das queimadas nas dunas em Natal são provocadas pela queima de lixo jogado irregularmente em terrenos baldios que acabam por se espalhar atingindo toda a vegetação circunvizinha. A fumaça gerada pelas queimadas nas dunas trazem sérios danos à qualidade atmosférica e, por limitarem-se quase que em sua maioria com áreas residenciais, provocam problemas respiratórios à população residente nestas áreas.

- **Desmatamentos:** a ocorrência de desmatamentos na cidade é causada principalmente para o abastecimento de lenha para estabelecimentos comerciais como padarias e pizzarias que utilizam lenha como combustível para seus fornos. Também é utilizada para fins domésticos por habitantes com baixíssimo poder aquisitivo e que não podem usufruir uma infra-estrutura básica como o gás de cozinha. Outro fator causador dos desmatamentos é a fragmentação imobiliária da cidade com o estabelecimento de loteamentos em áreas dunares necessitando da “limpeza” da área para seu cercamento. Considera-se a questão fundiária da cidade como um dos principais fatores causadores dos desmatamentos na cidade. (Observar figura 41).

- **Retirada de sedimentos:** historicamente este problema é verificado na cidade, pois a construção civil utiliza as dunas como “áreas de empréstimo” e como matéria prima

nas construções. O grande problema é que esta retirada de sedimentos (areia) traz junto uma grande descaracterização geomorfológica e uma queda da vegetação ali fixada. Com a supressão da duna, sua feição se torna plana e com isso, um empreendimento imobiliário toma seu espaço, impermeabilizando o solo, diminuindo assim a recarga por águas pluviais ao aquífero. (Observar figura 42).

- **Depósitos irregulares de lixo:** neste ponto a cidade tem uma tradição negativa, de depositar lixo doméstico em áreas de dunas não ocupadas, gerando sérios problemas ambientais a este ambiente, pois este lixo que muitas vezes não é coletado pela empresa URBANA, é queimado gerando incêndios que chegam a atingir a vegetação dunar. Além desses fatores, somam-se os problemas sanitários oriundos da decomposição de lixo com um grande aumento no índice de aparecimento de animais que são prejudiciais à saúde humana. (Observar figura 43). A questão do lixo em Natal será tratada mais profundamente em um sub-capítulo mais à frente neste trabalho.

- **Construções irregulares:** a ausência de gestões públicas relacionadas às políticas habitacionais provoca um processo de periferização da cidade com ocupações residenciais de baixa renda em áreas com alta susceptibilidade de impactos ambientais nas dunas de Natal. Esta ocupação traz consigo toda uma gama de danos ambientais anteriormente citados, localizando-se em áreas de alto declive topográfico, caracterizando-as como áreas de risco ambiental. (Observar figura 44).



Figura 40



Figura 41

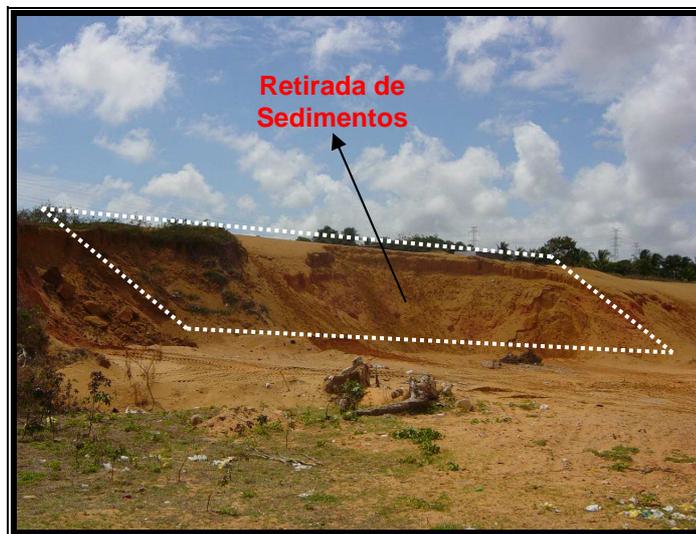


Figura 42



Figura 43



Figura 44

Fonte: Frederico Fonseca. abr, 1999 (43); nov. 2002.

**Figuras 40 a 44** – Aspectos de devastação de dunas em Natal com queimadas, desmatamentos, retirada de sedimentos, deposição de lixo e construção irregulares, respectivamente.

### 6.2.2 Processos Erosivos.

A cidade se caracteriza pela não ocorrência de grandes processos erosivos, justamente por possuir quase que predominantemente um embasamento sedimentar composto por grãos de areia formando as dunas da cidade, facilitando a percolação das águas precipitadas para o lençol freático gerando, portanto, uma baixa saturação de base pela alta drenabilidade, provocando assim um limitado movimento de massa.

A ocorrência destes processos na cidade está relacionada a movimentos eólicos e a áreas de afloramento do Barreiras, agravada pelos desmatamentos da vegetação dunar, da vegetação de galeria e por ocupações urbanas irregulares. Outra forma de processo erosivo na cidade são as erosões costeiras, relacionadas ao avanço do mar, principalmente na praia de Areia Preta, que pelas forças da maré, pressionam as áreas urbanas próximas à costa. É comum se verificar em momentos de preamar o fenômeno de solapamento de base nas barreiras que estão sob estabelecimentos comerciais e residenciais, provocando com isso quedas de sedimentos pela forte pressão exercida exatamente na região de “offshore”. (Observar figura 45). Em consequência destes fatos, o Governo Federal juntamente com a Prefeitura Municipal desenvolvem um trabalho de recuperação desta praia com o projeto de aterramento e criação de uma região de praia como forma de tentar sanar todos os problemas advindos dos processos erosivos naquela área. (Observar figura 46).

Segundo Salomão (1999), podem-se destacar como as principais causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades: os planos de obra inadequados do sistema viário, muitas vezes agravado pela falta de pavimentação; guias e sarjetas; traçado inadequado do sistema viário, não considerando a declividade e comprimento das vertentes; deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas e expansão urbana descontrolada. Ainda segundo o autor “a maior parte das cidades instaladas em terrenos constituídos por solos de textura arenosa e relativamente profundos apresentam erosão por ravinas e boçorocas, causadas especialmente pela concentração das águas de escoamento superficial (pluviais e servidas)”.

Em Natal as áreas com presença de relevo ondulado são as que apresentam os maiores índices de danos ambientais relacionados aos processos erosivos, uma vez que os movimentos gravitacionais de areia e com ausência de vegetação fixadora, acabam soterrando algumas áreas urbanas. A urbanização nestas áreas acelera, e muito, todo esse processo, pois com a implantação da infra-estrutura básica como arruamentos e galerias de águas pluviais acaba ocorrendo uma concentração do fluxo de águas provocando processos acelerados de erosão, como os ravinamentos e voçorocamentos. É muito comum também o

corte de dunas para a implantação de avenidas na cidade como o caso do prolongamento da Avenida Prudente de Moraes com uma série de cortes para a construção de seu traçado.

Muitos dos processos erosivos são acelerados por outras intensas degradações e por uma associação entre elas. Podem-se citar aqui as queimadas e as retiradas de sedimentos. Contudo, o maior fator desencadeador de processos erosivos na cidade é o crescimento urbano desordenado que pressiona áreas que possuem altas taxas de declividade como as dunas. (Observar figuras 47 e 48).

Outros graves problemas relacionados aos processos erosivos são os altos índices de atividades antrópicas nas margens dos rios Pitimbu e Doce, provocando graves alterações em suas dunas que são suas vertentes, intensificando com isso, um já alto índice de assoreamento nestes mananciais. Este fato também se repete nas lagoas naturais da cidade. As atividades humanas de caminhada nessas áreas também provocam um carregamento de areia para a calha dos rios principalmente pela descida das dunas em direção ao rio. (Observar figura 49).

As áreas da cidade que apresentam as maiores ocorrências de processos erosivos ficam nas zonas de conflito ambiental relacionadas à expansão urbana em áreas de dunas, como o Parque das Dunas, dunas de San-Vale e Cidade Nova e muito fortemente as dunas que margeiam o rio Doce no setor norte da cidade e também em áreas de afloramento do Barreiras como no bairro de Mãe Luíza que apresenta um maior índice de deslizamentos de terra pela constituição física dos solos que apresentam partículas mais finas, com menos possibilidade de infiltração, acarretando uma acumulação de água em superfície, provocando erosões.

Também verifica-se uma forte pressão sobre estas dunas nos empreendimentos imobiliários localizados nos bairros de Nova Descoberta e Tirol que acabam tomando o espaço natural da duna para construir casas dos mais diversos tipos e apartamentos com alto padrão imobiliário. A figura 50 ilustra uma ocupação irregular no sopé das dunas do Parque das Dunas, no Conjunto Morro Branco, nas proximidades do Bosque dos Namorados, sede desta UC. Esta ocupação está provocando processos erosivos com movimentos de massa de areia que pode chegar a soterrar as casas ali fixadas, trazendo com isso, profundos contratempos aos seus moradores.



Figura 45



Figura 46



Figura 47



Figura 48



Figura 49



Figura 50

Fonte: Frederico Fonseca. nov., 2002.

**Figuras 46 a 51** – Processos erosivos verificados em Natal. Processos erosivos costeiros (figuras 45 e 46); desmatamentos de vegetação dunar provocando queda de sedimentos (areias) em áreas urbanizadas ou em franca urbanização (figuras 47, 48 e 50) e erosões em margens de mananciais como no rio Doce (figura 49).

### 6.2.3 Assoreamentos dos Rios e Lagoas Naturais.

A alta intensidade de desmatamentos e queimadas das matas ciliares dos rios e lagoas da cidade torna este impacto como um dos mais importantes a serem mitigados, visto que, o desenvolvimento urbano nas proximidades destes mananciais acarreta pressões antrópicas aos seus ambientes naturais. O processo de assoreamento é oriundo da supressão da vegetação responsável pela fixação de sedimentos nas vertentes, que sem o seu suporte, acabam sendo carregados para as margens dos mananciais superficiais. Este processo se mostra bastante maléfico para a cidade, pois, no caso do rio Pitimbu, ele acaba carregando sedimentos em suspensão provocando um maior índice de turbidez nas águas que se direcionam para a lagoa do Jiqui que é responsável por cerca de 30% do abastecimento de água das regiões administrativas sul, leste e oeste de Natal, dificultando o processo de filtragem na estação de tratamento de água do Jiqui. No caso das lagoas da cidade, esse processo é representado pela diminuição de suas profundidades ocasionando alagamentos em momentos de alta precipitação. Segundo Medeiros (2001),

...pode-se observar nitidamente o assoreamento que está ocorrendo nas lagoas naturais da cidade, onde o material dunar é carregado, tanto devido à má ocupação, quanto à destruição da cobertura vegetal. Este está sendo despejado/depositado e o constante aumento de material sobre as lagoas, acarreta uma diminuição da profundidade dessas e futuramente na sua extinção.

Também a diminuição da profundidade e largura do rio Pitimbu e do rio Doce alteram consideravelmente a vazão destes sistemas alterando o equilíbrio hídrico das bacias nas quais estão inseridos, pois historicamente estes mananciais sofrem intervenções com fins diversos, que sempre acabam suprimindo sua vegetação lindeira. As figuras a seguir ilustram claramente como está o processo de assoreamento nos mananciais fluviais que cortam a cidade. A figura 51 mostra um ponto conhecido como “ponte molhada”, no rio Pitimbu, no limite com o município de Parnamirim. Esta paisagem é fruto de um assoreamento intenso de suas margens, subindo drasticamente o nível do leito do rio culminando com a submersão do nível da ponte. A figura 52 mostra a calha do rio Pitimbu com franco processo de eutrofização pelo alto acúmulo de sedimentos em seu leito. Na figura 53 pode-se observar a aparência atual com alteração das margens do rio Doce com forte carregamentos de sedimentos para o seu canal principal.



Figura 51

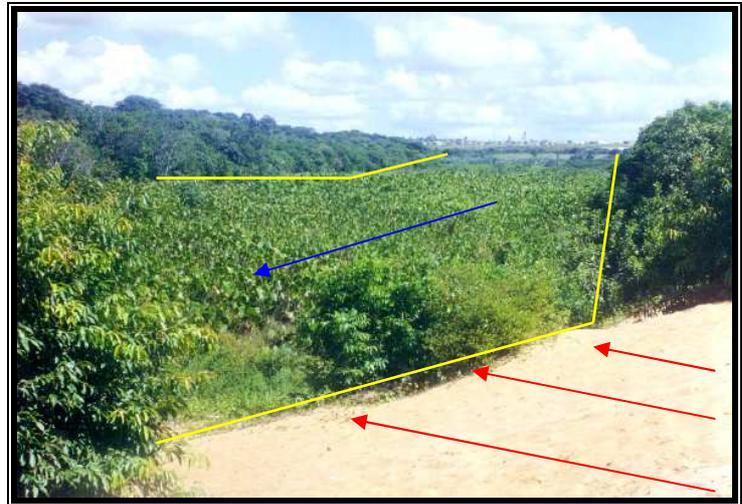


Figura 52



Figura 53

Fonte: Frederico Fonseca. fev. 1999; nov. 2002.

**Figuras 51 a 53** – Assoreamento em rios de Natal. Rio Pitimbu (figuras 51 e 52) e rio Doce (figura 53). Ambos em franco processo de urbanização.

#### 6.2.4 Contaminação das Águas Subterrâneas

A contaminação das águas subterrâneas pela ausência de esgotamento sanitário na cidade é um dos principais problemas ambientais verificados. Este impacto ultrapassa a vertente ambiental chegando a atingir as questões relacionadas à saúde pública.

Natal passou de uma densidade demográfica de 94,93hab/km<sup>2</sup> em 1900 para significativos 4.195,41hab/km<sup>2</sup> em 2000, segundo dados do IBGE. Esse contínuo crescimento populacional da cidade, aliado à expansão da área urbana em locais anteriormente protegidos, traz consigo uma série de problemas ambientais, principalmente nos seus aspectos hídricos subterrâneos. Um crescimento desenfreado da população em uma área possuidora de alta capacidade de infiltração de água, devido às condições geomorfológicas e estrutura hidrogeológica, traz profundos prejuízos à qualidade hídrica.

Melo (1995) adverte que dentre as atividades que potencialmente podem vir a contaminar as águas subterrâneas de Natal, a que se apresenta como a mais impactante é a disposição local de efluentes domésticos mediante o uso de fossas e sumidouros, onde o principal agente contaminante é o íon nitrato (NO<sup>3</sup>), resultante da biodegradação dos excrementos humanos, visto que, de modo geral, existe uma relação entre a densidade populacional e os níveis de NO<sub>3</sub>, como ocorre nos bairros do Alecrim, Tirol e Cidade da Esperança. Por fim, o autor faz uma série de recomendações das quais, destacam-se o monitoramento da qualidade das águas; implementação a nível global de um plano de esgotamento sanitário, procurando dar prioridade às áreas pouco afetadas por nitrato; as captações afetadas por nitrato devem ser desativadas; o disciplinamento das atividades de perfuração; aterramento de poços desativados e preservação da área de San Vale e Planalto, pois estas são as principais áreas de recarga do manancial subterrâneo.

Segundo informações liberadas informalmente pela CAERN em outubro de 2002, somente 33,11% da população natalense – equivalente a 245.780 habitantes – é assistida com saneamento básico, muitas vezes precários e subdimensionados e ainda, destes, apenas cerca de 44% do esgoto coletado recebem precários tratamentos, onde os 56% restantes são despejados “in natura” no rio Potengi. Os restantes 66,89% do esgotamento sanitário doméstico da população de Natal, são lançados diretamente em sistemas fossa/sumidouro, trazendo profundos riscos de contaminação das águas subterrâneas. (Observar figura 55)

É verificada uma grande defasagem em relação ao percentual de esgotamento sanitário na cidade, em relação a diferenças do setor norte da cidade ao setor sul. De

acordo com dados cedidos pela CAERN, em agosto de 2002, na zona norte da cidade apenas 5,91% da população (14.464 habitantes) é suprida por saneamento básico, enquanto que no setor sul que abrange as regiões leste, oeste e sul, 45,26% da população (211.623 habitantes) são supridos pelo esgotamento. Este quadro mostra uma profunda desigualdade local de interesses em sanar problemas oriundos da ausência de saneamento básico na cidade. Ainda segundo a Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte (2000), seriam necessários à implantação de 1.400km de redes de esgoto com um custo aproximado de R\$ 181.247.000,000 para implementar o saneamento em Natal.

Ainda segundo Melo (1998), em levantamentos referentes a 105 pontos de água na zona norte de Natal, dentre poços tubulares profundos e cacimbões, a principal fonte de contaminação das águas subterrâneas da zona norte é o sistema de saneamento pelo contaminante íon nitrato. O autor também comenta que “a maior parte da área urbanizada já se encontra afetada pelos poluentes domésticos, com teor de nitrato superior ao nível geral de base de 10 mg/L”. Contudo, em pontos específicos, como nos setores de nível de água mais raso, a norte do conjunto Alvorada; nas regiões de cobertura dunar proeminente (Pajuçara e Gramoré) e em situações onde as atividades urbanas são mais antigas, os teores de nitrato são superiores a 45 mg/L, podendo chegar em alguns casos a mais de 100 mg/L. Recomenda a implantação a nível global de um sistema de saneamento com rede de esgotos sanitários; a preservação das dunas como forma de garantir elevadas taxas de infiltração de águas subterrâneas e por fim, sugere a preservação da porção Norte da área estudada, contígua à margem direita do rio Doce e lagoa de Extremoz, identificando-as como regiões produtoras.

A distribuição de água encanada e tratada em Natal é assegurada a 98% da população, por lagoas naturais e 170 poços tubulares, dos quais 24 estão desativados. A distribuição do abastecimento obedece a seguinte forma: as regiões sul, leste e oeste têm sua demanda assegurada por 107 poços (75%) e a lagoa do Jiqui com 25% do abastecimento de água. A Região Administrativa Norte tem 30% da sua demanda assegurada por 39 poços e os restantes 70%, pela lagoa de Extremoz. Uma pesquisa realizada por Mineiro (2002), baseada em exames laboratoriais realizados em fevereiro, abril e setembro de 2001 nos 146 poços de Natal, para detecção dos índices de nitrato, mostra que cerca de 50 poços, ou seja, 34% apresentam concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) acima dos valores máximos permitidos (45mg/l), conforme se pode observar em alguns poços na tabela a seguir. Neste levantamento o caso mais gritante é o sistema Nordeste que, formado por apenas um poço, apresenta os mais altos teores de nitrato da cidade. Em abril de 2001,

um exame detectou a presença de 124,04mg/l de nitrato e em setembro do mesmo ano, 110,75mg/l.

**Tabela 10**

Resultado da análise de índice de NO<sub>3</sub> em alguns poços em Natal em 2001, mostrando o alto índice de contaminação proveniente da ausência de esgotamento sanitário na cidade.

Captação	Poço	fev/01	abr/01	set/01
Pajuçara e Gramoré	P-10	101,89	108,54	84,17
Pajuçara e Gramoré	P-6	86,83	108,54	101,89
Lagoa Nova I	P-2	50,94	46,52	42,09
Pirangi	P-4	88,60	79,30	82,40
Felipe Camarão e Cid. Nova	P9	119,61	55,38	108,54
Cidade da Esperança	P1	116,51	68,67	73,10
Campo Novo	P-16	97,46	101,89	84,17
Dunas	P-3	75,31	68,67	64,24
Nordeste	P-1	108,53	124,04	110,75

Fonte: Adaptado de Mineiro, 2002.

De acordo com Gondim (2002), avaliando a qualidade da água consumida pela população dos bairros Nordeste, Petrópolis e Capim Macio, antes e depois dos reservatórios residenciais, a qualidade da água consumida em Natal, “está comprometida pela presença, em excesso, de nitrato, na grande maioria dos casos. Foram encontrados níveis de nitrato variáveis de 3,4 a 123,0 mg/L, quando o máximo tolerável é 45 mg/L”, onde 25% das amostras coletadas na pesquisa, oriundas das torneiras dos jardins, ultrapassa essa porcentagem. O bairro de Capim Macio apresentou os níveis mais baixos (3,4 a 54,7 mg/L) de NO<sub>3</sub> nas águas consumidas. O bairro de Petrópolis apresentou níveis intermediários (5,2 a 87,5 mg/L) e o bairro Nordeste apresentou os níveis mais alarmantes (34,5 a 123,3mg/L), provavelmente pela ausência de saneamento básico e pela ocupação desordenada e relativamente antiga do solo. A pesquisa mostra que “dentre os principais fatores que contribuem com a degradação da qualidade estão, respectivamente, a ocupação desordenada do solo, o baixo nível sócio-econômico da população, a ausência de saneamento básico e o precário estado de conservação das cisternas e caixa d’água”.

Nascimento (2001a) avalia que 59% dos poços pesquisados apresentam teores de nitrato acima de 45 mg/L<sup>8</sup>, relacionando este fato à ausência de um sistema de disposição de efluentes. Também ressalta que existe um aumento dos níveis de nitrato nos

<sup>8</sup> Segundo dados da OMS (1996), (Organização Mundial da Saúde), o limite máximo determinado para consumo humano da água é de 45 mg/L. Segundo Mello Júnior (2000), no caso de nitrato em água potável, OMS, a Agencia de Proteção Ambiental dos EUA e o CONAMA, definem o NMCT como sendo 10 miligramas de nitrogênio na forma de nitrato por cada litro d’água. Considerando o peso dos átomos de nitrogênio e de oxigênio e a proporção com que eles se juntam para formar uma molécula de nitrato (1 para 3), este NMCT equivale a 44,3 miligramas de nitrato em cada litro de água (44,3mg NO<sub>3</sub>/L).

períodos chuvosos, atribuindo a ação das águas pluviais que infiltrando-se, funcionam como meio de transporte de materiais até o aquífero.

Segundo Melo (1995), do ponto de vista quantitativo as águas subterrâneas estão sendo afetadas pelas edificações e pavimentações, as quais reduzem a recarga do sistema aquífero Dunas/Barreiras, existindo uma correlação entre densidade populacional e o nível contaminante, principalmente de nitrato (principal agente contaminante), onde nas zonas mais habitadas os teores de nitrato tendem a ser mais elevados, atingindo níveis inadequados de utilização, superiores a 45mg/l (nível máximo estabelecido pela OMS). Contudo, em áreas de implantação urbana mais recente, essas são menos afetadas por nitrato, fato este que pode perfeitamente ser alterado pelo aumento da densidade urbana/populacional dessas áreas. Existem também outras fontes contaminantes das águas subterrâneas em Natal como: cacimbões transformados em fossa, lagoas com lançamento de esgotos domésticos, o descarregamento de esgotos na superfície do solo (observar figura 54) e os eventuais vazamentos na rede de esgotos.

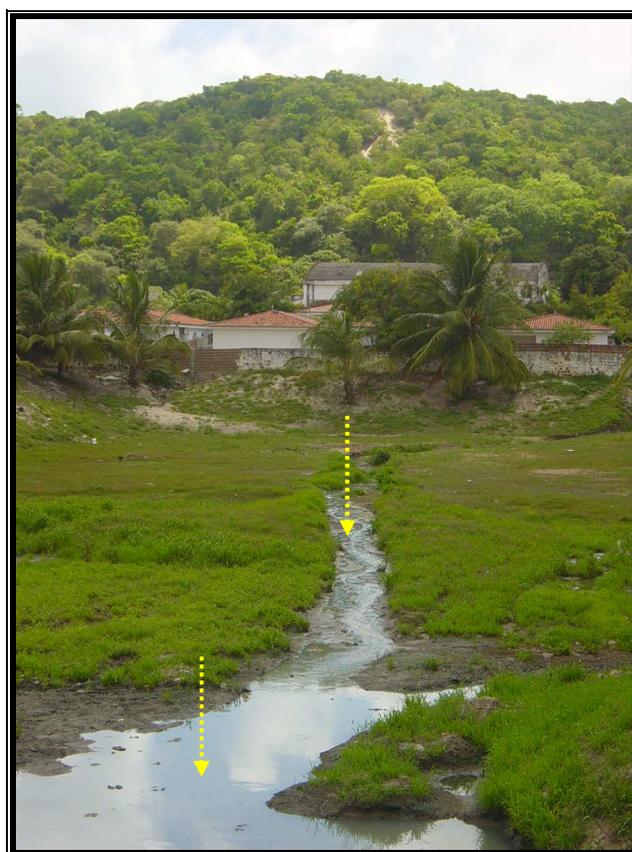
Ainda segundo as informações informais cedidas pela CAERN, em 2000, havia 262 poços particulares em operação em Natal, sendo que desse total, 163 poços estavam com níveis de nitrato acima do permitido para o consumo humano. Portanto, apenas 99 poços tinham condições da água ser consumida e utilizada para diversos fins como na indústria alimentícia e como consumo de água potável.

Segundo Mineiro (2002), diversos estudos mostram que os problemas de saúde advindos da contaminação das águas subterrâneas por ingestão de elevadas quantidades de nitrato, mostram casos de “hipertensão, metahemoglobinemia, alguns tipos de câncer de linfoma, incluindo o câncer de estômago”.

Outro sério agravante em relação à contaminação das águas subterrâneas é o recebimento de águas residuais e excrementos humanos nas lagoas de captação de águas pluviais que são de baixa topografia, com solo arenoso e com conseqüente contato com o lençol freático, gerando sua poluição por compostos orgânicos e químicos gerados pelos excrementos humanos. (Observar figura 55).



**Figura 54**



**Figura 55**

**Fonte:** Frederico Fonseca, nov. 2002.

**Figuras 54 e 55** – Formas de contaminação de águas subterrâneas em Natal.

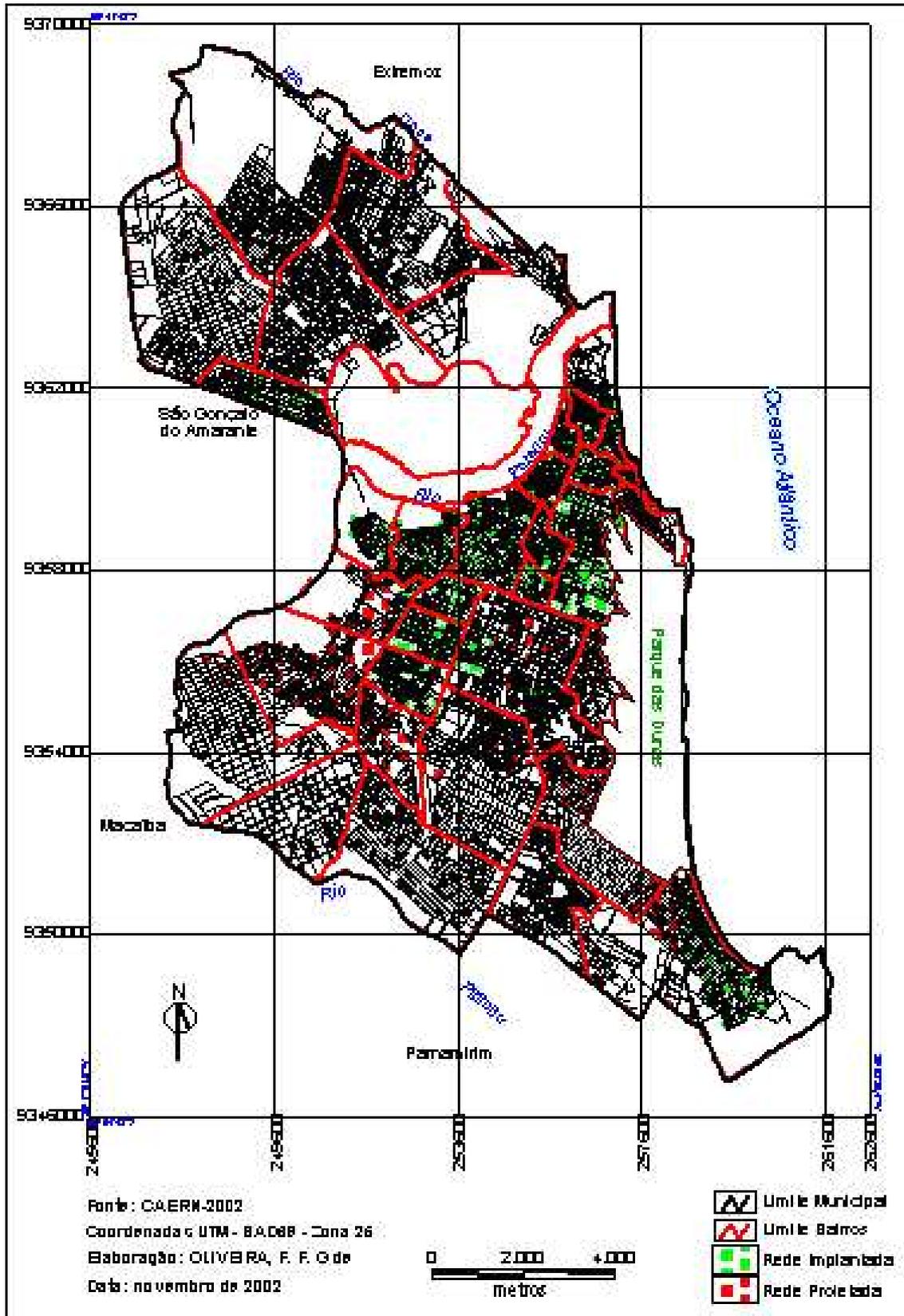


Figura 56 – Zoneamento de áreas com presença de esgotamento sanitário em Natal.

### 6.2.5 Poluição e Contaminação de Águas e Sedimentos das Águas Superficiais.

Diversos estudos já realizados na cidade de Natal abordando a temática relacionada à degradação dos recursos hídricos superficiais mostram o alto índice de impactos a que estas áreas estão submetidas. Todos os impactos verificados nesses ambientes são fruto de atividades antrópicas com geração de efluentes domésticos industriais e agrícolas com descarga de matéria orgânica e de resíduos químicos e de metais pesados. Em relação à deposição de efluentes domésticos, já foram citados anteriormente os diversos motivos pelos quais estes são gerados, principalmente pela ausência de esgotamento sanitário adequado na cidade, pois grande parcela dos esgotos que são coletados, são jogados “in natura” diretamente nas águas do rio Potengi. Este problema também pode ser verificado nos rios Doce e Pitimbu, ambos com ligações clandestinas de esgotos domésticos em suas águas. Ainda segundo Nunes (2000), “no geral todos os efluentes dos esgotos domésticos, inclusive os excrementos transportados nos caminhões limpa-fossas, efluentes industriais, destacando-se laticínios, abatedouros ou frigoríficos, curtumes e hospitalares, são lançados diretamente no rio Potengi que banha toda a cidade de Natal”.

Ainda sobre os efluentes domésticos, verifica-se na cidade um processo totalmente equivocado de ligações clandestinas domésticas e comerciais nas galerias de águas pluviais com o objetivo de direcionar a descarga de efluentes geradas, para as lagoas de captação de águas pluviais construídas na cidade. Sobre este fato Nunes (*op cit.*), ressalta que

...a falta de saneamento básico em Natal, e nos municípios da região da Grande Natal, tem feito com que a população na tentativa de se livrar de suas fossas, faça ligações clandestinas nas redes de drenagem de águas pluviais, cujos esgotos são drenados diretamente nas lagoas de captação de águas de chuvas, como é o caso das lagoas dos Potiguares no bairro de Morro Branco/Nova Descoberta, do Preá em Nova Descoberta/Potilândia, de São Conrado em Nazaré, da Avenida da Integração no Parque das Colinas, da “Petrobrás” na Av. Jaguarari/Nazaré, são alguns exemplos de lagoas públicas, mas que na realidade são verdadeiras fossas ao céu aberto.

Outra situação bastante comum relacionada a este fato é o despejo de efluentes domésticos por parte do setor de serviços nas praias da cidade, via galerias pluviais, principalmente pelo setor hoteleiro nas praias no Meio e Via Costeira e por efluentes domésticos provenientes de apartamentos e casas dos bairros de Areia Preta e “*Miami Beach*”. Esses fatos acabam deixando essas praias impróprias para o banho pela presença de alto índice de coliformes.

A grande maioria de efluentes gerados pelas indústrias do Distrito Industrial de Natal e São Gonçalo do Amarante são despejados no rio Golandim que acaba despejando suas águas no rio Potengi. Estes efluentes apresentam altos índices de corantes e de metais pesados que acabam sendo precipitados nos sedimentos e absorvidos pela fauna estuarina como peixes e crustáceos filtrantes que conseqüentemente acabam sendo consumidos pela população ribeirinha e pela comunidade apreciadora destas iguarias (contaminadas). O fator que provoca essa situação é o não tratamento dos resíduos industriais por parte da CAERN, uma vez que, a mesma recebe um pagamento em taxas para o tratamento dos efluentes em uma ETE (Estação de Tratamento de Esgotos), mas que não executa por desinteresse público, prejudicando com isso, todo um ecossistema estuarino e de grande importância social, econômica e ambiental para a cidade.

Figueiredo (1997), frisa que “o aumento das concentrações de metais pesados, contaminação por coliformes fecais e a devastação dos manguezais” no estuário do Potengi, são as atividades impactantes presentes na área, principalmente pela descarga dos esgotos domésticos, dos efluentes industriais e pelas atividades agro-pastoris. Também destaca que as concentrações dos metais tendem a aumentar na porção mais a montante do estuário, assim como as quantidades de silte, argila e matéria orgânica. Verificando a forte presença dos metais pesados na área, sugere um controle da “entrada de efluentes brutos no estuário do Potengi, constituindo sistemas de tratamento de efluentes para a cidade de Natal”.

Nas áreas mais desabitadas da cidade e próximas aos rios Pitimbu e Doce, pode-se observar uma atividade econômica relacionada à agricultura, principalmente na produção de hortaliças para o abastecimento às margens do rio Doce, no bairro de Lagoa Azul. Verifica-se nesta área um alto índice de utilização de agrotóxicos que acabam sendo carregados para as águas do rio Doce que mais a jusante são utilizadas para irrigação de outras culturas e para consumo humano em áreas habitadas como no bairro de Pajuçara, sem falar da sua ingestão pela população que utiliza suas águas para o lazer popular com implantações de pequenos balneários.

O Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte; Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2001) realizam um estudo sobre a bacia do Pitimbu, chegando a algumas conclusões bastante significativas, das quais: nas águas o maior vetor impactante de aporte excessivo é o material orgânico oriundo do despejo de esgotos domésticos e efluentes industriais; verifica-se a lavagem por águas pluviais de trechos de sujeira urbana; a presença de currais e pocilgas em suas margens; a utilização do rio para recreação, lazer, lavagem de roupa e de veículos e a dessedentação e lavagem de gado e de animais de montaria. Também, verifica-se em alguns trechos, um

processo localizado de eutrofização, “provocado pelo barramento do rio em combinação com o aporte de matéria orgânica antropogênica”. Verifica-se no curso inferior do rio um elevado teor de nitrato oriundo da maior urbanização pela proximidade dos bairros de Planalto e Pitimbu, em Natal, e o bairro de Nova Parnamirim, em Parnamirim. Em relação aos sedimentos de fundo, pode-se destacar o elevado “teor de metais pesados em pontos específicos do rio, provocado pela proximidade de rodovia, por obras civis (ponte, linha férrea, etc.) canalização do curso e instalações industriais”. Contudo, “por enquanto o rio Pitimbu apenas sofre com os efeitos das cargas impactantes típicas daquelas recebidas por rios que atravessam áreas rurais, industriais e urbanas, mas poderá em futuro próximo manifestar maiores conseqüências, caso os níveis atuais de poluição não sejam revertidos”.



Figura 57



Figura 58



Figura 59



Figura 60



Figura 61



Figura 62

Fonte: Frederico Fonseca, fev. 1999; nov. 2002.

**Figuras 57 a 62** – Formas de contaminação de águas superficiais em Natal. As figuras 57 e 58 mostram a canalização do esgotamento sanitário doméstico despejado diretamente “in natura” no rio Potengi, enquanto as figuras 59 e 60 mostram o esgotamento sanitário para lagoas naturais (Lagoa do Sapo) e ligações clandestinas em galerias de lagoas de captação de águas pluviais (Lagoa da Petrobrás), respectivamente. A figura 61 mostra o despejo de efluentes industriais no rio Pitimbu e a figura 62, o uso de agrotóxicos na planície de inundação do rio Doce na zona norte.

### 6.2.6 Enchentes e Alagamentos Urbanos.

As ocorrências de enchentes e alagamentos em Natal são frutos de processos meteorológicos com relação a anormalidades de precipitação pluviométrica acentuada sendo muito fortemente agravadas pela interferência antrópica que ocupa com projetos urbanos áreas de vertente e de captação natural das águas precipitadas na cidade com cota altimétrica abaixo de 30 metros.

A expansão da malha urbana no solo da cidade, de forma desordenada, provoca profundas alterações em sua rede de drenagem natural. O aumento do índice de áreas impermeabilizadas, somando-se ao sub-dimensionamento e ausência de galerias de águas pluviais, ao entupimento por sedimentos e lixo e a concentração de fluxos hídricos superficiais, acabam saturando áreas de topografia inferior a 30 metros, provocando vários alagamentos nessas áreas que cada vez mais são ocupadas por empreendimentos imobiliários (observar figura 63). De acordo com Nunes (2000),

...o elevado grau de urbanização e impermeabilização de ruas e avenidas vêm reduzindo drasticamente as áreas de infiltração, muito embora com uma quantidade de lagoas significativa para uma cidade de pequeno porte, tais lagoas não são suficientes para infiltrar toda a água de chuva, o que

tem provocado a cada período de anormalidade pluviométrica inundações e alagamentos em ruas, avenidas e residências.

Vários estudos levantam a tese de que as áreas de risco de inundação da cidade estão comprometidas em cotas altimétricas inferiores a 30 metros, pois todas as lagoas naturais existentes na cidade estão inseridas nesta cota. Silva (1999b) expõe que essas cotas podem ser encontradas acompanhando os limites do município em áreas costeiras e fluviais e também no interior do continente, área esta com maior índice de enchentes e alagamentos pela marcante ocupação urbana. Segundo a autora

...o que é mais importante de ser ressaltado é que a maior parte desta áreas estão sendo ou já foram, densamente ocupadas, o que agrava os problemas com as inundações. Estas se constituem nas áreas onde a rede de drenagem pluvial deve ser muito bem dimensionada, tanto pela formação de alagamentos nos períodos de chuva, como pelo aumento acentuado da taxa de impermeabilização do solo, o que resulta em um agravamento desta situação.

É muito comum na cidade a construção de empreendimentos imobiliários horizontais em áreas que naturalmente são alagadas em períodos de intensa precipitação, principalmente nos meses de junho e julho, períodos estes de maior ocorrência média de pluviosidade em Natal e que pode ser observado na tabela 4, no Capítulo 4 deste trabalho. Estas enchentes trazem muitos transtornos à população que ali está inserida, pois muitas vezes, desavisadas, acabam adquirindo terrenos e casas nessas áreas que se caracterizam por serem lagoas naturais com presença sazonal de afloramentos do lençol freático.

A cidade se caracteriza por possuir depressões acirculares que formam lagoas já bastante alteradas nos dias atuais, principalmente por aterramentos para implantação de espaços construídos, como se pode exemplificar nos casos da lagoa do Corpo dos Bombeiros (cruzamento das avenidas Prudente de Moraes com Alexandrino de Alencar, no bairro de Barro Vermelho) e no Centro Administrativo, local sede de repartições públicas estaduais, no bairro de Lagoa Nova, bairro este de mesmo nome da antiga lagoa ali existente e hoje aterrada. (Observar figura 64).

Além dos processos de diminuição da infiltração das águas precipitadas pelo aumento da impermeabilização da cidade e pelo sub-dimensionamento das galerias de águas pluviais, um outro agravante pode ser citado aqui, mesmo já tendo sido citado anteriormente, contudo com outra conseqüência: as ligações clandestinas de esgotamento sanitário doméstico nas galerias e lagoas de captação de águas pluviais (observar figura 65). Essa prática provoca um forte acúmulo de matéria orgânica nas lagoas, acarretando um

processo conhecido como colmatagem do solo, impermeabilizando o mesmo, impedindo assim, a infiltração das águas e provocando o transbordamento das águas para a antiga planície de inundação das lagoas, que hoje em sua maioria estão urbanizadas com residências, causando com isso todos os transtornos acima citados, principalmente em momentos de alta concentração pluviométrica como no mês de julho de 1998 com 792mm de chuvas, dos quais, 388mm, somente nos dias 28, 29 e 30. A figura 66 ilustra bem como se desenvolveu esse processo de enchentes em áreas de baixa topografia com presença de urbanização na cidade nesses três dias, como na rua Eleusis Magno Lopes Cardoso, no bairro de Candelária, local este inserido na área de influência de inundação da antiga lagoa da “Petrobrás”, hoje totalmente reformulada para evitar futuros alagamentos (observar figura 63). Portanto, reforça-se que “esse processo de crescimento urbano com graus variados de intensidade, no tempo e no espaço geográfico, vem exercendo uma forte pressão sobre o ecossistema original” (BRANDÃO, 2001), provocando e acelerando muitas vezes todos os problemas advindos por enchentes em Natal.

Em relação às enchentes com caráter fluvial, essas não são muito comuns na cidade, uma vez que a drenagem superficial fluvial em áreas urbanizadas é representada pelos pequenos córregos que fazem parte da bacia do Potengi como o riacho das Quintas e do Baldo que já estão canalizados e sem trazer até o momento maiores problemas em relação a inundações em suas margens, com exceção das porções mais a jusante desses canais que ainda não estão urbanizados nem canalizados.



**Figura 63**



Figura 64



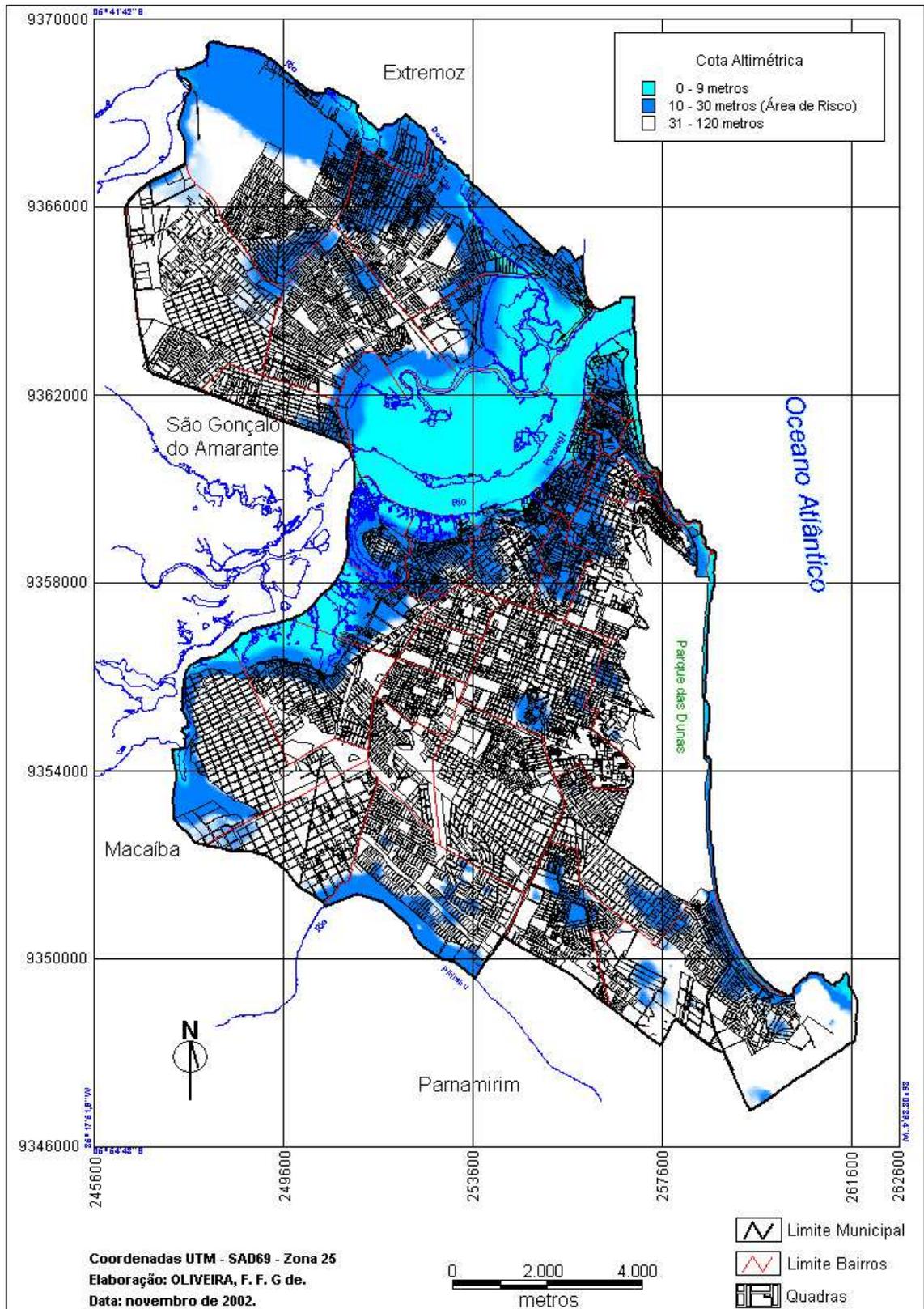
Figura 65



Figura 66

Fonte: Frederico Fonseca, nov. 2002; Daladier Noca, jul. 1998.

Figuras 63 a 66 – Imagens relacionadas ao impacto ambiental de enchentes.



**Figura 67** – Mapa de zoneamento de impactos relacionados a enchentes e alagamentos.

### 6.2.7 Contaminação e Devastação dos Manguezais.

Os problemas ambientais gerados pela contaminação e devastação dos manguezais do estuário do Potengi/Jundiaí são causados inicialmente por interferências antrópicas em seu sistema ecológico, desequilibrando-o e alterando sua dinâmica. Seu desmatamento para a construção de casas de baixa renda; limpeza (desmatamento) do terreno com objetivos de construção de viveiros para carcinicultura marinha; depósito de lixo; aterramento por metralhas e sedimentos para expansão de áreas urbanizáveis; e poluição por substâncias orgânicas (esgotamento doméstico), químicas, metais pesados e óleos e graxas (industriais e de embarcações), são os principais impactos ambientais verificados nesse ecossistema.

Assim como os impactos já citados, a devastação das florestas de manguezais em Natal obedecem a uma lógica relacionada às atividades econômicas e à expansão urbana não planejadas. A supressão deste ecossistema não se refere somente ao estrato florestal e sim, também, a sua importância como ambiente pedológico e de refúgio de uma fauna estuarina de grande importância econômica e social para milhares de pessoas que dali retiram seu sustento. Além de ter sua importância relacionada à contenção de processos erosivos costeiros, estabiliza e retém correntes costeiras atuando também, como purificador das águas poluídas do rio Potengi, sendo um grande filtrador de substâncias malélicas a saúde dos homens e da fauna estuarina.

O “boom” da atividade de criação intensiva e semi-intensiva em cativeiro de camarão marinho, conhecida como carcinicultura marinha, agravou em demasiado a devastação dos manguezais no estuário do Potengi. Os produtores, sedentos pelo maior lucro, expandiram as áreas de viveiro atingindo e desmatando mangues ainda intactos e mangues em franco crescimento em áreas de antigos viveiros de piscicultura. Este impacto, provocado principalmente por pequenos produtores, suscitou um embargo por parte do Ministério Público Estadual e posteriormente, Federal, de todas as atividades relacionadas à produção de camarão marinho no estuário do Potengi, nessa porção que abrange o município de Natal, pois, as mesmas não possuem licença ambiental e nem sequer um EIA/RIMA. Contudo, os viveiros, ainda em fevereiro de 2003, continuam em franca atividade, inclusive com despescas, apesar do embargo do Ministério Público, mostrando um profundo desrespeito à legalidade por parte dos produtores da Cooperativa de Carcinicultores do Potengi, entidade que agrega os produtores da área ora discutida.

Outro agravante apontado é o aterramento que este estuário vem sofrendo com o despejo de material de rejeito de construção civil conhecido por “metralha” com o objetivo

de criar espaços livres para a construção de empreendimentos imobiliários e comerciais, principalmente na margem direita dos rios Potengi e Jundiáí, limitando-se com a BR-226, conhecida como estrada da mangabeira.

A contaminação das águas e sedimentos do estuário do Potengi vêm de históricos processos de degradação relacionados ao despejo direto e sem tratamento de efluentes domésticos e industriais da região metropolitana de Natal. Essa poluição química, orgânica e de metais pesados acaba atingindo a biota localizada no ecossistema manguezal, trazendo sérios danos, principalmente à fauna, atingindo espécies de caranguejos, ostras, camarões, peixes e aves que muitas vezes são consumidos pela população ribeirinha das proximidades, além do pescado comercializado e do camarão criado em cativeiro que se utilizam desta água contaminada.

O estuário do Potengi/Jundiáí é cercado por áreas urbanizadas que geram uma grande quantidade de lixo doméstico. Nas áreas periféricas da cidade que não possuem uma coleta regular de lixo e que estão inseridas na área de influência hidrográfica da bacia do rio Potengi, o lixo produzido acaba sendo depositado nos pequenos córregos e nas pequenas gamboas do estuário que são levados pelas correntes de preamar para o leito principal do rio, sendo depositado em suas margens florestadas, ou não. Esta ocorrência caracteriza o rio Potengi como um grande foco de convergência do lixo produzido em muitas áreas da cidade e de sua região metropolitana uma vez que seu estuário abrange também os municípios de Macaíba e São Gonçalo do Amarante, que da mesma forma que Natal, despejam lixo em suas águas. A deposição do lixo nas águas deste estuário provoca problemas relacionados à contaminação orgânica, química e de óleos e graxas; surgimento de focos de vetores de doenças como dengue e leptospirose, além da contaminação dos sedimentos e fauna do estuário trazendo também uma desconfiguração estética e paisagística.

As figuras 68 a 70 mostram claramente o alto grau de desmatamento a que estes manguezais estão submetidos, principalmente pela implantação dos viveiros de carcinicultura marinha. A figura 71 mostra um exemplo de aterramento dos manguezais por “metralhas” na BR-226. A figura 72 mostra o grau de degradação dos manguezais da cidade, com alta urbanização, no bairro da Quintas com o despejo de esgoto doméstico “in natura”, assim como o despejo de lixo pela população circunvizinha.



Figura 68

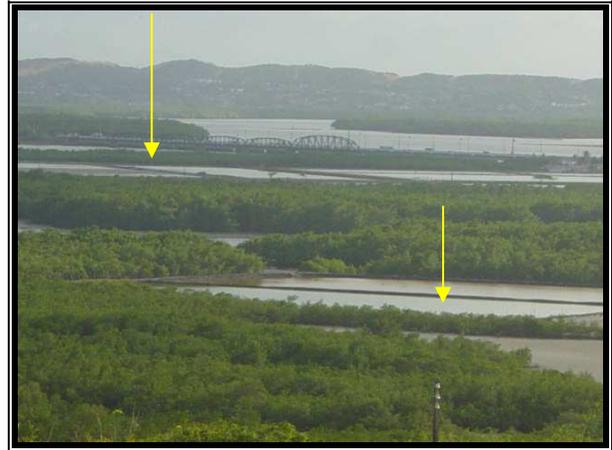


Figura 69



Figura 70



Figura 71



Figura 72

Fonte: Frederico Fonseca, nov. 2002.

Figuras 68 a 72 – Aspectos relacionados à devastação de florestas de manguezais.

### 6.2.8 Produção e Destino Final de Lixo Urbano.

Segundo levantamentos de Nunes (2000), Natal atualmente produz 1.200 toneladas/dia de lixo, abrangendo o domiciliar, industrial, de podas de árvores, alimentos deteriorados, animais mortos, hospitalar, objetos volumosos e entulho de construção civil. Todo o lixo produzido em Natal é colocado desde 1978 numa área de 33 hectares de dunas e vales interdunares, que abriga o grande lixão da cidade (observar figura 73). Segundo levantamentos cartográficos realizados nesta pesquisa, o chamado “lixão” da cidade está inserido em três bairros: Felipe Camarão, Guarapes e Planalto, não chegando a atingir o bairro de Cidade Nova que é o bairro oficial de localização deste lixão, segundo a Prefeitura Municipal de Natal.

A situação e o local em que se encontra o lixão da cidade provoca uma série de problemas ambientais que muitas vezes são de caráter irreversíveis. Esta situação resulta em problemas ambientais como: poluição das águas e mananciais superficiais e subterrâneos, dos poços e solo pelo chorume<sup>9</sup>; poluição atmosférica, pois é comum a queima do lixo exalando gases nocivos à saúde humana; degradação da paisagem com supressão de vegetações e deterioração da beleza cênica dunar, principalmente porque o lixão localiza-se no alto de dunas; proliferação de doenças geradas por ratos, baratas e moscas, sem falar da questão social que gera uma atividade de profundo desespero social que é a de catadores de lixo (em lixões), com presença muitas vezes de crianças, fato este, gerador de uma indignação (silenciosa) da população natalense. (Observar figura 74).

Outro sério agravante relacionado à questão do lixão nesta área é a sua constante queimada, para diminuir seu volume, que gera uma fumaça altamente tóxica pela própria origem do material combustível, chegando, pelo direcionamento do vento, às áreas urbanizadas do bairro de Felipe Camarão, trazendo sérios, constantes e comprovados problemas respiratórios à população ali residente, principalmente em crianças e idosos.

Também é muito comum na cidade o despejo de lixo doméstico em terrenos baldios, lagoas naturais, rios e em áreas de dunas. Essa prática totalmente equivocada da população natalense é fruto de uma ausência de um programa e um projeto real de educação e conscientização ambiental acerca dos problemas gerados pelo não tratamento do destino final do lixo urbano na cidade. Nota-se também, que as áreas mais periféricas da cidade apresentam os maiores índices de deposição irregular de lixo doméstico, provavelmente pela ausência de uma infra-estrutura básica que discipline e regule a

---

<sup>9</sup> Segundo Nunes (2000), “o chorume é o líquido resultante da umidade natural do lixo, que surge devido à decomposição e dissolução da matéria orgânica pelas enzimas liberadas pelas bactérias, que também possui um cheiro podre insuportável de alto poder de poluição”.

coleta e disposição desse lixo produzido. (Observar figura 75 a 77). A URBANA, empresa responsável pela coleta de lixo da cidade tentou implementar no ano de 2002 um programa de coleta seletiva na cidade logrando muito pouco êxito, pois não se observou a criação de um programa participativo com toda a comunidade, e sim, um programa de gabinete que não visava solucionar de fato a questão do lixo produzido na cidade, até por que a usina de compostagem de lixo do município é totalmente obsoleta para a realização de tal atividade. (Observar figura 78).

Segundo Nunes (2000), a solução para o lixo produzido em Natal é a “implantação de um grande aterro sanitário que atenda a todos os municípios da região, ou alguns pequenos aterros sanitários aproveitando-se áreas disponíveis e adequadas de cada município”. Sob esta alegação já está em fase de elaboração o EIA/RIMA do projeto de implantação do novo aterro sanitário da Grande Natal a ser instalado no município de Ceará-Mirim, projeto este que passou por profundas modificações e discussões políticas, pois alguns potenciais municípios da Grande Natal em que poderia se localizar o aterro, não estavam aceitando receber o aterro proposto em seus territórios. Espera-se que este novo aterro sanitário da Região Metropolitana de Natal, a ser implantado, agora finalmente no município de Ceará-Mirim, não se transforme em um novo lixão da Grande Natal, transferindo-se o problema para outra área, aliás, fato este bastante comum no estado. Portanto, espera-se que o novo aterro sanitário da cidade seja implantado levando-se em consideração todos os critérios técnicos estabelecidos para um verdadeiro aterro sanitário e não um produto de “*marketing*” institucional por parte da Prefeitura Municipal de Natal.



**Figura 73**



**Figura 74**



**Figura 75**



**Figura 76**



**Figura 77**



**Figura 78**

**Fonte:** Frederico Fonseca, nov. 2002.

**Figuras 73 a 78** – Aspectos relacionados aos impactos ambientais gerados pela deposição, disposição e destino final irregulares de lixo.

### 6.2.9 Ocupação e Operação Irregular de Cemitérios.

A poluição gerada por cemitérios tem uma relação bastante intrínseca com a ação gravitacional das águas e com as propriedades físicas no solo a qual estão assentados os mesmos. Em solos mais permeáveis de fácil percolação e com partículas não agregadas, como as de quartzo das dunas de Natal, a poluição por decomposição humana infiltra mais facilmente para as águas subterrâneas chegando a poluí-las. Além de contaminar as águas subterrâneas, os cemitérios também são fontes de contaminação das águas superficiais e dos solos, uma vez que, com a infiltração das águas precipitadas na cidade, estas atuam como agente de transporte para estes ambientes, principalmente pelo escoamento subsuperficial lateral que acaba ressurgindo em lagoas e em rios da região. Com a decomposição dos cadáveres pela ação dos microorganismos patógenos, como bactérias e vírus que acabam concentrando-se no solo, o material decomposto é carregado para os mananciais citados chegando a provocar doenças como tétano, hepatite infecciosa, tuberculose, febre tifóide, febre paratifóide, cólera, disenteria bacilar, poliomielite, amebíase e esquistossomose.

Segundo um levantamento realizado por Nunes (2000), “Natal possui 08 cemitérios públicos denominados de Alecrim, Nova Descoberta, Bom Pastor I, Bom Pastor II, Ponta Negra, Redinha, Igapó e Pajuçara” onde todos tem forma de sepultamento por inumação, “que é o enterramento do caixão direto no solo”. A cidade também possui um cemitério privado localizado na região administrativa norte da cidade, no bairro de Nossa Senhora da Apresentação, nas proximidades do Distrito Industrial, onde o sepultamento é por entumação “que é o enterramento do caixão em túmulos construídos de alvenaria, tanto abaixo do nível do solo, como acima do mesmo, [...], onde as bases e as laterais do túmulo são revestidas com cimento concreto, não havendo risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas”.

A grande problemática relacionada à contaminação das águas e solos pelos cemitérios em Natal, obedece à mesma lógica relacionada à contaminação dos aquíferos pelo esgotamento sanitário que é a ausência de políticas públicas que visem o disciplinamento e a ocupação por cemitérios no município natalense. Sabe-se que a cidade está assentada sobre um embasamento geológico sedimentar que possui características físicas bastante facilitadoras de processos gravitacionais poluidores para os aquíferos, possibilitando facilmente a contaminação por agentes patógenos, provocando sérios danos à qualidade hídrica subterrânea e superficial, atingindo com isso, a população que destas águas se utiliza. Portanto,

...a preocupação de instalar cemitérios deve estar intimamente relacionada com a litosfera e com as características do solo, de modo a dar condições para que os cadáveres nele enterrados, sofram processos de decomposição de forma normal e sem oferecer riscos de contaminação do próprio solo e das águas subterrâneas. (MIOTTO, 1990).



**Figura 79**



**Figura 80**

**Fonte:** Frederico Fonseca, nov. 2002.

**Figuras 79 e 80** – Localização e aspectos relacionados aos impactos ambientais gerados pela localização e operação de cemitérios de Nova Descoberta e Zona Norte, respectivamente.

#### 6.2.10 Poluição Visual, Sonora e Atmosférica.

Quando consulta-se a Lei 6.938 de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 3º, inciso III (observar Capítulo 2, página 27) que conceitua uma noção de poluição ambiental, faz-se um paralelo para entender que as poluições verificadas em Natal adequam-se a esta observância. De acordo com Mota (1981) “a poluição ambiental pode ser definida como qualquer alteração das características de um ambiente (água, ar ou solo) de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que ele normalmente abriga”.

Natal, cidade cujo discurso oficial a coloca como a de mais puro ar das américas e de excelente qualidade de vida, sofre com vários tipos de poluição ambiental, dos quais pode-se destacar aqui a poluição visual, poluição sonora, poluição atmosférica e poluição hídrica (esta já discutida). Problemas estes frutos de uma expansão urbana desordenada que não disciplina, nem estabelece parâmetros norteadores com critérios técnicos de expansão e de desenvolvimento urbano.

Observa-se que a cidade vem passando, principalmente nos últimos anos, por um extenuante processo de expansão do setor de serviços, principalmente relacionado ao comércio que promove de forma totalmente desarranjada veículos de propaganda sem qualquer disciplinamento em seu uso. A instalação de placas, cartazes, “*outdoors*”, e painéis eletrônicos de forma desordenada são os principais problemas relacionados aos impactos visuais em Natal. “Só para se ter uma idéia da falta de controle e de critérios técnicos, dos *outdoors* colocados em Natal, 60% deles estão irregulares”. (MINEIRO; PORPINO; PALHANO, 2001). A poluição visual na cidade concentra-se principalmente nas maiores vias de circulação de veículos, direcionando-os para os centros de consumo da cidade principalmente os da zona sul nos bairros de Capim Macio e Ponta Negra, na avenida Engenheiro Roberto Freire e também no bairro do Alecrim. (Observar figura 81).

O grande questionamento em relação aos impactos visuais se traduzem muitas vezes numa ocupação desordenada de áreas de vegetação nativa que é suprimida ou descaracterizada para a colocação de propagandas acarretando uma alteração na paisagem, desconfigurando um cenário de beleza estética. Também a disposição de resíduos sólidos ou líquidos nas dunas da cidade é um dos fatores mais comuns relacionados à poluição visual. Além dos impactos negativos sob o ponto de vista natural, “este processo de ocupação desordenada é responsável pela carência de paisagens que proporcionam ao homem das cidades um bem-estar mental e social, próprios do lazer contemplativo”. (MOTA, 1981). Esta forma de impacto aliada a outras mais acaba causando

tensões e angústias sobre a população urbana, uma vez que descaracterizam ambientes antes contemplativos e hoje alterados por propagandas comerciais, diminuindo com isso, a qualidade de vida do homem urbano.

A poluição sonora ou acústica é definida “como um conjunto de todos os ruídos provenientes de uma ou mais fontes sonoras, manifestadas ao mesmo tempo num ambiente qualquer”. (MINEIRO; PORPINO; PALHANO, 2001). Segundo Mota (1981), em um meio urbano, as principais fontes de poluição acústica são os meios de transporte terrestre; o tráfego aéreo; obras de construção civil; atividades industriais; os aparelhos eletrodomésticos e o próprio comportamento humano. Segundo Organização Mundial da Saúde *apud* Machado (2002), os efeitos do ruído gerado pela poluição sonora são a perda da audição; interferência com a comunicação; dor; interferência no sono; efeitos clínicos sobre a saúde<sup>10</sup>; efeitos sobre a execução de tarefas; incômodo e efeitos não específicos.

Em Natal a ocorrência de poluição sonora está ligada à própria dinâmica da cidade que é centralizadora de atividades econômicas, sociais e de tráfego, que acabam gerando ruídos que comprometem a qualidade de vida da população residente. O grande número de veículos que a cidade possui, principalmente na área de transportes coletivos, acaba gerando um alto índice de ruídos. Soma-se a este fato uma ausência de políticas de educação ambiental que disciplinem o uso correto de aparelhos que emitam ruídos em altos valores de decibéis. A presença de igrejas que utilizam sons mais altos que o necessário também é fator de muitas queixas por parte da população. Shows, bares e festas populares em vias públicas são um dos alvos de maior reclamação por parte da população aos órgãos responsáveis pelo controle sonoro da cidade. Cita-se aqui o Carnatal, conhecido como uma micareta, ou um carnaval fora de época que ocorre geralmente nos primeiros dias de dezembro no bairro de Lagoa Nova.

Dos crimes de poluição com mais entrada de processos na Promotoria do Meio Ambiente de Natal, o de poluição sonora é o mais freqüente, fato este que caracteriza o grande desrespeito às leis ambientais na cidade.

A poluição atmosférica, segundo Ferreira (1992), “é a acumulação de qualquer substância ou forma de energia no ar, em concentrações suficientes para produzir efeitos mensuráveis no homem, nos animais, nas plantas ou em qualquer equipamento ou material, em forma de particulados, gases, gotículas ou qualquer de suas combinações”.

---

<sup>10</sup> Como efeitos do ruído sobre a saúde em geral registram-se sintomas de grande fadiga, lassidão, fraqueza. O ritmo cardíaco acelera-se e a pressão arterial aumenta. Quanto ao sistema respiratório, pode-se registrar dispnéia e impressão de asfixia. No concernente ao aparelho digestivo, as glândulas encarregadas de fabricar ou regular os elementos químicos fundamentais para o equilíbrio humano são atingidas (como supra-renais, hipófise etc.). Machado (2002).

Natal, apesar de estar inserida numa região litorânea, onde as constantes massas de ar e as correntes de ventos submetem esta região a uma melhor qualidade atmosférica, começa a sofrer com problemas relacionados às grandes metrópoles. O grande número de veículos automobilísticos na cidade é o principal causador de poluições do ar, com a descarga de dióxido de carbono na atmosfera, principalmente em áreas com presença de verticalização como o centro da cidade e a parte comercial do bairro do Alecrim. Veículos mais antigos e os transportes coletivos, como os ônibus e os alternativos, são os principais responsáveis por essa poluição por combustão de combustíveis fósseis. E o que se pode verificar até agora é a ausência quase que completa de órgãos fiscalizadores que venham disciplinar esta emissão de gases. Outras formas de poluição atmosférica, não menos poluentes, são representados pelo lançamento de fumaças poluentes provenientes de fábricas (menor intensidade) e do lixão da cidade (como já frisado anteriormente), queimada e desmatamentos de vegetação dunar e geração de poeira principalmente pela atividade de construção civil e pela supressão da vegetação que não fixa os sedimentos finos que são levados pelos ventos. Os gases atmosféricos liberados pelas indústrias ainda são comuns na cidade, principalmente por indústrias antigas e que ainda não se deslocaram para os distritos industriais da região metropolitana, como é o caso da Simas Industrial, localizada numa área totalmente residencial e comercial. (Observar figura 82).

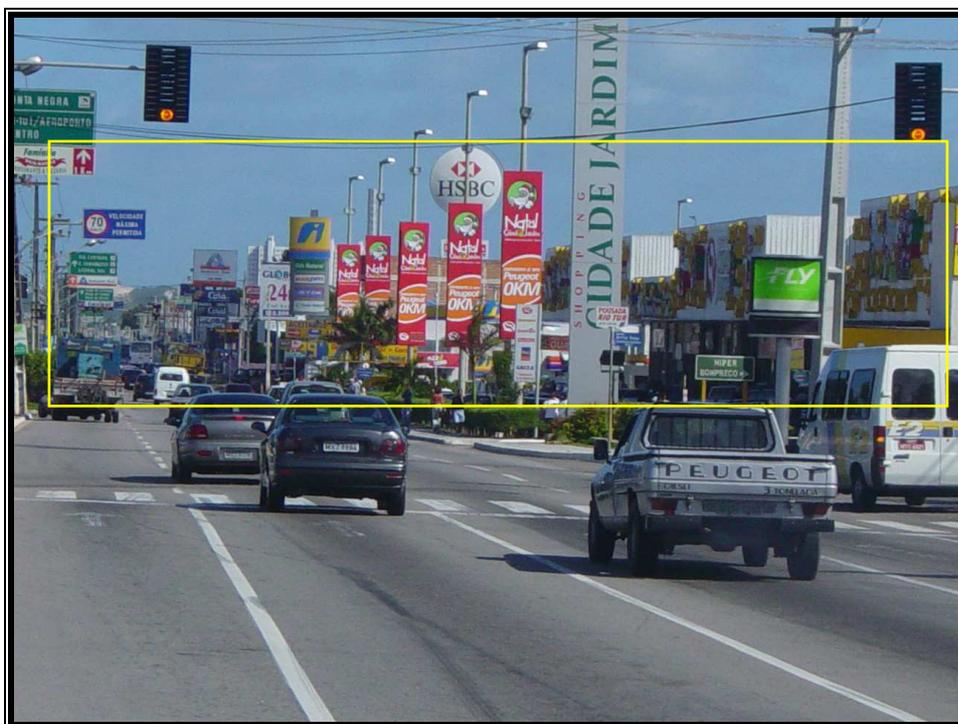


Figura 81



**Figura 82**

**Fonte:** Frederico Fonseca, nov. 2002.

**Figuras 81 e 82** – Aspectos relacionados aos impactos ambientais gerados pela poluição visual e pela emissão de gases atmosféricos de origem industrial em Natal.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa desenvolvida de caracterização e diagnóstico dos impactos ambientais em Natal com apoio de geoprocessamento possibilitou um levantamento da situação ambiental em que se encontra atualmente o município. O crescimento urbanístico ao qual a cidade está submetida impõe um desenvolvimento desordenado gerador de entraves à qualidade dos seus recursos naturais.

O Poder Público, principalmente os municipais, necessitam dispor de ferramentas adequadas que permitam ao administrador urbano elaborar propostas de desenvolvimento territorial e econômico das cidades e auxiliá-los no processo de tomada de decisões. Por isso, a utilização das ferramentas de geoprocessamento pode levar os profissionais, que trabalham com o espaço urbano, a uma leitura mais próxima da realidade, visualizando o dinamismo da realidade urbana, que é muitas vezes estudado de forma estática, sem levar em consideração um ordenamento sistêmico e bastante inter-relacionado às diversas dinâmicas intra-urbanas e sócio-espaciais. Assim, cada espaço, cada território, cada lugar, cada paisagem pode ser distinguido por suas características demográficas, habitacionais, populacionais, econômicas e naturais.

O método e os procedimentos metodológicos utilizados atenderam às expectativas de desenvolvimento das tarefas e funções requeridas pelos objetivos do trabalho, pois a Teoria Geral dos Sistemas possibilita e desempenha importantes papéis na visualização e equacionamento de numerosos problemas ou fatores ambientais verificados no município, permitindo-se questionar problemas de forma holística e inter-disciplinar.

No que concerne ao desenvolvimento urbano-espacial de Natal, nota-se claramente que os vazios urbanos presentes no município são em sua grande maioria, com exceção de uma porção dos bairros de Guarapes, Planalto e Lagoa Azul, áreas de preservação permanente municipais caracterizadas como ZPAs. Estas têm características de topografia declivosa com importância ligada à amenização climática, refúgio de fauna e flora, e por serem áreas proeminentes na recarga do aquífero da cidade, principalmente em áreas de dunas. Contudo, passam por fortíssimas pressões internas e em seu entorno, por parte do setor imobiliário da cidade, ávido por novas áreas de expansão urbana. Como reforço a esta tese, a Prefeitura Municipal de Natal, sob intenso *lobby* dos agentes imobiliários, já estuda e discute alterações substanciais no atual Plano Diretor da cidade que

é bastante avançado e moderno no que tange a proteção de ambientes naturais como as ZPAs no município.

A expansão das áreas periféricas, o surgimento de áreas metropolitanas e o desencadeamento de conurbações na região de Natal, traz consigo relações não sadias entre a população e os recursos naturais da cidade. Estas relações e a geração dos seus impactos ambientais são frutos da expansão da mancha urbanizada da cidade que em 40 anos passa de 22,06 para 98,81km<sup>2</sup> de um total de 171km<sup>2</sup>. É inevitável que, com esse indicativo, a cidade não sofra profundos reordenamentos em sua estrutura urbana. Nesta metodologia de análise permitiu-se ter uma visão multitemporal da evolução urbana da cidade, que ainda passa por transformações territoriais sempre influenciando suas paisagens naturais. Esse contexto de desqualificação ambiental que agora a cidade passa, traz uma indagação: existe uma sustentabilidade ambiental em Natal? Acredita-se que não, pois não se verificam, no contexto municipal, um efetivo e inter-relacionado sistema de gestão ambiental municipal.

O surgimento de novos empreendimentos na cidade provoca e traz sérios danos à paisagem, que muitas vezes já é bastante modificada, não possibilitando, com isso, sua recuperação. Por isso, a importância de se ter uma noção precisa e diagnosticada da real situação ambiental na cidade com vistas à recuperação de áreas já degradadas e que possibilite um manejo e uma mitigação dos futuros e inevitáveis impactos ambientais gerados pelo crescimento urbano desordenado, o qual o município está fadado a sofrer. A expansão urbana e a concentração populacional, mesmo que em menor intensidades, continuam gerando profundas alterações em Natal, visto que seu processo de crescimento é uma constante, podendo-se vislumbrar em um futuro próximo, um cenário ainda mais grave para as mesmas. Essa profunda concentração populacional e urbana da cidade e seus intensos e conseqüentes problemas, não sensibilizam o poder público para as questões de cunho ambiental. O desenvolvimento urbano não leva em consideração a fragilidade de algumas áreas, assim como, o Estado não implementa políticas habitacionais em consonância com a proteção dos recursos naturais.

Em relação aos impactos ambientais em Natal, nota-se que dos dez impactos discutidos na pesquisa, dois se destacam: **a devastação de dunas e a contaminação de águas subterrâneas**, pois, ambos apresentam uma maior incidência histórica somando-se a uma apresentação de caráter irreversível, ou seja, uma vez impactado, não é mais possível recuperar os ambientes atingidos. Sabendo que muitas técnicas de mitigação de impactos estão surgindo, podendo alterar com isso essa afirmação, até o momento ainda

não existem técnicas de excelência para a implantação das medidas de controle ambiental que visem à melhoria ambiental nesses dois maiores impactos na cidade.

A identificação dos 10 maiores impactos ambientais na cidade não excluem, outras formas de impacto que possam vir a ocorrer. O importante a se afirmar, é que cada um dos impactos levantados não ocorre de forma isolada e sim inter-relacionada com outros fenômenos, chegando muitas vezes a confundir sua identidade, ou seja, o que é a causa, e qual é a consequência. A ocorrência de impactos ambientais não se dá de forma isolada. Ocorre de forma interdependente entre os fatores causadores de degradação e seus ambientes alterados.

O processo de devastação das dunas do município é realizado sob um aspecto macro da realidade que se relaciona ao desenvolvimento urbano que acaba desencadeando uma série de “sub-impactos”, com queimadas, desmatamentos, retiradas de sedimentos, depósitos de lixo, construções irregulares e descaracterização geomorfológica. Essa devastação implica em uma diminuição crescente da qualidade de vida da população natalense, pois, conforme discutido anteriormente, são imprescindíveis para a região metropolitana. Os processos erosivos e os assoreamentos dos recursos hídricos são bastante relacionados à devastação das dunas, pois todo o estrato florístico da cidade impede os processos erosivos em áreas de alta declividade e em áreas com forte incidência eólica carregando sedimentos arenosos para áreas urbanas e para os mananciais superficiais da cidade.

A contaminação do lençol freático, por esgotamentos sanitários domésticos na cidade, traduz-se na mais torpe falta de comprometimento do poder público com o bem-estar da população. O saneamento da cidade nunca foi prioridade nas administrações públicas, gerando com isso o alto índice de contaminação por nitrato ( $\text{NO}_3$ ) nas águas subterrâneas da cidade. Esse é visto como um dos maiores impactos a serem mitigados na cidade, assim como, nos demais municípios da Região Metropolitana, que passam pelo mesmo processo degradador. Em 2002, dos 98,81km<sup>2</sup> de área urbana na cidade, somente 24,69km<sup>2</sup> são saneados, o que equivale a 24,98% da área. A rede projetada pela CAERN para o futuro saneamento de Natal só possui 14,78km<sup>2</sup>, equivalente a 14,95% da área urbana do município. Restando 59,34km<sup>2</sup>, ou seja, 60,05% da área urbana ainda sem projeto e sem saneamento. Isso mostra a gravíssima situação em que se encontra o (não) saneamento da cidade. Esse processo se repete na contaminação das águas superficiais da cidade que recebem esgotos “in natura” e efluentes industriais da Região Metropolitana de Natal, que acabam contaminando os manguezais do estuário do Potengi-Jundiaí, sendo agravados pelas atividades de carcinicultura marinha.

As enchentes e alagamentos urbanos, a produção e destino final do lixo, a ocupação e operação irregular de cemitérios e a poluição sonora, atmosférica e visual são reflexos de uma ausência de políticas públicas que disciplinem e ordenem o uso do solo de forma adequada. Uma vez que não é comum se verificar o cumprimento da legislação ambiental pertinente a tais impactos há uma geração de danos à paisagem natalense.

Em relação ao uso das tecnologias de geoprocessamento como apoio para o desenvolvimento da pesquisa, conclui-se que de modo geral esta ferramenta qualificou as análises ambientais do município, pois possibilitou o fornecimento de novos dados espaciais e não espaciais, integrando e cruzando as informações requeridas pelo operador, visualizando, organizando e modelando as informações coletadas no decorrer da pesquisa.

Dadas essas informações, enumeram-se algumas recomendações que são relevantes para futuras pesquisas e para o interesse de gestores públicos.

1) Implementar um macrozoneamento atualizado da Região Metropolitana de Natal a fim de que se possa ter uma noção mais real das áreas passíveis ao desenvolvimento de novas expansões urbanas e de proteção aos seus recursos naturais, revendo todos os licenciamentos ambientais já expedidos no município a fim de adequá-los à legislação ambiental, com implementação de licença prévia, instalação e operação, aplicando efetivamente as multas, tomando como referência a LEX ambiental aos empreendedores e pessoas físicas que venham a atingir e causar danos ambientais à paisagem natural e construída, desapropriando, sob a lógica do Princípio da Precaução e de áreas de utilidade pública, todas as áreas particulares que estão inseridas na ZPAs da cidade e conservando e/ou protegendo as unidades de conservação municipais, a fim de propiciar sua proteção e sua regulamentação;

2) Implementar projetos de educação ambiental em todas as esferas da sociedade natalense, de forma totalmente participativa e integrada, implantando programas fidedignos de coleta seletiva na cidade, a fim de processar e reciclar todo o material recolhido que sirva para tal;

3) Realizar um levantamento detalhado das áreas de risco ambiental no município, considerando todos os fatores causadores de impactos naturais e antrópicos com um zoneamento de áreas passíveis à construção de cemitérios e de pequenos aterros sanitários na cidade e outras formas de empreendimento;

4) elaborar e executar um plano de recuperação de áreas degradadas no município, devendo ser financiado pelo empreendedor causador do dano ambiental, sempre apreendendo o princípio jurídico do Poluidor-Pagador;

5) Estabelecer e executar através de um convênio estadual, municipal e federal planos anuais de esgotamento e tratamento sanitários na cidade, principalmente nas áreas de maior susceptibilidade à contaminação do lençol a fim de que se possam dirimir os sérios danos sobre os recursos hídricos da cidade, implantando também sistemas de tratamento de efluentes industriais – ETE na Grande Natal, principalmente em seu distrito industrial, para que se possa impedir o lançamento destes às águas da cidade;

6) Elaborar um Plano Diretor de esgotamento pluvial na cidade, para que se possa zonedar e redimensionar as áreas de enchentes e alagamentos;

7) Criar áreas de proteção ambiental através de uma Lei Ordinária estadual ou municipal, de no mínimo 300 metros nas margens e vertentes dos mananciais superficiais dos rios Doce e Pitimbu e das lagoas da cidade, dada a importância destes ao abastecimento e à economia da cidade e da região metropolitana, sendo fiscalizadas por uma polícia ambiental municipal;

8) Implantar o sistema de geoprocessamento municipal, com execução de uma atualização cartográfica e criação de um banco de dados para a construção e interface de dados e materiais sobre a cidade;

9) Realizar um monitoramento anual dos maiores impactos ambientais na cidade com o objetivo de ter uma noção periódica da qualidade dos recursos naturais da cidade.

Portanto, tais medidas visam à conservação e à proteção dos recursos ambientais no município com uma visão sistêmica da realidade que possibilite trazer uma melhoria à qualidade de vida da população natalense.

Destarte, a sociedade necessita tomar consciência da importância das políticas implementadas pelo poder público e pelo poder privado-imobiliário-especulativo a fim de que se possa assegurar um modo de vida saudável às presentes e futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

AGLIO, Mario Luiz Diamante; MENEZES, Paulo Márcio Leal de; SOUZA NETO, Nestor Carboniano de. Comparação metodológica entre a construção analógica e a digital de mapas pedológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19, 1999, Recife; Olinda. **Anais...** Recife; Olinda: 1999. (CD-ROM).

AGRA FILHO, Severino Soares. **Os estudos de impactos ambientais no Brasil: uma análise de sua efetividade.** Brasília: IPEA, 1993. 73p. (Documento de Política nº 18).

ANJOS, Rafael Sanzio Araújo dos. Configurações espaciais do crescimento urbano no Distrito Federal e seu entorno imediato (1964-1990): leitura a partir de dados de sensoriamento remoto. **GeoSul.** Florianópolis, v.6, n.11, p. 55-73, 1991.

\_\_\_\_\_. SIG e dinâmica territorial: modelagem dos processos formadores da expansão urbana no Distrito Federal. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 227-238.

ARAÚJO, Ludmagna Pereira. **Sistema de Informações Geográficas aplicado à análise das relações da qualidade da água e risco em saúde pública no município de Natal(RN).** Dissertação (Mestrado) – UFRN, Geociências, Natal, 2002.

ATAÍDE, Ruth Maria da Costa. **Habitação de interesse social nos planos diretores de Natal – 1984/1994: o desafio para incluir, a exclusão que permanece.** Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Ciências Sociais. Natal, 1997.

BARBOSA. Max Prestes. Tratamento automático de imagens. São José dos Campos: INPE, 1984. 56p.

BARROS, Mirian Vizintim Fernandes. **Análise ambiental urbana: estudo aplicado à cidade de Londrina-PR.** 1998. Tese (Doutorado). USP, Departamento de Geografia, São Paulo, 1998.

BORGES, Aldan Nóbrega. **Implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo.** Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Engenharia Civil, Natal, 2002.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 416p.

BRASIL. Decreto 99.279, 06 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 6 jun. 1990.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 2.set. 1981.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria – Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe / Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1981.

BRISTOT, Gilmar; PINHEIRO, José Ueliton. A influência dos fenômenos El Niño e La Niña nas variações de temperatura máxima mensal para a cidade do Natal-RN. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. (CD-ROM).

BRITO, Jorge Luís Silva. **Adequação das potencialidades do uso da terra na bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG):** ensaio de geoprocessamento. 2001. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CABRAL, Maria José Olimpo. **Relação sociedade/natureza em unidade de conservação: o caso do Parque Estadual das Dunas do Natal.** Dissertação (Mestrado). UFPB, Prodepa, João Pessoa, 1999.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de (org.). **Geoprocessamento para projetos ambientais.** 2. ed. rev. ampl. São José dos Campos (SP): INPE, 1998a.

\_\_\_\_\_. **Princípios básicos em geoprocessamento.** In: ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** 2. ed., rev e ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1998b. p. 3-11.

\_\_\_\_\_. **Tendências de evolução do geoprocessamento.** In: ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** 2. ed., rev e ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1998c. p. 411-424.

\_\_\_\_\_. **Mapas e suas representações computacionais.** In: ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** 2. ed., rev e ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1998d. p. 13-29.

CANTER, Larry W. **Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de los estudios de impacto.** 2ed. Madrid: McGraw-Hill, 1998. 841p.

CARVALHO, Maria Nilma de; DANTAS, Fernando Luiz Moreira. **Cidade do Natal – RN: áreas verdes e especulação imobiliária.** Monografia (Bacharelado) – UFRN, Natal, 1992.

CARVALHO, Márcia Monteiro. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal.** Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Arquitetura, Natal, 2001.

CARVALHO, Silvana Sá de. Cartografia digital como instrumento de apreensão do espaço urbano. In: GIS BRASIL 97 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 3, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1997. (CD-ROM).

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo.** 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CASTRO, Murilo Cardoso. Geoprocessamento...Geografia quantitativa...de volta para o futuro? In: SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO – RIO DE JANEIRO, 1, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Artimagem, 1996. p. 19-31.

CHANAN, Lenice Maria Consoli. Vulnerabilidade ambiental à ocupação urbana – município de Porto Alegre, RS: uso de SIG – Sistema de Informação Geográfica. In: GIS BRASIL 98. 4., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fator Gis, 1998. 1 CD-ROM.

CHAVES, Marcelo dos Santos. **Caracterização ambiental e potencialidades de uso e ocupação do solo de Lagoinha, Natal/RN**. Monografia (Bacharelado) – UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1997.

CHORLEY, Richard J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22. jun. 1971.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

\_\_\_\_\_. Significância da teoria de sistemas em Geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 16-17, p. 119-128, 1986-1987.

CINTRÃO, Luciana Márcia Gonçalves; CINTRÃO, Luciano Pezza; NÉIA, Marcos. GIS para gestão municipal. In: GIS BRASIL 99 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 5, 1999, Salvador. **Curso...** Salvador: Sagres, 1999.

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.

COLOMINA, Ismael. Que coordenada é esta, por favor? In: TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia, *et al.* **Geoinformação: passado, presente e futuro**. Curitiba: EspaçoGEO, 2001. p. 49-53.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 1 de janeiro de 1986. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 12 fev. 1986.

CORTEZ FILHO, R.; *et al.* Implantação do Sigeo – Guarulhos. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 46-54.

COSTA, Ademir Araújo da. **A verticalização e as transformações do espaço urbano de Natal-RN**. Tese (Doutorado) – UFRJ, Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, 2000a.

COSTA, Heloisa Soares de Moura. Indústria, produção do espaço e custos socioambientais: reflexões a partir do exemplo do Vale do Aço, Minas Gerais. IN: TORRES, Haroldo; COSTA, Heloisa (org.). **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo: SENAC, 2000b. p. 191-212.

COSTA, Sérgio de Oliveira; OLIVEIRA, Sonia Maria Queiroz de. Metodologia para atualização da base cartográfica do município do Rio de Janeiro. In: SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO – RIO DE JANEIRO, 1, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Artimagem, 1996. p. 91-98.

COSTA, W. D; SALIM, José. Aspectos estruturais da faixa sedimentar costeira da região de Natal-RN. **Estudos Sedimentológicos**. Natal: Imprensa Universitária. v. 2, n. 1/2, p. 133-143, jan./dez. 1972.

CRUZ, Maria Clara da; ANJOS, Rafael Sanzio Araújo dos. Critérios de avaliação de impactos ambientais da urbanização. **Espaço e Geografia**. Brasília, v.4, n.1, p.107-118, jan.-jun. 2001.

CRUZ, Olga. A Geografia física, o geossistema, a paisagem e os estudos dos processos geomórficos. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 15, p. 53-62, 1985.

CUNHA, Eugênio M. S. **Caracterização e Planejamento Ambiental do Estuário Potengi**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982. 121 p.

CUNHA, Gersonete Sotero da. **Natal: a expansão territorial urbana**. Natal: UFRN, 1991.

\_\_\_\_\_. **Natal: o processo de expansão territorial urbana**. Dissertação (Mestrado). UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1987.

CUNHA, José de Arimatéia da. **A gestão municipal através de tecnologias de Geoprocessamento e cadastro urbano**: gerenciamento de dados físicos e sócio-econômicos do município de Serra Negra do Norte-RN. Dissertação (Mestrado). UFRN, Geociências, Natal, 2001.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação ambiental. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

DAVIS, Clodoveu Augusto. Geoprocessamento: dez anos de transformações. In: TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia, *et al.* **Geoinformação: passado, presente e futuro**. Curitiba: EspaçoGEO, 2001. p. 27-35.

ECONATAL. **Caracterização e diretrizes gerais de uso e ocupação da Zona de Proteção Ambiental da área adjacente a Av. Roberto Freire e ao Parque das Dunas**. Natal: 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - FIERN. **Plano estratégico Natal terceiro milênio**. Natal: Natrontec, 2000. (1 CD-ROM).

FERREIRA, Frederico Poley Martins. Identificação de tendências econômicas urbanas: uma proposta metodológica utilizando o geo-processamento. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 751-760.

FIGUEIREDO, Francisco Gildásio de. **Metais pesados em sedimentos superficiais do estuário Potengi**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Química, 1997.

FONSECA, Frederico Torres. Onde estamos, para onde vamos? In: TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia, *et al.* **Geoinformação: passado, presente e futuro**. Curitiba: EspaçoGEO, 2001. p. 43-48.

FORESTI, Celina; HAMBURGER, Diana Sarita. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do solo urbano. In: TAUKE-TORNISIELO, Samia Maria; GOBBI, Nivar; FOWLER, Harold Gordon. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2 ed. Rev. e Ampl. São Paulo: UNESP, 1995. p.143-149.

FREIRE, Maria do Socorro Borges. **Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas do Natal**. Acta Botanica Bras. v.4, n.2, p.41-51, 1990.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA. **Vocabulário básico de meio ambiente**. 4 ed. Rio de Janeiro: Maio Gráfica, 1992. 246 p.

GONDIM, Jussara Aparecida de Melo. **Níveis de poluentes ambientais em águas residenciais nos bairros Nordeste, Petrópolis e Capim Macio em Natal-RN**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Química. Natal, 2002.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HASENACK, Heinrich; WEBER, Eliseu. **Derivação de novas informações cadastrais para o planejamento urbano através de Gis**. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/artigos/pref/farroupilha/farroupilha.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Glossário Geológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 214 p.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico do Rio Grande do Norte: características da população e dos domicílios, 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 519p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília: IBAMA, 1995. 134p.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEC. Secretaria da Fazenda e Planejamento. **Diagnóstico ambiental do estuário do Potengi-Natal/RN - Caracterização e mapeamento dos manguezais do estuário do Potengi-Natal/RN**. Natal: IDEC, 1986.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico preliminar das condições ambientais da região da Grande Natal**. Natal: IDEC, 1985.

\_\_\_\_\_. **Perfil ambiental das dunas no município de Natal-RN e de outras áreas de relevante interesse especial – 1989**. Natal: 1989.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN. Programa de Pós-Graduação em Geociências. **Diagnóstico químico-ambiental em águas e sedimentos de fundo do rio Pitimbu, região sul da Grande Natal-RN**. Natal, 2001. (Relatório Final de Projeto).

IVO, Paulo Sérgio. **Inventário de recursos naturais utilizando técnicas de sistemas de informações georreferenciadas**: estudo de caso da cidade de Acari-RN. Dissertação (Mestrado). UFRN, Geociências, Natal, 2001.

JACOBI, Pedro. **Cidade e meio ambiente**: percepções e práticas em São Paulo. São Paulo: AnnaBlume, 1999. 191 p.

JESUS, Ana Patrícia de. **Caracterização geológica, geomorfológica e geotécnica de um corpo de dunas na cidade de Natal-RN**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Geodinâmica e Geofísica, Natal, 2002.

KOFFLER, Natalio Felipe. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento de solos. **Geografia**. Rio Claro. v. 18, n.2, p. 01-51, out. 1993.

\_\_\_\_\_. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento de vegetação e uso da terra. **Geografia**. Rio Claro. v. 17, n.2, p. 01-26, out. 1992.

LIMA, Lúcia Maria Cunha Alves de; *et al.* Aplicação da carta geoprocessada de proximidade no planejamento ambiental de Maceió-AL. In: SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO – RIO DE JANEIRO, 1, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Artimagem, 1996. p. 141-146.

LOBO, Mirna Cortopassi. **A gestão municipal inteligente**. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/artigos/pref/inteligente/inteligente.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2000.

LOMBARDO, Magda Adelaide; MACHADO, Reinaldo Paul Pérez. Aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas nos estudos urbanos. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, São Paulo, n. 10, p.05-11, abr. 1996.

LOPES JÚNIOR, Edmilson. População e meio ambiente nas paisagens da urbanização turística do Nordeste: o caso de Natal. IN: TORRES, Haroldo; COSTA, Heloisa (org.). **População e meio ambiente**: debates e desafios. São Paulo: SENAC, 2000. p. 213-231.

MABESSONE, J. M; ROLIM, José Lins. Quaternário do Nordeste Oriental Brasileiro. **Estudos Sedimentológicos**. Natal, v. 3/4, p. 89-130, jan./jun, 1973/74.

MABESSONE; J. M.; *et al.* Late cretaceous and cenozoic history of northeastern Brazil. **Geologie Mijnbouw**, p. 129-139, 1977.

MACEDO, Ricardo Kohn de. **Conhecendo os estudos ambientais**. Rio de Janeiro: Kohän-Saagoyen. C2002. 68p.

MACHADO, Lucy M. C. PH. *et al.* Mapeamento de pontos sensíveis a impactos ambientais sobre os recursos hídricos em Rio Claro (SP). **Geografia**, Rio Claro, v. 14, n.28, p. 119-130, out. 1989.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 10 ed. São Paulo: Malheiros, 2002. 1038p.

MARQUES, Mara Lúcia; FORESTI, Celina. Análise espacial da estrutura urbana da cidade litorânea de Intanhaém (SP). **Geografia**, v.26, n.1, p.7-35, abr. 2001.

- MARTINES, Patrícia Rosa; FERREIRA, Marcos César. Metodologia para análise espaço-temporal da expansão urbana através do Geoprocessamento: uma aplicação para a cidade de Piracicaba-SP (1822-1996). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19., 1999, Recife; Olinda. **Anais...** Recife; Olinda: SBC, 1999. (1 CD-ROM.)
- McMASTER, Robert Brainerd; SHEA K. Stuart. **Generalization in digital cartography**. Washington D.C.: Association of American Geographers, 1992. 134 p.
- MEDEIROS, Tásia H. L. **Evolução geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas da cidade do Natal-RN**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Natal, 2001.
- MELO, José Geraldo. **Avaliação dos riscos de contaminação e proteção das águas subterrâneas de Natal – Zona Norte**. Natal: CAERN (Divisão de Hidrogeologia), 1998.
- \_\_\_\_\_. **Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN**. Tese (Doutorado). USP, Instituto de Geociências, São Paulo, 1995.
- MENEZES, Luiz Claudino. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba**. Campinas: Papirus, 1996.
- MENIN, Delza Rocha de Freitas. **Ecologia de A a Z: pequeno dicionário de ecologia**. Porto Alegre: L&PM, 2000. 212p.
- MILARÉ, Édís; BENJAMIN, Antonio Herman V. **Estudo prévio de impacto ambiental: teoria, prática e legislação**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1993.
- MINEIRO, Fernando. **A qualidade da água na cidade do Natal**. Natal: [Partido dos Trabalhadores]. Folheto distribuído no dia mundial da água, 22 de março de 2001.
- \_\_\_\_\_. **A qualidade da água na cidade do Natal**. Natal: [Partido dos Trabalhadores]. Dito e feito especial. Edição comemorativa ao dia mundial da água – 22 de março. Folheto distribuído no dia mundial da água, 22 de março de 2002. (Encartado no jornal Diário de Natal).
- MINEIRO, Fernando; PORPINO, Itaércio; PALHANO, Emanuel. **Crimes ambientais em Natal: breve inventário, artigos, legislação e glossário ambiental**. Natal: Offset, 2001.
- MIOTTO, Sebastião Luiz. **Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para implantação de cemitérios**. Dissertação (Mestrado). UNESP, Geociências. Rio Claro, 1990.
- MIRANDA, João Mauricio Fernandes de. **Evolução urbana de Natal em 400 anos: 1599-1999**. Natal: Governo do Estado do Rio Grande do Norte e Prefeitura Municipal do Natal, 1999. 159p.
- MIRRA, Álvaro Luiz Valery. **Impacto ambiental: aspectos da Legislação Brasileira**. São Paulo: Oliveira Mendes, 1998.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

MORAES, Maria Eugênia Bruck de; FORESTI, Celina. Áreas de ocupação e restrições ao uso do solo urbano na estância de Campos do Jordão(SP): subsídios ao planejamento urbano. **Geografia**, v.25, n.3, p.73-84, dez. 2000.

MOREIRA, Melquisedeq Medeiros. **Mapeamento geotécnico do município de Natal-RN**. Dissertação (Mestrado). UNB, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, 1996.

MOREIRA, Melquisedeq Medeiros; SOUZA, Newton Moreira de. Aplicação da cartografia geotécnica na disposição de resíduos sólidos da região de Natal-RN. In: GIS BRASIL 97 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 3, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1997. (CD-ROM).

MORETI, Edmar; KOFFLER, Natalio Felipe; TEIXEIRA, Amandio Luis de Almeida. Técnicas digitais para mapeamento da declividade e orientação de vertentes baseadas no uso de sistemas de informação geográfica. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 19, n. 37-38, p. 29-52, 1989.

MOTA, Suetônio. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981. 242p.

NASCIMENTO, Gildemar Fernandes do. **Avaliação do nitrato e metais pesados em águas subterrâneas da cidade de Natal/RN**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Geociências, Natal, 2001a.

NASCIMENTO, Paula Patrícia Barbalho da Silva. **Natal e o meio ambiente frente ao problemas de inundação e participação popular**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Psicologia, Natal, 2001b.

NÉIA, Marcos; CINTRÃO, Luciana Márcia Gonçalves; CINTRÃO, Luciano Pezza. GIS para aplicações urbanas. In: GEOBRASIL 2000 – FEIRA E CONGRESSO INTERNACIONAIS DE GEOINFORMAÇÃO, 1, 2000, São Paulo. **Curso...** São Paulo: EspaçoGeo, 2000.

NERO, Marcelo Antônio. **Estudo comparativo de metodologias de digitalização de mapas e seu controle de qualidade geométrica**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NITSCHKE, Julio César Vaz; ALMEIDA, Carla Daniela de. Proposta metodológica para elaboração de diagnósticos municipais. **Revista Paranaense de Geografia**. Curitiba. n.5, p. 49-54, 2000.

NOGUEIRA, Ângela Maria Borges. **O cenozóico continental da região de Natal-RN**. Dissertação (Mestrado). UFPE, Centro de Tecnologia, Recife, 1981.

NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes. Utilização de dados de sensoriamento remoto em estudos ambientais. **Geografia**. Rio Claro. v. 13, n.25, p. 43-51, abr. 1988.

NUNES, Elias. **Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas da Grande Natal (RN), como base para o macrozoneamento geo-ambiental**. Tese (Doutorado). UNESP, Departamento de Geociências, Rio Claro, 1996.

\_\_\_\_\_. **O Meio Ambiente da Grande Natal**. Natal: Imagem Gráfica, 2000.

OGATA, Maria Gravina. **Macrozoneamento costeiro**: aspectos metodológicos. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA, 1995. 27 p. (Série Gerenciamento Costeiro; v.5)

OLIVEIRA, Flávio Gutemberg de. **Autodepuração e monitoramento do rio Pitimbu**. Dissertação (Mestrado). UFRN, Departamento de Engenharia Química, Natal, 1994.

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão de. **Utilização do Sistema de Posicionamento Global – GPS no mapeamento e georeferenciamento ambiental das Zonas de Proteção Ambiental de Natal – RN**. Monografia (Bacharelado). UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1999.

PAIVA, Silvana Praxedes de. **Análise dos impactos ambientais causados pela implantação de lagoas de estabilização de esgoto do bairro de Ponta Negra, Natal/RN**. Monografia (Bacharelado). UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 2002.

PENTEADO - ORELLANA, Margarida Maria. Mapeamento de zonas de proteção ambiental: aplicação de conceitos geomorfológicos na interpretação da legislação. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 21, n. 41, p. 149-153, 1991. (notas e resenhas).

PEREIRA, Gilberto Corso. **Geoprocessamento e urbanismo em Salvador**: uma contribuição cartográfica. 1999. Tese (Doutorado). UNESP, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Rio Claro, 1999a.

PEREIRA, Gilberto Corso. CARVALHO, Silvana Sá de. Análise espacial urbana em Geoprocessamento. In: GIS BRASIL 2000, 6., 2000, Salvador. **Anais...** Curitiba: Fator Gis, 2000. (1 CD-ROM).

PEREIRA, Ludmila Bernardo Farias. **Mapeamento geológico, estratigrafia cenozóica e estruturação neotectônica da região costeira entre Ponta Negra e Redinha e estuário do rio Potengi, Natal-RN**. Relatório (Graduação). UFRN, Departamento de Geologia, Natal, 1999b.

PEREIRA, Madalena Niero. Avaliação da expansão urbana de São José dos Campos através de dados orbitais. **Geografia**, v.13, n.26, p.156-160, out. 1988.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; *et al.* (ed). **Municípios e meio ambiente**: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: ANAMMA/Marcomp, 1999. 203p.

PUGLIESI, Edmur A.; SILVA, Erivaldo A.; IMAI, Nilton N. Vetores de crescimento urbano: análise espaço-temporal através da integração de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. In: GIS BRASIL 2000, 6., 2000, Salvador. **Anais...** Curitiba: Fator Gis, 2000. 1 CD-ROM.

QUANDT, Carlos. Gis como base do processo de planejamento: sistema de monitorização do crescimento urbano e infraestrutura de Los Angeles. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 177-182.

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. **Evolução dos processos erosivos em solos arenosos entre os municípios de Natal e Parnamirim – RN**. Tese (Doutorado). UFRJ, Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, 1999. 345p.

RAMOS, Maria Cristina Lemos; SILVA, Jorge Xavier da. A interferência de Brasília no ambiente rural: um registro histórico-geográfico obtido por geoprocessamento. **Cadernos de Geociências**. Rio de Janeiro, n. 12, p. 25-37, out./dez. 1994.

REIS, Antônio Carlos de Souza; LACERDA, Francinete Francis; MOURA, Geber Barbosa de Albuquerque. **Glossário de termos e expressões comuns em meteorologia**. Recife: IPA, 1996. 49p. (Série Documentos-23).

RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis - an introduction**. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag, 1993.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário**: fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna: EMBRAPA, 1998. 66p.

RODRIGUES, Marcos. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1990, V.1, p. 1-26.

SALDANHA, Dejanira Luderitz *et al.* Mapeamento e avaliação das áreas inundáveis do rio dos Sinos através da utilização de imagens TM-Landsat 5. **Revista de Geografia**. São Paulo, v.13, p. 127-144, 1996.

SALIM, José; COUTINHO, Paulo da Nóbrega. Aspectos sedimentológicos do estuário do Potengi, Natal, Rio Grande do Norte. **Estudos Sedimentológicos**, Natal: Imprensa Universitária. v. 3/4, p. 141-153, jan./jun. 1973/74.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e prevenção dos processos erosivos. IN: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

SANTOS, Ana Claudia Ventura dos. **Influência da expansão urbana na paisagem da sub-bacia do rio Pitimbu entre Natal e Parnamirim/RN**. Monografia (Especialização) – UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1999.

SANTOS, Maria da Conceição Nasser dos; FILGUEIRA, Maria de Fátima; COSTA, Morgana Jales da. **Análise das condições ambientais das dunas ao Sul de Natal/RN, em função do uso e ocupação do solo**. Monografia (Bacharelado). UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1992.

SANTOS, Milton. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1997, 88p.

\_\_\_\_\_. **Técnica, Espaço e Tempo**: globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo: Hucitec, 1994.

SANTOS, Pedro Antônio de Lima. **Natal Século XX**: do urbanismo ao planejamento urbano. Tese (Doutorado). USP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 1998.

SANTOS, Rozely Ferreira dos; CARVALHAIS, Helder Bicalho; PIRES, Fátima. **Planejamento ambiental e Sistemas de Informação Geográfica**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em: 12 fev. 1999.

- SCHOLTEN, Henk J; STILLWELL, John C. H. **Geographical Information Systems for urban and regional planning**. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic, 1990. 278p.
- SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS. **Glosário de términos sobre asentamientos**. México. D.O., SAHOP, 1978. 175p.
- SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RN - SERHID. **Plano estadual de recursos hídricos – 2.08 – Bacia 08 - Potengi**. Disponível em: <<http://www.serhid.rn.gov.br?idpublicação=144>>. Acesso em: out. 2001.
- SELVA, V. S. F. **A organização espacial urbana de Natal**. Dissertação (Mestrado). UFPE, Departamento de Geografia. Recife, 1988.
- SHIROZONO, Nilo; *et al.* Uma proposta de planejamento ambiental da cidade de Jundiá-SP, utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas-IDRISI. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 843-848.
- SIKORSKY, Sergiusz Romuald. Geoprocessamento como Instrumento de Planejamento Urbano. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 40-45.
- SILVA, Antonio Campos e. **Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte**. UFRN. Instituto de Antropologia, Natal, S/N, 1969. 14p.
- SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1999(a). 236p.
- SILVA, Paula Patrícia Barbalho da. **Caracterização e mapeamento das áreas de risco inundacional de parte da cidade do Natal-RN**. Monografia (Bacharelado) – UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1999(b).
- SILVA, Pedro Paulo de Lima; *et al.* **Dicionário brasileiro de ciências ambientais**. Rio de Janeiro: Thex, 1999. 247p.
- SILVA, Thelma Ellen Palhares Pereira da; OTTONI, Marcus Vinícius. A importância da cartografia para o sucesso da implantação do geoprocessamento no município de Belo Horizonte. In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 669-676.
- SMOLKA, Martim O. Meio ambiente e estrutura intra-urbana. In: MARTINE, George. (org.). **População, meio ambiente e desenvolvimento**. Campinas: UNICAMP, 1996. p.133-143.
- SOTCHAVA, V.B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: USP - Instituto de Geografia. 1977.
- SOUZA, Bernadete de Lourdes Queiroga de. **Mudanças ambientais no entorno do prolongamento da Avenida Prudente de Moraes: quadrilátero dunar do San Vale, Natal-RN**. Monografia (Especialização). UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1999.
- SUGUIO, Kenitiro. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUREHMA/ GTZ – SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ – SEMA/PR. **MAIA – Manual de avaliação de impactos ambientais**. Curitiba: SUREHMA/ GTZ, 1992.

SZLAFSZTEIN, Cláudio F; LIMA, José Júlio. Planejamento de infra-estrutura utilizando Sig para a cidade de Belém (Pará). In: GIS BRASIL 96 - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sagres, 1996. p. 72-78.

TASCHNER, Suzana Pasternak. Degradação ambiental em favelas de São Paulo. IN: TORRES, Haroldo; COSTA, Heloisa (org.). **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo: SENAC, 2000. p. 271-297.

TAVARES, Sérgio. Contribuição para o estudo da cobertura vegetal dos tabuleiros do Nordeste. **Boletim de Recursos Naturais**. Recife, n.2, p.13-25, 1964.

\_\_\_\_\_. Estudos geobotânicos do Rio Grande do Norte. **Instituto de Pesquisa Agropecuária**. Recife, n.5, p.39-41, 1960.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Sistema de informação geográfica: dicionário ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 1997. 244p.

TEIXEIRA, Amandio Luis de Almeida; GRAY, Nelly Amalia de Cerdán. **Geo-info+map: aplicación de la tecnología SIG al desarrollo de las regiones de tamaño medio**. Rio Claro, [s. n.], [ ca. 1989 ].

TIMÓTEO, Érika Maia. Via expressa: diagnóstico ambiental e urbano estudo de caso de aplicação da cartografia temática. In: SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO – RIO DE JANEIRO, 1, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Artimagem, 1996. p. 217-230.

TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia. Fotogrametria na era da geomática. In: TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia, *et al.* **Geoinformação: passado, presente e futuro**. Curitiba: EspaçoGEO, 2001. p. 08-19.

TOMMASI, Luiz Roberto. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: Terragraph/Cetesb, 1994.

VASCONCELOS, Marcos Venício Paiva de. **Ocupação e uso do solo no bairro Planalto – Natal/RN**. Monografia (Especialização). UFRN, Departamento de Geografia, Natal, 1999.

VIDAL, Roseane Dias de Medeiros. **Influência da morfologia urbana nas alterações de temperatura do ar na cidade do Natal**. Dissertação (Mestrado). UNB, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 1991.

VILLAÇA, José Gilson; *et al.* Geologia ambiental da área costeira de Ponta de Búzios a Barra de Maxaranguape-RN. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. João Pessoa. n. 10, p. 220-227, 1986.

YUAÇA, Flávio. Geoinformação: retrospectiva da última década e expectativas para a próxima. In: TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia, *et al.* **Geoinformação: passado, presente e futuro**. Curitiba: EspaçoGEO, 2001. p. 36-42.

## **Contatos com o Autor**

Frederico Fonseca  
E-mail: fred1@superig.com.br  
Skype: fred.fonseca1