

# SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO À ANÁLISE DAS RELAÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA E RISCO EM SAÚDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE NATAL (RN)

Ludmagna Pereira de ARAÚJO, Reinaldo Antônio PETTA, Cynthia Romariz DUARTE

Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário. CEP 59072-970. Natal, RN.  
Endereços eletrônicos: petta@geologia.ufrn.br; cynthia@geologia.ufrn.br.

Introdução  
Objetivos  
Materiais, Métodos e Técnicas  
Tema dos Recursos Naturais  
Tema de Setores Censitários e Distritos Sanitários  
Tema do Sistema Público e Particular de Abastecimento de Água  
Tema dos Distritos Industriais, dos Cemitérios Públicos e Particulares, e dos Lixões  
Tema do Sistema Único de Saúde  
Tema de Qualidade da Água  
Discussões e Análise dos Resultados  
Considerações Finais  
Agradecimentos  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – O sistema de gerenciamento das águas (SGA) foi gerado para visualizar e integrar os dados obtidos das diferentes fontes poluentes contidas nas águas superficiais e subterrâneas do município de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, tendo em vista melhorias da qualidade da água para o consumo humano. Estes dados foram obtidos nos órgãos públicos e *in loco* com o auxílio do GPS, combinado a um banco de dados com diversas informações relacionadas ao ponto amostrado, com inclusão de fotografias, perfis, dados analíticos dos poços, entre outros. A estes dados ambientais foram adicionadas e depois cruzadas informações sobre endemias ligadas aos recursos hidrográficos, permitindo uma melhor compreensão do contexto atual do sistema hídrico e possibilitando um futuro monitoramento e gestão da qualidade da água na região estudada. Observou-se que esta região carece de uma política de saneamento adequado a fim de evitar à poluição do aquífero, assim como de um gerenciamento intensivo em algumas áreas vulneráveis à contaminação por nitrato e coliformes, localizadas na zona de recarga do aquífero.

**Palavras-chave:** Sistema de Informações Geográficas, gestão ambiental, recursos hídricos, saúde pública.

**ABSTRACT** – *L.P. de Araújo, R.A. Petta, C.R. Duarte - Geographic System Information applied to the analysis of the relations of the quality of the water and risk in public health in the Natal City (RN).* A Water Management System (WMS) was developed to visualize and to integrate data from different pollutant sources contained in the surface and underground waters of Natal, capital of the State of Rio Grande do Norte, Brazil, aiming to help the improvement the water quality for human consumption. The data were obtained in official departments and *in loco* using a GPS, to complete a database with information related to the sampled point, with inclusion of pictures, profiles, analytic and other data. To these environmental data were added information about endemic diseases related to the water resources, and then cross-linked. This procedure allowed a better understanding of the current context of the water resources system, enabling thus a future management and administration of the water quality in the studied area. It was observed that this region lacks of an appropriate sanitation politics to avoid the pollution of the groundwater, as well as of an adequate administration in some areas located in the aquifer recharge zone, which are vulnerable to the contamination by nitrate and coliforms.

**Keywords:** Geographic system information, environmental administration, water resources, public health.

## INTRODUÇÃO

O trabalho apresenta um estudo realizado no município de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, onde foi implantado um SIG (Sistema de Informação Geográfica) que possa operar como ferramenta de apoio e complemento aos programas de ação em monitoramento e gerenciamento da qualidade da água e dos recursos de saneamento ambiental. Situado no litoral oriental deste Estado, a área tem aproximadamente 169,9 km<sup>2</sup>, cujo centróide corres-

ponde à latitude de 5°44'50"S e longitude de 35°12'34"O. Este tipo de sistema permite que a informação seja analisada de forma georreferenciada no espaço geográfico, com um grau de precisão quase sempre satisfatório, tornando-o uma alternativa viável, barata e fácil de ser implementada em levantamentos envolvendo eventos e dados deste tipo.

A elaboração deste Sistema de Gerenciamento das Águas (SGA) possibilitou a identificação e caracte-

rização das diferentes fontes de poluição que influenciam direta ou indiretamente a qualidade das águas subterrâneas e de superfície na região de Natal, bem como a avaliação dos graus de derivações das doenças vinculadas ao saneamento.

A partir dos dados levantados, foram construídas diversas camadas inter-relacionadas, que permitem integrar as informações espaciais envolvendo o banco de dados: (1) os setores censitários, unidade básica de agregação de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que contém informações sobre a população, saneamento e abastecimento, e a base do Departamento de Informática do SUS (DATASUS); (2) a rede de abastecimento pública de água, seus principais mananciais e reservatórios, conforme dados obtidos na Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN); (3) a qualidade da água, de acordo com o programa de monitoramento integrado pelos órgãos de controle ambiental do estado, o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA/RN) e a Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SERHID), e do Município, como a Secretaria Especial do Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB), que acolhem como modelo os valores do programa de monitoramento integrado pelos órgãos de controle ambiental, com base nos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e Conselho Nacional do

Meio Ambiente (CONAMA), representado no mapa por pontos de controle permanentes.

No presente trabalho, o geoprocessamento foi tratado como um conjunto de técnicas de processamento digital de dados geográficos e espaciais (ESRI, 1996), o que permitiu interagir e integrar dados que possuíam uma localização espacial, permitindo que seja feito um planejamento para a implementação de análises, de modo a: (1) visualizar as informações; (2) organizar e georreferenciar os dados, (3) combinar vários tipos diferentes destas informações, dispostas por camadas, (4) integrar dados oriundos das mais diversas fontes e nos mais diversos formatos, escalas e sistemas de projeções, e (5) analisar os dados em um processo de tomada de decisões.

Este SGA dá oportunidade de se modelar integralmente em uma só plataforma, os principais problemas causadores de poluição do aquífero que integra a bacia de Natal, a disponibilidade futura dos recursos hídricos e do gerenciamento relacional/espacial das doenças de veiculação hídrica (diarréia, hepatite, leptospirose, dengue, cólera e outras), uma vez que as metodologias empregadas para a análise dos possíveis riscos à saúde estão associadas ao seu consumo. Este sistema é composto de diversas camadas de informações que envolvem a problemática da contaminação hídrica no Município de Natal, visando considerar as questões relacionadas à vigilância e controle da qualidade da água.

## OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo foi a geração e uso de um Sistema de Gerenciamento das Águas (SGA), com base na tecnologia do Sistema de Informação Geográfica (SIG), que permita a identificação e caracterização das diferentes fontes poluentes (industriais e domésticas), visando o controle do padrão da potabilidade da água, buscando-se uma avaliação das doenças vinculadas ao saneamento conectada ao impacto das relações saúde e água para que se possa realizar uma análise atual do sistema hídrico, e um futuro monitoramento e gestão da qualidade da água na região do Natal tendo em vista à melhoria da oferta e qualidade desse bem.

Como objetivos específicos, o projeto buscou:

- aquisição, tratamento e organização dos dados relacionados aos recursos hidrológicos já disponíveis nos órgãos públicos (CAERN, IDEMA/RN, SERHID, laboratório da CDM/RN), particulares e cartográficos (IBGE), para a geração de banco de dados analítico amostral dos poços (públicos e particulares), das lagoas (de escoamento de águas pluviais e de tratamento de esgotos), rios e riachos, assim como sua respectiva classificação química;

- construção de indicadores sobre as condições de saneamento, abastecimento, financeiros, demográficos, territoriais e ambientais;
- organização dos dados epidemiológicos existentes em órgãos públicos (Secretaria Municipal de Saúde – SMS, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS/SUS), para que se possam classificar os dados de doenças proeminentes de veiculação hídrica na região de Natal;
- elaboração do Sistema de Informação: geração de uma base cartográfica única em formato digital e dos setores censitários e distritos sanitários em nível específico da área urbana, com criação das suas respectivas camadas de informação e banco de dados ligados à qualidade da água;
- modelagem com enfoque nos problemas do binômio água-saúde. Para tanto, foram efetuados testes do sistema criado, visando identificar áreas de risco, avaliação da relação qualidade da água-saúde, que possibilitem a geração de novos mapas temáticos identificadores de áreas problemáticas com focos incidentes de doenças vinculadas ao saneamento, indicando problemas relacionados à água.

## MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

Voltada principalmente para a verificação da performance e conexão das informações, a metodologia integra as tecnologias Sistema de Posição Global (SIG), GPS e Banco de Dados (BD), de forma a possibilitar a obtenção da informação georreferenciada, fornecendo, assim, suporte às tomadas de decisão para as tarefas que envolvem as atividades de gerenciamento, monitoramento, manutenção e ampliação das redes que englobam o sistema hídrico no Município de Natal. A abordagem da problemática que envolve saúde *versus* água tem enfoque de natureza sistêmica, exata ou heurística.

Muitos trabalhos foram realizados no contexto no Município de Natal, destacando, dentre outros, os trabalhos de Nunes (1996, 2000), Medeiros (2001) e Carvalho Jr. (2001). Em saúde pública a base é o trabalho de Barcellos & Pina (1998), que apresentaram, utilizando a ferramenta SIG, uma análise de risco envolvendo o binômio saúde pública e o abastecimento de água no Estado do Rio de Janeiro.

Este trabalho foi estruturado em cinco etapas.

Na etapa I foi executado o levantamento bibliográfico e cartográfico prévio, a interpretação e a vetorização das cartas, imagens dos satélites e fotografias aéreas, que resultaram na confecção dos mapas temáticos.

Na etapa II foram efetuados os trabalhos de campo que consistiram em visitas à área estudada, com finalidade de compreender, pontuar dados, observar e capturar de imagens paisagísticas do local, tais como: poços, rios, lagoas, riachos, distritos industriais, cemitérios e lixões, com o auxílio do GPS. Também fez parte desta etapa a confirmação das informações interpretadas em cartas e imagens de satélite. Em seguida, em trabalhos de gabinete, foi realizado o cadastramento dos pontos levantados em campo com suas respectivas informações, digitalização das fotos e perfis, através de *scanner* e de *softwares* de vetorização. Estes levantamentos visaram uma investigação detalhada em áreas poluidoras (distritos industriais, lixões, áreas de tratamento de esgotos, lagoas de decantação de dejetos industriais, domésticos etc.) e de poços de água subterrânea para a identificação de áreas consideradas de alto risco à saúde, correlacionando quantidade com a qualidade de água; bem como a identificação, por meio das análises existentes, das áreas de real contaminação e as de maior risco. Os dados de saúde foram adquiridos da Secretaria Municipal de Saúde do Município e DATASUS, entre outras. Deste modo os dados foram subdivididos em dois grandes grupos, que são abordados a seguir.

O sistema público de abastecimento de águas da CAERN possui aproximadamente 172 poços tubulares

ativados para atender a 172.815 domicílios, e cerca de 71 poços desativados. As profundidades dos poços variam na ordem de 35 a 150 m, produzindo cerca de 15 a 180 m<sup>3</sup>/h.

Em relação a poços particulares, não há precisão sobre o número dos poços atualmente; porém, de acordo com dados do último censo, existem cerca de 2.398 domicílios com poços. Entretanto, órgãos, como SERHID, IDEMA e CAERN, estimam número maior de poços.

Foram realizadas, 23 viagens de campanha em um total de 600 pontos cadastrados. Somam-se 202 pontos cadastrados por poços do sistema particular (Tabela 1). Houve um levantamento prévio desses locais em órgãos públicos e particulares. Os dados do IBGE (2000) foram adquiridos no próprio *site*. Os dados da Secretaria Municipal de Saúde (SMS) foram obtidos por bairro/ano.

**TABELA 1.** Pontos cadastrados durante os trabalhos de campo.

Nome dos pontos de cadastro	Nº. de Cadastros
Setor administrativo da CAERN	38
Estações elevatórias	22
Reservatórios	26
Poços do Sistema Público	215
Rios e riachos	5
Principais alagados	5
Cemitérios	10
Distritos industriais	12
Lagoas (capt. pluv. e esg.)	60
Lixões	5
Poços particulares	202
<b>Total do cadastramento</b>	<b>600</b>

A fase de coleta em dados de saúde foi concluída com a análise das inter-relações entre o meio ambiente (recursos hídricos), a saúde pública, políticas de saúde, desenvolvimento socioeconômico, necessidade de mensuração, e a análise das condições em relação aos aspectos que caracterizam a situação de saúde: endêmicas, financeiros, demográficos, territoriais, ambientais, de abastecimento e saneamento.

A etapa III consistiu na elaboração do SGA propriamente dito e também do MDT (Modelo Digital do Terreno) da área de estudo. Após as fases de mapeamento, amostragens, análises e cadastramento das fontes poluentes. Foi elaborada a base de dados e do sistema que possa expor a situação atual de provisão e distribuição hídrica do município de Natal, permitindo

realizar consultas sobre o relacionamento da qualidade da água aos casos epidemiológicos. Com isto, pôde-se avaliar a quantidade e qualidade da água disponibilizada e ter a visão de sua distribuição espacial relacionada aos setores censitários, distritos sanitários e classes da população.

Ao conhecer a natureza dos dados geográficos, torna-se possível analisar as fontes de dados que podem ser utilizados. Entretanto, a aquisição dos dados deve obedecer a critérios e/ou normas adequadas para serem inseridas no sistema de informação. Esses critérios e/ou normas são definidos no processo de modelagem dos dados que foram adquiridos e gerenciados. Diante de uma visão de alto nível ou de níveis de abstração, torna-se possível examinar problemas por meio da seleção de grupos comuns, encontrando generalidades, que permitam compreender o problema e construir modelos. Por meio da abordagem pelo paradigma dos quatro universos ou níveis de abstração, pode-se partir para a elaboração dos modelos que refletiriam o universo do usuário (universo real) em um meio computacional, utilizando, para tanto, modelagens em um universo conceitual, representativo ou implementativo.

A etapa IV sucedeu a visualização e análise no SGA das diversas camadas, após as fases de mapeamento, amostragem, análise e cadastramento, e os dados e mapas foram importados para o sistema por meio de cinco vistas principais no qual resultará em uma sexta vista: da qualidade da água, identificando as fontes poluentes/endemias. Nesta etapa, começou-se fazer distinção entre as camadas no SGA observando a conexão entre o dado gráfico (espacial) e o dado tabular (descritivo). Para isso, alguns dos conjuntos de informações foram estruturados em forma de Temas que podem ser resumidas da forma seguinte.

#### **TEMA DOS RECURSOS NATURAIS**

O mapa das quadras e lotes do Município de Natal na escala de 1:2.000 foi obtido junto à CAERN. Foram utilizadas imagens do satélite SPOT da órbita 214-063 e 214-064 de 1994, em três bandas multiespectrais com formato digital em uma composição colorida, possuindo resolução geométrica de 20 m. A representação cartográfica adotada foi o Datum SAD 69 projeção UTM zona 25 para o mapeamento de alguns dos recursos hídricos, compostos por rios, riachos, açudes, lagoas, barragens, poços públicos e particulares. Os dados compostos neste tema foram: geológico, geomorfológico, de uso e ocupação do solo, meio físico, zonas de proteção ambiental, metalogenético, topográfico. Na Figura 1 temos uma sobreposição das camadas: malha hídrica, Carta das Zonas de Proteção Ambiental (ZPA), geomorfologia, uso e ocupação, do

Rio Grande do Norte. Nesta figura não há legenda, indicativo de escala e diversas outras informações, por ser uma representação de uma tela de trabalho.

#### **TEMA DE SETORES CENSITÁRIOS E DISTRITOS SANITÁRIOS**

Os contornos dos setores censitários (SC) do Município de Natal foram transcritos visualmente a partir da base de dados alfanuméricos do IBGE, para plantas na escala de 1:10.000 e 1:2.000 obtidas junto ao IDEMA/RN e a CAERN. A estes setores foram associados dados sobre saneamento, abastecimento e população contidos no Censo Demográfico de 2.000 (IBGE, 2000) (Figura 2). As camadas do esgotamento sanitário estão classificadas por domicílios particulares permanentes, e foram separados os que não tinham banheiro nem sanitário, e os que tinham banheiro ou sanitário (tipo de esgotamento sanitário: rede geral de esgoto ou pluvial; fossa séptica; fossa rudimentar; vala; rio, lago ou mar; ou outro escoadouro), de acordo com dados do IBGE (2000). As formas de abastecimento de água estão classificadas de acordo com os domicílios particulares permanentes: total dos usuários da rede geral; poço ou nascente; outra forma de abastecimento e não-canalizada. (IBGE, 2000). A Figura 2 apresenta uma sobreposição de camadas, tabelas para identificar os atributos e uma tabela geral da cada camada selecionada.

#### **TEMA DO SISTEMA PÚBLICO E PARTICULAR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Este tema foi implementado a partir de cartas digitais na escala 1:2.000, obtidas junto a CAERN, envolvendo a identificação dos escritórios, dos reservatórios, poços públicos e particulares, estações de tratamento, elevatórias e seus respectivos dados alfanuméricos, assim como fotografias do referido ponto, locado pelo GPS e visualização dos perfis (no caso dos poços) digitalizados (Figura 3). Na Figura 2 apresenta-se um perfil de um poço que pode ser consultado simultaneamente com outras informações gráficas e/ou alfanuméricas. Neste tema foram incorporadas as informações de análises nas concentrações de nitrato e a camada em 3D do não-saturado.

#### **TEMA DOS DISTRITOS INDUSTRIAIS, DOS CEMITÉRIOS PÚBLICOS E PARTICULARES, E DOS LIXÕES**

A rotina utilizada foi a mesma que a anterior, na mesma escala (1:2.000), e as coordenadas dos pontos foram obtidos em campo com utilização do GPS. As imagens, por meio de fotografias e os dados alfanuméricos implementados, são referentes a ponto e informações complementares do mesmo (Figura 4).

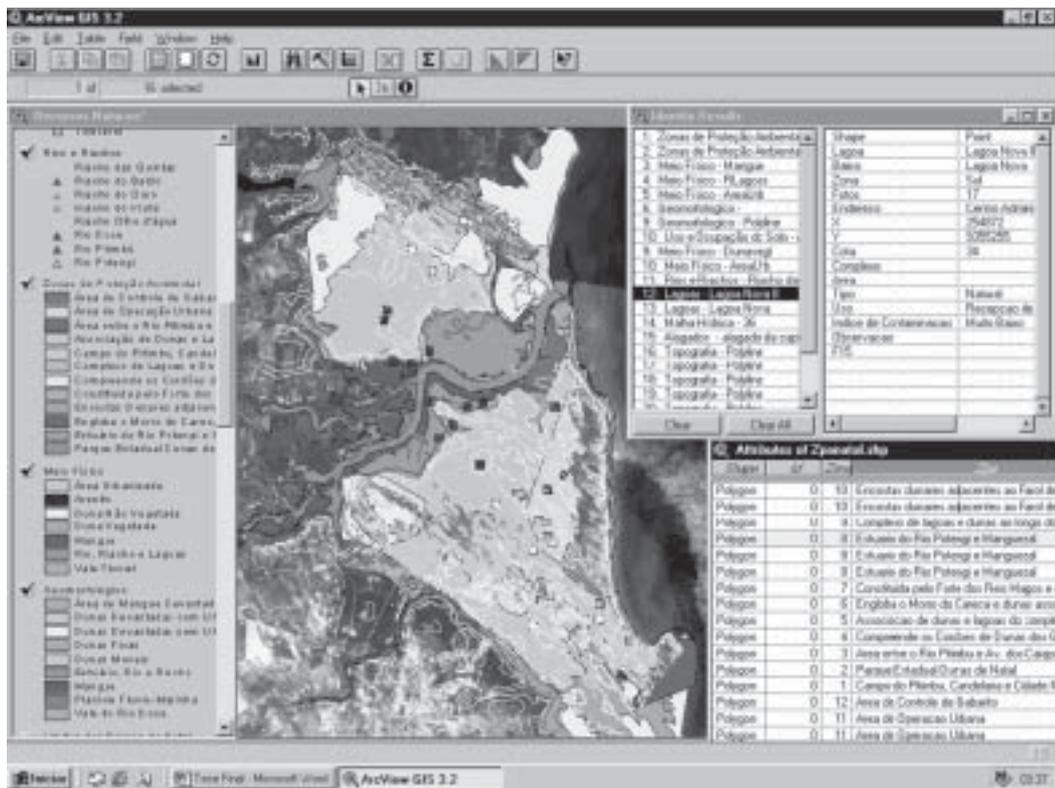


FIGURA 1. Visualização do Tema dos Recursos Naturais do Município de Natal, mostrando os temas de rios e riachos, zonas (ambiental, meio físico, geomorfológico), banco de dados e consulta de informação.



FIGURA 2. Tema do Sistema Público e Particular de Abastecimento de Água. Em detalhe nas fotos tem-se os escritórios, reservatórios e estações de tratamento. Na vista tem-se os poços com respectivos perfis e análises nas concentrações de nitrato fornecido pela CAERN.



FIGURA 3. Tema de Setores Censitários e Distritos Sanitários. Os dados, contidos em polígonos, foram armazenados de acordo com dados do último Censo realizado pelo IBGE (2000).

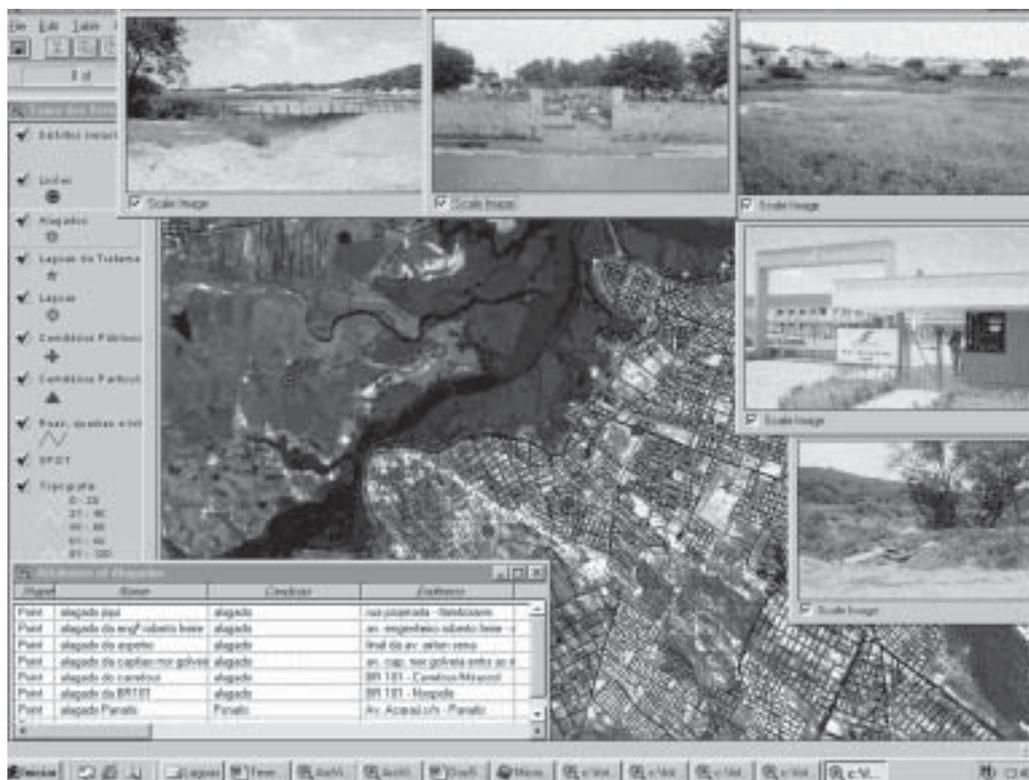
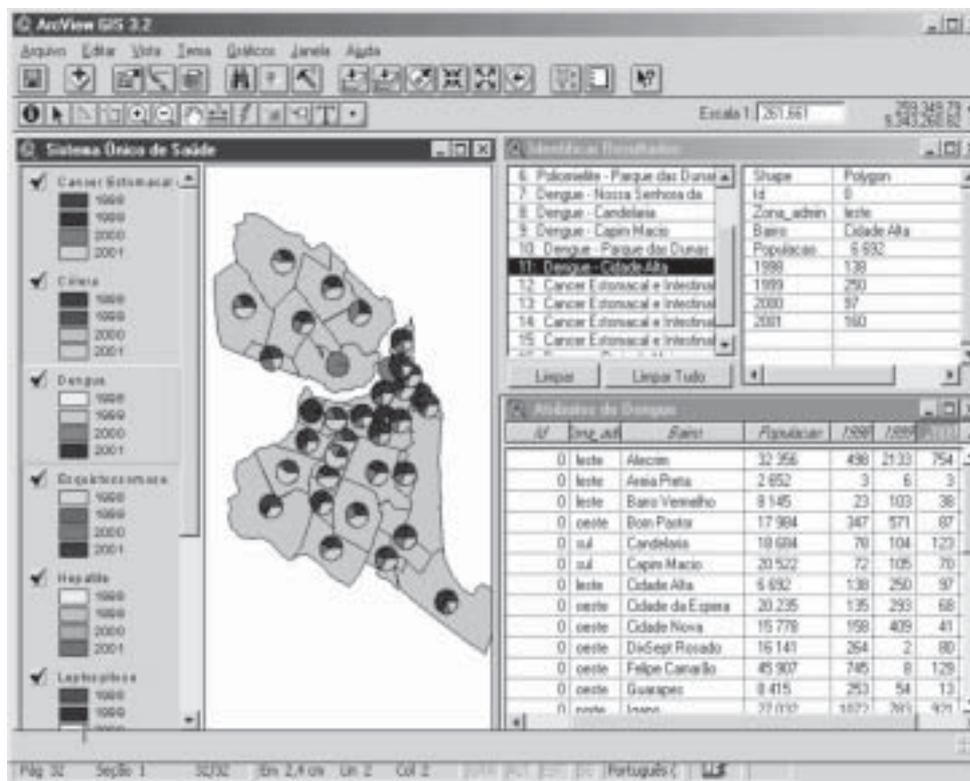


FIGURA 4. Tema dos Distritos Industriais, cemitérios públicos e particulares, lixões, alagados, lagoas (de captação de águas pluviais e de tratamento de esgotos), rios e riachos.

## TEMA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE

Nesta camada foram implementados dados sobre a incidência de doenças vinculadas ao saneamento nos bairros do município, expondo sua situação existente

para cruzamento dos dados com os recursos hídricos, distritos industriais, cemitérios e lixões. Os dados estão dispostos no tema de várias formas, todos referentes aos anos de 1998 a 2001 (Figura 5) de acordo com dados das Tabelas 2 e 3.



**FIGURA 5.** Tema do Sistema Único de Saúde, mostrando por gráficos a incidência das doenças escolhidas ocorrido entre os anos de 1998 a 2001 e seus respectivos bancos de dados.

**TABELA 2.** Base de dados do Tema do Sistema Único de Saúde de acordo com a SMS, referentes aos anos de 1998 a 2001 nos casos de morbidade.

Doenças/ Ano	Meningite	Malaria	Leptospirose	Leishmanios e Visceral	Hepatite	Cisticercose	Cólera	Dengue	Doença de Chagas	Esquistos- somose	Febre Tifoide	Leishmanios e Tegumentar
1998	252	1	4	17	602	0	1	8227	75	154	1	0
1999	111	6	15	55	529	1	29	16393	14	131	18	51
2000	98	6	23	47	615	2	0	8140	13	117	3	0
2001	119	6	14	37	770	0	0	14452	16	64	4	0

**TABELA 3.** Base de dados do Tema do Sistema Único de Saúde de acordo com a SMS, referentes aos anos de 1999 a 2001 nos casos de mortalidade.

Doenças/Ano	Câncer Estomacal e Intestinal
1999	57
2000	40
2001	31

## TEMA DE QUALIDADE DA ÁGUA

Foram associados dados sobre o padrão admissível de acordo com os padrões a OMS, CONAMA, CAERN e SERHID, no sentido de que cada ponto tenha seu posicionamento espacial localizado e seja locado como ponto permanente de monitoramento. A Figura 6 apresenta a disposição dos dados, espaciais e alfanuméricos sobre a qualidade da água do aquífero obtido pelos poços, onde estes podem ser atualizados sempre que necessário.

Utilizaram-se programas como AutocadMap e o

R2V para a digitalização, montagem e atualização dos mapas topográficos, hidrográficos, geológicos, geoambientais, litológicos, entre outros. Para as diversas metodologias dos SIG, empregou-se o *software* Arcview 3.2, da ESRI, devido a sua facilidade de uso, entrada, conversão, gerenciamento e manipulação de objetos geográficos e seus respectivos atributos, bem como mapa de cadastramento dos poços, entre outros mapas temáticos. O modelo digital de terreno (MDT) da área foi gerado a partir do módulo 3DAnalyst do ArcView, através da geração de malhas triangulares irregulares (TIN – *Triangle Irregular Net*) (Figura 7).

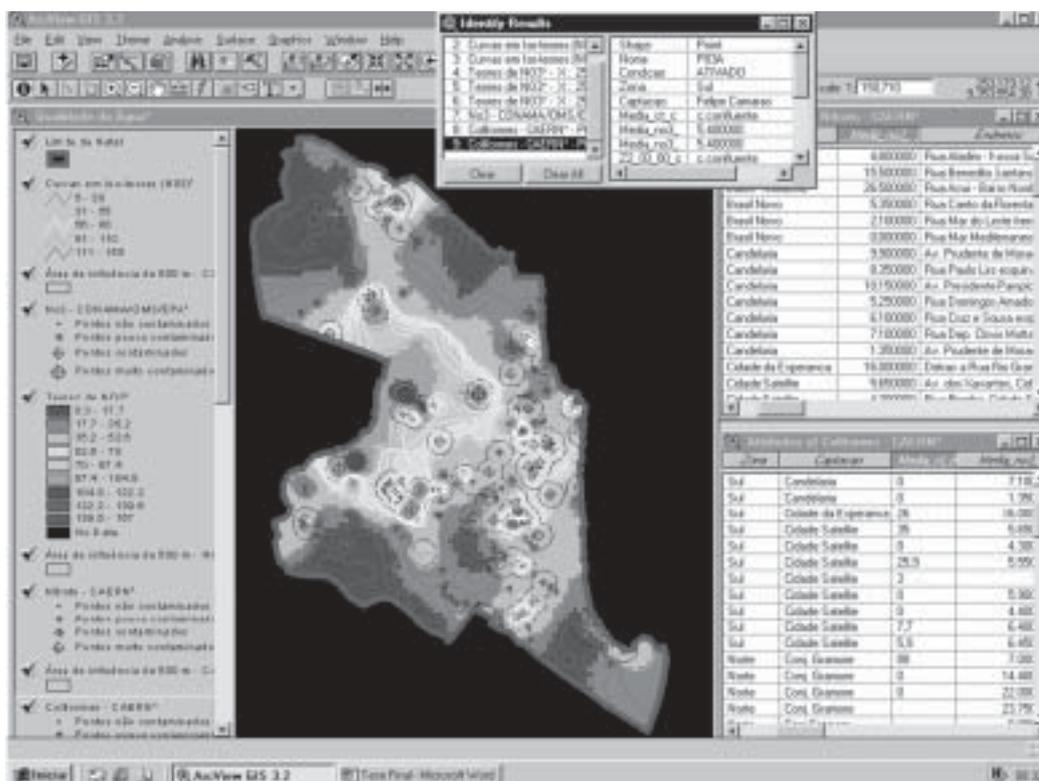


FIGURA 6. Tema Qualidade da Água. Os temas anteriores estão cruzados com suas respectivas “respostas geográficas” de acordo com a questão da qualidade da potabilidade da água e seus vetores.

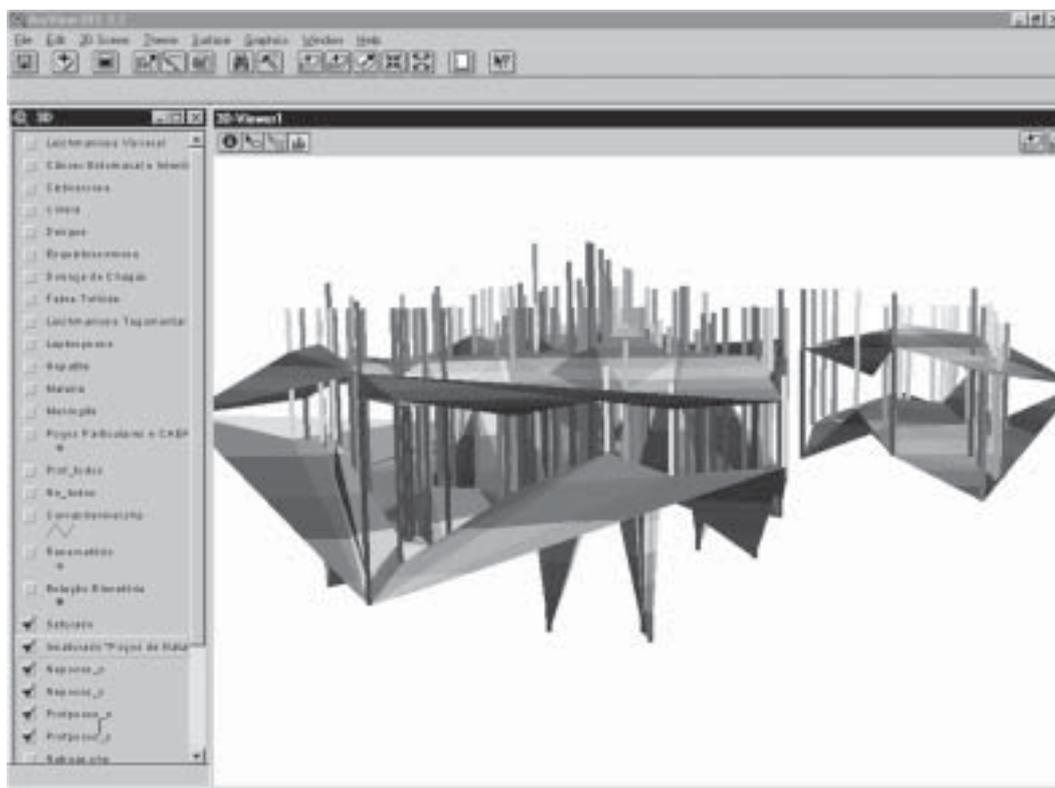
## DISCUSSÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As seguintes formulações básicas devem ser notificadas:

1. As etapas de captura, tratamento e conversão de mapas e dados alfanuméricos do formato analógico para o digital receberam os devidos cuidados, haja visto que se tratavam de mapas em diferentes escalas, diferentes datas e projeções. Quando associados ao sistema forneceram resultados satisfatórios.
2. As imagens coletadas por sensores remotos a bordo

de satélites e as informações que compõem o sistema foram devidamente georreferenciadas e reamostradas.

3. As metodologias utilizadas no arranjo das entidades geográficas permitiu representar no ambiente digital os fenômenos presentes no mundo real e corresponderam às expectativas esperadas.
4. No desenvolvimento do SGA, foram executadas topologias, característica básica deste trabalho, tendo em vista que os respectivos dados coleta-



**FIGURA 7.** Tela mostrando a disposição das camadas em 3D e o comportamento do nível estático e profundidade dos poços. Pode-se verificar a existência de um delta, anteriormente sugerido, porém nunca visualizado. Este tema permite, entre outras coisas, realizar consultas, alternar as camadas, rotacionar e selecionar.

dos possuíam em seus atributos, possibilidade para tal fim.

5. Através do uso do SIG podem-se sobrepor informações socioambientais que permitiram uma melhor focalização dos mais diversos grupos e planejar ações em saneamento e vigilância à saúde.
6. estudo apresentou uma abordagem de informações que enfatizam a caracterização do meio hídrico e a saúde pública, em forma de cartas, e seus respectivos atributos, a qual permite esta forma de geração de um sistema digital de monitoramento e gerenciamento do padrão da qualidade da água.
7. SIG desenvolvido poderá ser utilizado como instrumento didático e de debate com a população leiga sobre suas condições e inserção no espaço urbano censitário.

A partir das formulações básicas explicitadas acima, foi possível concluir que:

1. Os objetivos na realização do SGA foram alcançados, o que permitirá uma forma de tratamento diferente, possibilitando observar as entidades do mundo real e suas correspondentes informações em um ambiente computacional. A implementação da metodologia na geração do SGA teve grande

importância, sendo esta caracterizada por uma classificação hierárquica e relacional, com vistas à sistematização dos elementos temáticos abordados, e foi considerada bastante satisfatória, para o estudo em questão, permitindo que os elementos presentes no SGA agregassem os conceitos de sua formulação.

2. A programática computacional empregada demonstrou, na coleta e tratamento, conversão e integração, boa capacidade, gerando desta forma diversificados níveis de informações, cujas respostas, em forma de mapas e atributos, permitiu uma visão ampla do espaço geográfico estudado. O desenvolvimento de todos os temas obedeceu ao limite municipal, permitindo dessa forma que todas entidades representativas do mundo real revelassem suas respectivas informações, seja na forma de mapas e/ou atributos, dentro de um espaço finito.
3. valor agregado, decorrente deste trabalho, permitirá às instituições públicas e particulares municipais, em especial as autoridades administrativas referentes aos recursos hídricos e saúde pública, um amplo espectro de visão dos problemas relacionados ao tema, dentro do seu limite

geográfico. A interatividade dos diferentes assuntos que integram a unidade administrativa permitirá nortear as políticas públicas de interesse para a área e, o melhor planejamento face às diversas composições temáticas. Deve-se salientar que algumas informações concernentes à parte urbana, não foram processadas neste trabalho, por não possuírem dados adequados para o seu processamento. Entretanto, os critérios utilizados neste trabalho podem ser aplicados e aperfeiçoados futuramente de modo a melhor identificar áreas e

grupos de risco em microáreas. Sendo este trabalho ainda uma realização pioneira para o município e no estado, o impacto da tecnologia dos sistemas de informações geográficas, trará uma nova consciência: a de que é necessário a qualquer tomador de decisão o bom domínio do conhecimento geográfico e seus componentes. Não menos importante é também reconhecer que o sistema de informações tem seu efeito multiplicador nas pessoas, facilitando atividades essenciais e melhorando a qualidade de vida.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se com esse trabalho implementar uma base hidrocartográfica digital da região de Natal, com dados confiáveis e resgate do maior número de informações possível, pois somente o monitoramento extenso e sistemático, estabelecendo-se técnicas de controle das fontes poluidoras e a identificação dos riscos à saúde humana relacionados ao não-atendimento do padrão de potabilidade da água, permitirá que se tomem precauções e se estabeleçam políticas de controle dos padrões da qualidade das águas. Cadastraram-se todos os poços do sistema público de abastecimento, inclusive alguns desativados e os a serem operacionalizados, assim como estações elevatórias e os reservatórios.

Desta forma, o SGA permite se modelar integralmente em uma só plataforma os principais problemas causadores de poluição do aquífero que integra o aquífero Dunas/Barreiras, com enfoque nos problemas do binômio água-saúde, como também de criar simulações visando identificar áreas de risco, assim como avaliar as relações de qualidade da água com a saúde pública, gerar novos mapas temáticos identi-

ficadores de áreas problemáticas com focos epidemiológicos, indicando problemas relacionados à água. Foram registradas as fontes de contaminantes por meio de esgotos, dejetos industriais e fossas. Como produto final, de acordo com os dados já existentes, foi produzido um mapa em três dimensões do perfil do solo, a partir do cruzamento dos dados do nível estático de cada poço somado aos dados topográficos, possibilitando visualizar o não-saturado com a locação das principais fontes potenciais de contaminação do aquífero, por meio de rios, riachos, reservatórios, lagoas de estabilização que recebem dejetos industriais entre outros, poços, lixões, cemitérios, enfim, recursos que interagem com o sistema aquífero Dunas/Barreiras.

Pode-se avaliar que a região de Natal carece de um gerenciamento intensivo em algumas áreas localizadas na zona de recarga do aquífero, assim como um saneamento adequado para evitar a poluição do mesmo. Verificou-se também a necessidade de uma política intensiva de saneamento em áreas vulneráveis a poluição.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é uma contribuição ao projeto da base cartográfica digital de Natal (Convênio CAERN/UFRN). Os autores agradecem à SERHID e à SMS pelo apoio logístico durante os trabalhos de levantamento bibliográfico e à CAERN pelo apoio financeiro e de campanha. Referências especiais são registradas aos professores e pesquisadores que integraram a equipe PPPGeo/LAGEOMA. Somos gratos aos relatores anônimos que avaliaram e criticaram este artigo para a publicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARCELLOS, C. & PINA, M.F. Análise de risco em saúde utilizando GIS: o caso do abastecimento de água no Rio de Janeiro. São Paulo, **Revista FatorGis**, 1998. Disponível em <http://www.procc.fiocruz.br/~barcello/>. Consulta realizada em 10/05/2001.
2. CARVALHO JUNIOR, E.R. **Contaminação das águas subterrâneas por nitrato e sua relação com a estrutura hidrogeológica nos bairros de Pirangi e Ponta Negra, Natal/RN**. Natal, 2001. 170 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
3. ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using Arc View Gis**. 1996, 350 p. (Manual).
4. IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE

- GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico Brasileiro de 2000**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/ibge/default.php>. Consulta realizada em 09/08/2001.
5. MEDEIROS, T.H.L. **Evolução geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas da cidade do Natal – RN**. Natal, 2001. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
  6. NUNES, E. **Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas, como base para a macrozoneamento geoambiental da Grande Natal – RN**. Rio Claro, 1996. 191 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista.
  7. NUNES, E. **O meio ambiente da Grande Natal**. Natal: Imagem Gráfica e Editora – ME, 2000, 120 p.

