

Modelo digital de terreno: subsídio para o zoneamento de áreas sujeitas a inundações e planejamento público da Baixada Campista/Norte Fluminense – Rio de Janeiro

Digital terrain model: allowance for zoning areas subject to flooding of planning and public Baixada Campista / North Fluminense - Rio de Janeiro

Glayce Junqueira Quintanilha*
Vicente de Paulo Santos de Oliveira**

Resumo

O município de Campos dos Goytacazes está estabelecido em áreas antes banhadas por extensos corpos d'água. Várias áreas deste município existem como resultado de grandes intervenções humanas para drenagem dos terrenos baixos da região, objetivando, principalmente, expandir as áreas agricultáveis. Entretanto, em função do mau gerenciamento da rede de drenagem, ainda hoje, a região sofre com as inundações, principalmente, em razão da natureza geomorfológica dos terrenos, de origem alagável. O zoneamento de áreas sujeitas à inundação neste sentido, apresenta-se como uma ferramenta de extrema valia para ordenar e planejar o uso e a ocupação de uma região, principalmente, daquelas onde estes eventos de inundação são recorrentes, como é o caso de Campos dos Goytacazes. Este instrumento é capaz de identificar as áreas críticas e direcionar o uso da terra de acordo com suas características. O objetivo deste trabalho foi oferecer, a partir de um Modelo Digital de Terreno, um instrumento para realizar o Zoneamento de Áreas Susceptíveis a Inundações de uma área representativa da Baixada Campista, utilizando como ferramenta de apoio um Sistema de Informação Geográfica (SIG). No caso deste estudo, usou-se o software ArcGis, versão 9.3. Os resultados evidenciam as áreas mais baixas da região estudada, confrontando as informações encontradas com dados de áreas de preservação ambiental e ocupação da área, o que indica o presente estudo como instrumento de apoio para planejamento de políticas públicas e ambientais, no sentido de racionalizar o uso dos terrenos na Baixada Campista.

Palavras-chave: MDT. Baixada Campista. Inundações. SIG. Zoneamento.

Abstract

The municipality of Goytacazes is established in areas previously bathed by extensive water bodies. Several areas of this municipality are as a result of major human

* Instituto Federal Fluminense / *Campus* Centro – Mestre em Engenharia Ambiental – Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

** Instituto Federal Fluminense / *Campus* Centro – Prof. Dr. em Engenharia Agrícola (orientador) - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

interventions for drainage of low lands in the region aiming mainly to expand agricultural areas. However, due to bad management of drainage network, the region still suffers from floods, mainly because of the nature of geomorphological land, home flooded. The zoning of areas subject to flooding in this sense, it is presented as an extremely valuable tool for organizing and planning the use and occupation of a region, especially those where these flood events are recurring, as is the case of Goytacazes. This instrument is able to identify critical areas and direct the use of land according to its characteristics. The objective of this work was to offer from a Digital Terrain Model, a tool to perform the Zoning Areas Susceptible to Flooding of a representative area of Baixada Camper, using as a tool to support an Information System (GIS) in the case this study, we used the ArcGIS software, version 9.3. Results show the lower areas of the region studied, comparing the information found in data preservation areas and occupation of the area, which indicates the current study as a support tool for planning and environmental policies in order to rationalize the use of land in the Baixada Camper.

Key words: MDT. Camper downloaded. Floods. SIG. Zoning.

Introdução

Problematização: Do Brejo ao homem

Discursos atuais compreendendo a redefinição da concepção do termo “meio ambiente” têm levado os profissionais da área a repensarem não apenas a adequabilidade do termo, mas também os fatores que se compreendem no conceito. O meio ambiente tem sido definido de diversas formas e as concepções mais atuais consideram o meio ambiente como a interação de diversos fatores de ordem física, biológica, socioeconômica e cultural (EMÍDIO, 2006). Dentro deste contexto, na perspectiva da atuação do homem no meio natural, pode-se entendê-lo como o espaço onde ocorrem as relações Sociedade x Natureza. Levando em consideração esta definição e os diversos indicadores do estado crônico de crise do processo civilizatório, que se reflete pela incapacidade de produzir respostas para as situações da realidade que demandam transformações, principalmente, quanto à sustentabilidade do ambiente em vista do processo produtivo vigente, torna-se evidente a necessidade de repensar as formas de relações entre sociedade e natureza, concebendo a questão ambiental como estruturante para o processo de ocupação do homem na Terra (OLIVEIRA, 1992).

Diante da realidade de crise desenvolvida no contexto da relação homem-natureza, os instrumentos de gestão ambiental têm surgido como elementos capazes de mediar os interesses e conflitos entre atores sociais que agem sobre os meios físicos

naturais e construídos (GOMES, 1992). Esses instrumentos podem funcionar como ferramentas auxiliares para o planejamento territorial de uma região, uma vez que se baseiam no princípio do reconhecimento de características condicionantes do meio.

A Baixada Campista pode ser definida como sendo a margem direita e parte da margem esquerda do baixo curso do rio Paraíba do Sul, representando a extensa área de inundação deste rio (FENORTE, 2003). Costa (2001) relata que as inundações que atingem a Baixada dos Goytacazes estão atreladas a periódicos extravasamentos da calha do Rio Paraíba do Sul. Segundo Miro (2008), a região se caracteriza como uma área de baixa altitude (muitas vezes, abaixo da cota do rio) e com um histórico de enchentes e inundações. Relatos históricos revelam que a região constitui, originalmente, em uma área pantanosa entremeadas de lagos e lagoas permanentes e temporárias, consideradas como obstáculos para a ocupação humana. Grande parte do município a que se refere este estudo está desenvolvida em áreas antes banhadas por extensos corpos d'água da Baixada Campista. Hoje, uma boa porção do território da cidade Campos dos Goytacazes existe como resultado de grandes intervenções humanas no seu meio, alterando a dinâmica de diversos cursos hídricos no intuito de atender aos anseios do crescimento econômico emergente de determinados setores (principalmente, a agricultura, onde se protagonizava o cultivo da cana de açúcar).

O subtítulo desta introdução faz alusão à importante obra de Alberto Lamego “O Homem e o Brejo” produzida em 1945. Lamego foi um importante personagem na descrição e construção da história ambiental da Baixada Campista. Em “O Homem e o Brejo”, ele faz um retrato da geomorfologia da Baixada Campista; e pela mesma obra ele pode ser referenciado, também, como um dos pioneiros nos estudos relativos às relações Homem x Natureza na região. Em seus estudos, ele faz um panorama do processo de ocupação e transformação da Baixada Campista pelos primeiros colonizadores que encontraram, nestas terras, grandes dificuldades de estabelecimento, justamente em função da natureza pantanosa dos terrenos descrita por Lamego. Característica que não favorecia as investidas dos colonizadores, dificultado ainda pela resistência dos índios Tamoios e Goitacás, obstinados em defender seus territórios.

Todas as transformações implementadas na Baixada Campista refletem, segundo Bidegain, Bizerril & Soffiati Neto (2002), “a incapacidade do ser humano em conviver com terras alagadiças e nela praticar atividades econômicas rentáveis sem destruí-las, impulsionada pela necessidade de terras para expansão de monoatividades agrícolas”.

Breve Histórico de usos e Intervenções: a Problemática do Sistema de Drenagem da Baixada Campista

O povoamento das terras, desde o início da humanidade, sempre esteve associado a locais às margens de rios; isto se deu, sobretudo, devido à disponibilidade de terras

extremamente férteis às suas margens, facilitando a produção de alimento. Além de terra agricultável, outras características levavam ao estabelecimento das populações em áreas servidas por rios: pesca, transporte fluvial, disponibilidade de água, entre outros recursos (MIRO, 2008).

A ocupação dos índios Goitacás e a migração dos primeiros colonizadores no ecossistema alagado da Baixada Campista, para fins de tornar a região agricultável, preludiram o intenso povoamento hoje existente na região. Entretanto, como visto, grande parte do município de Campos dos Goytacazes tem sua origem atrelada às inundações frequentes que moldaram o território na forma em que se configura, denominada planície aluvial. Estas áreas sujeitas a inundações de Campos dos Goytacazes apresentam-se hoje em dia extensivamente ocupadas, principalmente, por cultivos de cana-de-açúcar, bastante afetados pelas cheias sazonais que acontecem no baixo curso da Paraíba do Sul. Fatos que servem de instrumento de investigação a respeito da correlação das frequentes enchentes com o histórico de formação dos terrenos.

A alta fertilidade das terras existentes nas extensas planícies da Baixada Campista favorecia o desenvolvimento de uma série de atividades agropecuárias. A fertilidade deste solo está diretamente relacionada às inundações produzidas pelo Rio Paraíba do Sul em seu estágio sedimentar nos terrenos baixos da região. Apesar das vantagens agrícolas que estes solos ofereciam, grande parte destes terrenos era alagada, o que restringia o avanço das atividades na baixada (BIDEGAIN; BIZERRIL; SOFFIAT NETO, 2002).

Como visto, as terras campistas despertavam os interesses da agricultura devido às características de fertilidade, já que se formaram num terreno de baixada, com solos originários dos sedimentos transportados pelo sistema hídrico da região. Outras motivações, também, estiveram associadas a tais intervenções, entre estas, a eliminação de locais criadores de mosquitos transmissores da malária e febre amarela, e a mitigação das perdas econômicas que atingiam, periodicamente, os aglomerados urbanos instalados na planície (BIDEGAIN; BIZERRIL; SOFFIAT NETO, 2002). Este cenário serviu de pano de fundo ideal para propiciar as alterações desejadas pela aristocracia local, levando adiante a grande empreitada de drenagem do território conhecido como Baixada Campista.

As ações mais drásticas do homem nestes ambientes estiveram atreladas, principalmente, à construção de canais artificiais para fins de drenar as terras alagadas e liberá-las para utilização humana. Estes sistemas montados nas terras baixas possibilitariam, ainda, sua utilização para o transporte da produção agrícola da região. A obra marco deste processo pode ser citada como a do canal Campos-Macaé, construído por braços escravos e concluído em 1861, quase setenta anos após sua primeira proposta de conclusão (BIDEGAIN; BIZERRIL; SOFFIAT NETO, 2002). Como consequência de todo o processo de confinamento e dessecação artificial das águas da Baixada

Campista, especula-se, hoje, que grande parte das inundações que assolam o município esteja ligada às características ambientais progressas do solo campista e que, portanto, devem ser consideradas no processo de ocupação destes espaços. Desta forma, Crepani et al. (2001) destaca a importância de se considerar a interação existente entre as unidades de paisagem natural e os polígonos de intervenção antrópica, para se indicar unidades de menor vulnerabilidade e práticas conservacionistas para o manejo ambiental adequado para o estabelecimento de uma atividade economicamente rentável.

Zoneamento Ambiental: Importância dos Sistemas de Informações Geográficas e Modelos Digitais de Terreno

O zoneamento ambiental faz parte de um conjunto de projetos ambientais desenvolvidos com o intuito de fornecer orientação para o desenvolvimento sustentável em relação ao uso dos recursos naturais, especificamente solo, água, vegetação e fauna silvestre (KURTZ, 2003). O mesmo autor indica casos em que as informações estão reunidas em uma carta geral de zoneamento, facilitando a identificação dos potenciais das áreas estudadas.

O zoneamento de áreas sujeitas à inundação e/ou enchentes é de extrema importância para o planejamento de uso e ocupação de uma região, principalmente, daquelas onde os eventos são recorrentes, como é o caso de Campos dos Goytacazes, pois o mesmo é capaz de identificar as áreas críticas e direcionar o uso da terra de acordo com suas características, como por exemplo, áreas mais sujeitas a eventos de inundações devem ser, preferencialmente, utilizadas para recreação ou preservação, enquanto áreas menos susceptíveis podem ser melhor exploradas de acordo com sua vocação tanto natural quanto econômica, evitando, assim, problemas de ordem socioeconômica e de catástrofes ambientais, com possíveis perdas humanas (MIRO, 2008).

Os sistemas de informações geográficas (SIG's), segundo Assunção et al. (1990), são poderosas ferramentas que permitem a integração entre dados obtidos de diferentes fontes, quando aplicados de forma adequada. Por esta razão, devem ser considerados instrumentos essenciais para a realização de estudos para fins de identificação de padrões mais eficientes de gestão do espaço. Rosa (1995) ilustrou a utilização de SIG's como metodologia para realização de zoneamento, o mesmo revelou que o sensoriamento remoto e os SIG's, aliados à tecnologia computacional são capazes de auxiliar a coleta, armazenamento e análise do volume e da complexidade dos dados básicos necessários para a elaboração do zoneamento.

Os SIGs têm se apresentado, também, como uma ferramenta importante para produção e análise de Modelos Digitais de Terreno (MDTs), utilizado, em muitos casos, para análise de zonas de inundação (CHICATI et al., 2010), (ALCOFORADO; CIRILO, 2001),

(OLIVEIRA et al., 2004) e (COSTA, 2007). Os Modelos Digitais de Terreno são os dados mais comuns para representar a forma da superfície terrestre. Estes são matrizes (n-linhas x m-colunas), em que cada célula representa um valor de elevação (OLIVEIRA, 2008).

Segundo Câmara & Felgueiras (1999), para a representação de uma superfície real no computador é indispensável à elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou uma rede (grade) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno; o autor cita alguns usos do MNT, conforme listados abaixo:

- Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio à análise de geomorfologia e erodibilidade;
- Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

A criação de um modelo numérico de terreno corresponde a uma nova maneira de focar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades), podem-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e secções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais (CÂMARA; FELGUEIRAS, 1999).

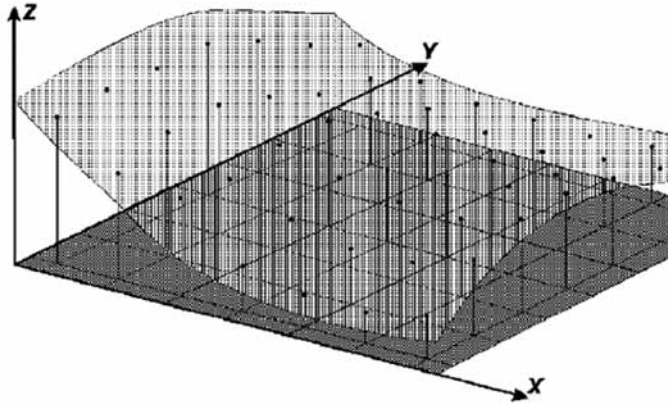
O processo de geração de um modelo numérico de terreno pode ser dividido em duas etapas: (a) aquisição das amostras ou amostragem e (b) geração do modelo propriamente dito ou interpolação. E após a geração do modelo, podem-se desenvolver diferentes aplicações (CÂMARA; FELGUEIRAS, 1999).

As estruturas de dados dos modelos digitais de terreno mais utilizadas na prática são: os modelos de grade regular (GRID) e os modelos de malha triangular (TIN - triangular irregular network) (CÂMARA; FELGUEIRAS, 1999).

Os Modelos de Grade Regular são representações matriciais em que cada elemento da matriz está associado a um valor numérico e aproxima-se das superfícies através de um poliedro de faces retangulares, como mostrado na Figura 1a (CÂMARA; FELGUEIRAS, 1999). O processo de geração de uma grade regular consiste em estimar os valores de cota de cada ponto da grade a partir do conjunto de amostras de entrada.

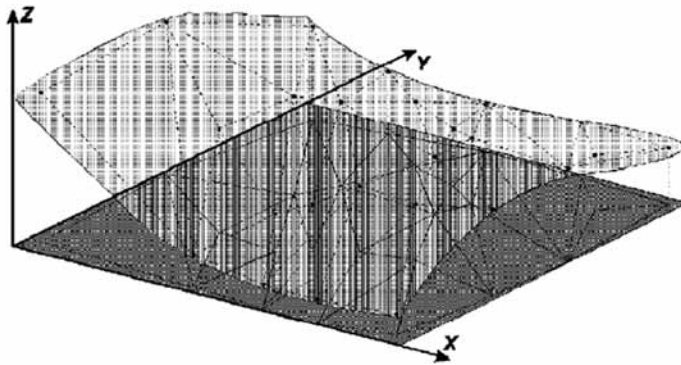
Os Modelos de Malha Triangular (TIN) são representados por um conjunto de poliedros cujas faces são triângulos, e os vértices são, geralmente, os pontos amostrados da superfície como ilustrado na Figura 1b (CÂMARA; FELGUEIRAS, 1999).

Figura 1a: Exemplo de grade regular



Fonte: Câmara & Felgueiras (1999)

Figura 1b: Exemplo de malha triangular



Fonte: Câmara & Felgueiras (1999)

Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na região Norte-Fluminense, na Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba, contida numa região denominada Baixada Campista. A Baixada Campista é definida como a margem direita e parte da margem esquerda do baixo curso do rio Paraíba do Sul, interando os municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e Quissamã (FENORTE, 2003).

A região trabalhada compreende-se, longitudinalmente, entre os limites do canal Campos-Macaé e Coqueiros, e, no sentido latitudinal, parte da margem direita do Rio Paraíba do Sul, indo até a Lagoa Feia (para onde direciona a drenagem do sistema de canais da Baixada). A área se inclui numa parte representativa da Baixada Campista.

Justificativa

As inundações das áreas urbanas e rurais de Campos dos Goytacazes ocorrem em constância, principalmente, no período de dezembro a março (FENORTE, 2003). Grandes prejuízos têm sido atribuídos a esses eventos, uma vez que o município se caracteriza por possuir grande parte de sua área habitada e locais onde ocorrem as atividades econômicas, desenvolvidos em áreas margeadas por corpos hídricos, cujas cotas, como visto, chegam a ser, muitas vezes, são superiores as dos terrenos. Neste sentido, o uso das terras da Baixada Campista sempre esteve associado a grandes projetos de drenagem (PLANER, 2007). Tais circunstâncias demonstram a pertinência e necessidade de estudos para se regular a ocupação dessas áreas, considerando os fatores mencionados e o reconhecimento das condições que contribuíram, no passado, para formar a atual configuração dos terrenos da Baixada Campista.

É importante abrir um parêntese para salientar, ainda, que grande parte da região a que este estudo se refere está passando uma nova fase de desenvolvimento, na qual será importante a consideração das condições do espaço, uma vez que se vise a um crescimento duradouro e sustentável. Isto se dá, sobretudo, em virtude de todo complexo industrial esperado na região do Porto do Açu e do Complexo Logístico Farol-Barra-do-Furado em vias de implantação a qual esta região integra. De acordo Crespo et al. (2010), a infraestrutura da região é insuficiente e exige soluções para que sejam evitados futuros problemas estruturais na forma de um planejamento imediato que forneça um ordenamento territorial responsável e adequado, evitando ocupação de várzeas ou demais áreas de risco e pensando em um novo sistema de macrodrenagem que seja compatível com a enorme demanda eminente.

Capaz de identificar as áreas críticas e direcionar o uso da terra de acordo com suas características, o zoneamento de áreas sujeitas à inundações, apresenta-se como uma ferramenta de extrema valia para ordenar e planejar o uso e a ocupação de uma região. Especialmente, aquelas de inundações recorrentes, como Campos dos Goytacazes, particularmente na Baixada. O objetivo deste trabalho foi oferecer a partir de um Modelo Digital de Terreno, um instrumento para realizar o Zoneamento de Áreas Suscetíveis a Inundações de uma área representativa da Baixada Campista compreendida, longitudinalmente, entre os limites do canal Campos-Macaé e Coqueiros; latitudinalmente, parte da margem direita do Rio Paraíba do Sul, indo até a Lagoa Feia (para onde direciona a drenagem do sistema de canais da Baixada), utilizando como ferramenta de apoio, um Sistema de Informação Geográfica (SIG); no caso deste estudo, usou-se o software ArcGis, versão 9.3.

Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho parte do princípio de que fatores reconhecidos como condicionantes de inundações, como, por exemplo: topografia, hidrografia, faixas marginais de proteção, uso da terra, entre outros, podem ser relacionados em cartas para a determinação de áreas de risco de inundação. Tendo em vista a importância dessas variáveis, o estudo se apoiou na coleta de dados topográficos e demais informações da área de estudo em questão para tratamento e análise dos dados. O primeiro objetivo desta metodologia é a modelagem dos dados topográficos em um Modelo Digital de Terreno, a partir do qual, se é possível a extração de outros dados importantes, assim como a análise integrada com as demais informações obtidas da área delimitada.

Para tanto, foi necessária a elaboração de um banco de dados, sendo esses dados coleções de informações tanto de arquivos do formato CAD, obtidos de outros trabalhos (Estudos Técnicos já realizados na região), quanto por vetorização de planos de informação de mapas físicos, disponíveis em menores escalas, permitindo uma maior precisão desses mesmos dados. As etapas deste estudo se organizaram da seguinte forma:

Levantamento de Informações e Bases cartográficas

- ◆ Levantamento de Informações sobre as Faixas de Proteção Marginal dos rios, lagoas e canais da região:
 - Levantamento de Informações sobre as Faixas de Proteção Marginal dos rios, lagoas e canais da região; com delimitação e geoprocessamento das FMPS das lagoas presentes na área de estudo (Lagoa Feia e do Jacaré) - A base cartográfica utilizada neste intuito é oriunda da antiga Secretaria Estadual de Rio e Lagoas (SERLA), disponibilizada na escala de 1:2.000, Um Estudo realizado em 2004 que fez parte do “Projeto de Demarcação das FMP – Faixas Marginais de Proteção - das Principais Lagoas da Baixada Campista”,
 - Para efeito de cálculo das FMPs total dos canais artificiais presentes na área de estudo, uma vez que os mesmo não possuem delimitação oficial, o presente trabalho utilizou como referência a Lei Estadual 650/83 em seu art.º 3º parágrafo único, que determina que a FMP terá, no mínimo, 15 metros de largura.

- ◆ Levantamento de informações altimétricas, rede drenagem e delimitação da área de trabalho:
 - Levantamento de informações altimétricas, rede drenagem e delimitação da área de trabalho, com aquisição destes dados do PROJIR, cartas na escala de 1:10.000, já digitalizadas, com curvas de nível a cada dois metros, fornecidas pelo *Campus* Dr. Leonel Miranda -UFRRJ. Estas, após tratamento e georreferenciamento, (Sistema de Projeção Cartográfica: Universal Transversal

de Mercator (UTM), Fuso: 24S, Datum horizontal: South_American_1969 - SAD-69) ainda serviram de referência para demarcação da hidrologia e delimitação da área de trabalho.

◆ Levantamento de atividades socioeconômicas existentes na área de estudo – identificação dos usos da Terra:

- O levantamento das informações socioeconômicas desenvolvidas na área de estudo foi feito, basicamente, por consulta à outros trabalhos científicos, com destaque: a dissertação de mestrado de Janaína Santos Lima Miro, com o Tema “Metodologia para a Elaboração do Zoneamento das Áreas Sujeitas a Inundações na Baixada Campista/Norte Fluminense – Rio De Janeiro”, publicada em 2008, com referência às suas pesquisas junto à Associação Norte Fluminense dos Plantadores de Cana (ASFLUCAN).

Para identificação dos usos da Terra nas áreas identificadas como sujeitas a Inundações na área trabalhadas, foram utilizadas imagens Google Earth Pro, que são disponibilizadas, gratuitamente, por 7 dias, e permitem a captura de imagens de melhor qualidade, diminuindo o número de imagens necessárias para confecção de mosaicos.

Para comparar os usos identificados com os recomendados, foi utilizado o Plano Diretor de Campos dos Goytacazes, bem como sua base de dados cartográfico para contraposição. – Obtido no formato CAD, a partir da Secretaria de Obras e Urbanismo de Campos dos Goytacazes – Escala 1:75.000;

Tratamento, vetorização e compilação das informações

Uma vez coletadas as bases cartográficas já existentes na região, todos os mapas tiveram seus Sistemas de Referência originais definidos e, posteriormente, convertidos para o Sistema de Projeção Cartográfica: Universal Transversal de Mercator (UTM), Fuso: 24S, Datum horizontal: South_American_1969 (SAD-69), a mesma referência dos dados do material do PROJIR. Todos os dados e análises foram executados em ambiente SIG (ArcGis 9.3, ambientes ArcCatalog e ArcMap).

Para geração e interpretação dos Modelos Digitais de Terreno, foi necessária a geração de informações altamente precisas da área, uma vez que as variações no terreno são bastante sutis. Desta forma, os dados de entrada foram todos preparados a partir da coleta de cartas do PROJIR da ordem de 1:10000, conforme descrito abaixo.

Os planos de informação utilizados como entrada, representando a rede de drenagem da área de trabalho, os ponto de altimetria e o polígono da área de trabalho foram criados no formato shapefile a partir do software ArcCatalog, usado para gerenciamento dos geodados e, também, para criação dos shapefiles e outros arquivos da interface ArcGis Desktop.

Pontos decota: Para extração de informações de alta precisão das cartas do PROJIR, os 14 mapas obtidos já escaneados foram, inicialmente, tratados e georreferenciados para a confecção do mosaico da área de trabalho. Os pontos de altimetria foram marcados no

modo de Edição do ArcMap, utilizando as cartas do PROJIR como referência, sendo as toponímias das cotas digitadas na tabela de atributos do shapefile “pontos_cotados”. No total, foram 49.189 marcados, manualmente, no mosaico (Figura 2).

Hidrografia: A hidrografia foi desenhada no modo de Edição do ArcMap, usando as cartas do PROJIR como plano de fundo de referência.

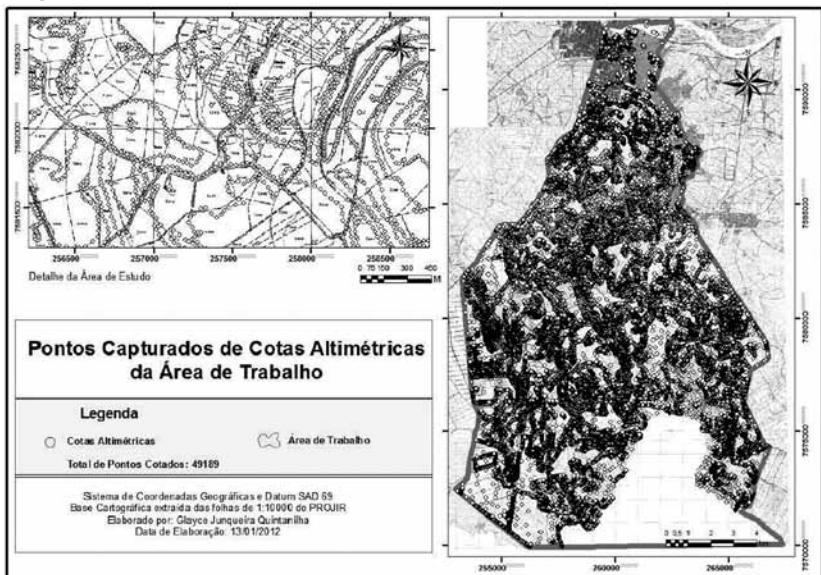
Área de trabalho: A área de trabalho, definida como faixa territorial compreendida longitudinalmente entre os limites do canal Campos-Macaé e Coqueiros, e no sentido latitudinal parte da margem direita do Rio Paraíba do Sul, indo até a Lagoa Feia, também, foi demarcada no modo de Edição do ArcMap, usando os mapas digitalizados do PROJIR como referência.

Geoprocessamento dos dados das Faixas Marginais de Proteção (Lagoas e Canais)

Para delimitação dos polígonos de FMPs das lagoas presentes na área de estudo (Lagoa Feia e do Jacaré), as cartas do “Projeto de Demarcação das FMP – Faixas Marginais de Proteção das Principais Lagoas da Baixada Campista” disponibilizadas no formato CAD, nas escalas de 1:2000, um total de 68 para Lagoa Feia, e XX para Lagoa do Jacaré, foram exportadas para o formato shapefile, georreferenciadas e unidas, espacialmente, para formação de polígonos únicos de FMPs.

Para efeito de cálculo das FMPs dos canais artificiais presentes na área de estudo, utilizou-se a técnica designada “buffer”, que estabelece automaticamente faixas com a largura desejada a partir de uma linha base. A largura foi configurada para 15 metros, de acordo com a Lei Estadual 650/83.

Figura 2: Pontos Capturados para Obtenção das Cotas Altimétricas da Área de Estudo



Mapas Produzidos

Guia Hidrológico

Uma vez que a maior parte dos mapas adquiridos nas pesquisas de bases cartográficas encontravam-se em escala igual ou superior a 1:50.000, estas cartas possibilitavam uma boa visão geral da região, embora com pouco detalhamento. Desta forma, estas informações foram úteis para visualização geral da área, com destaque aos Recursos Hídricos de maior contribuição para hidrologia do local.

No Guia hidrológico produzido em um trabalho, anteriormente, Quintanilha & Oliveira (2011), utilizaram a base de dados do “Projeto Reconstrução Rio” (Fundação Centro de Informações e Dados do Estado do Rio de Janeiro - CIDE), disponíveis na escala: 1:100.000 no formato CAD foi utilizada, selecionando as feições correspondentes a hidrologia dentro da área de trabalho e dos principais corpos hídricos contribuintes. Estas feições foram exportadas para o formato shapefile, que é um formato de trabalho do ArcGis e formatadas para um Layout de mapa.

Modelo Digital de Terreno – MDT

Para executar as análises para identificação e visualização de áreas com maior susceptibilidade a inundações foram construídos Modelos Digitais de Terrenos (MDT), a fim de apresentar os dados de forma mais próxima à representação da superfície do terreno. Para tanto, foram construídos MDTs nos formatos de Grade Triangular (TIN) e Grade Regular (GRID) com objetivo de maior aproveitamento das vantagens de cada um.

Para geração e interpretação dos Modelos Digitais de Terreno, foi necessária a geração de informações altamente precisas da área, uma vez que as variações no terreno são bastante sutis. Desta forma os dados de entrada foram todos preparados a partir da coleta de cartas do PROJIR da ordem de 1:10000, conforme descrito no tópico “Tratamento, vetorização e compilação das informações”

Os planos de informação utilizados como entrada para a geração do MDT foram: a rede de drenagem da área de trabalho, os pontos de altimetria e o polígono da área de trabalho, criados no formato shapefile a partir do software ArcCatalog, conforme descrito.

Resultados e Discussão

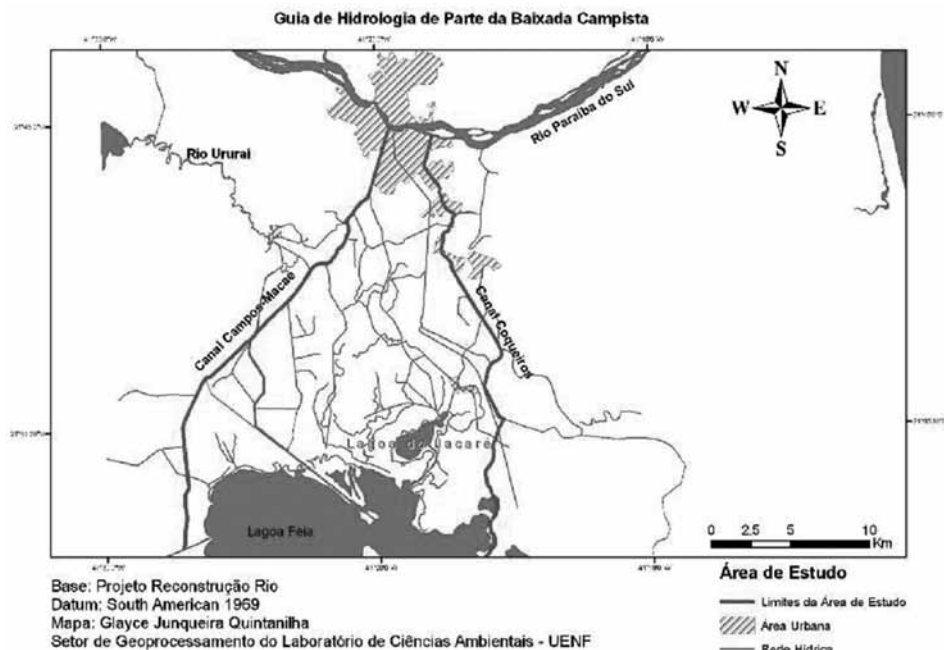
Guia Hidrológico

O mapa Guia Hidrológico é resultado de um trabalho anterior, produzido por Quintanilha & Oliveira (2011). Pode ser visualizada a grande extensão hídrica da área trabalhada na Baixada Campista (Figura 3).

Como se pode observar no mapa produzido, a área de estudo deste trabalho (delimitada pelos canais Campos-Macaé e Coqueiros, em vermelho) é extensamente cortada por corpos hídricos, representados por diversos canais de drenagem da baixada, compreendendo, também, valas, rios e lagoas. A extensão total de canais de drenagem calculada com auxílio do ArcGis é de, aproximadamente, 156,18km . Esse valor representa cerca de 10 por cento do estimados 1.500 km de Canais artificiais da Baixada Campista, fazendo desta área, uma amostra representativa da região. O mapa, representado na Figura 3, possibilita uma visualização mais ampla da área de estudo, assim como, alguns dos principais corpos hídricos contribuintes para a Bacia da Lagoa Feia (recortada pela área de estudo).

De acordo Quintanilha & Oliveira (2011), a grande extensão deste sistema hídrico já permite, por si mesma, demonstrar a fragilidade dessa região a inundações. A maior parte dessa região é utilizada para produção agrícola, com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar. Em épocas nas quais o índice pluviométrico chega a valores altos, a produção fica bastante comprometida, provocando grandes prejuízos de ordem econômica.

Figura 3: Guia de hidrologia de parte da Baixada Campista



De acordo Quintanilha & Oliveira (2011), a primeira medida que se deve tomar com a finalidade de mitigar os problemas históricos de danos ao meio ambiente, prejuízos econômicos e sociais, e a falta de uma gestão eficiente da Baixada Campista, é planejar

o seu uso em função das características intrínsecas da região, o que inclui considerar as áreas inundáveis como tal. Prevendo usos compatíveis para essas áreas que possuem cotas bem abaixo das do rio Paraíba do Sul. Os autores sugerem, desta forma, a elaboração do Zoneamento como instrumento para planejamento com definição das diretrizes que norteiem e organizem o uso e ocupação das terras da Baixada Campista, vislumbrando um desenvolvimento sustentável, uma vez que, a partir deste instrumento, se indiquem as medidas que possam minimizar os impactos negativos de fatores próprios de um meio, como são as inundações na Baixada Campista. Do ponto de vista de Miro (2008), o ponto de partida para elaboração do Zoneamento de Áreas Sujeitas a Inundações na Baixada Campista passa pela elaboração de um Modelo Digital de terreno da Região.

Modelo Digital de Terreno – MDT

Nas Figuras 4 e 5 estão representados, respectivamente, os Modelos Digitais no formato TIN e no formato GRID. Apesar da representação TIN, ter apresentado resultados visuais bastante próximos da representação GRID, numa visão panorâmica de toda a área de trabalho, este tipo de representação apresenta contornos mais grosseiros e patamares (que torna a declividade zero), principalmente, em áreas de topos ou planas com poucos pontos amostrados. Esta característica pode ser evidenciada no detalhe do TIN da Figura 4, indicando-se nestes casos, a suavização neste modelo. Os GRIDS já formam relevos mais suaves, adequados para visualização 3D (LOPES et al., 2006). O mesmo autor, considerando a comparação visual entre os diversos produtos dos MNT gerados em seu trabalho, identificou a grade criada com o software ArcGIS, com interpolador “Topo to Raster” como o que apresentou melhor resultado. Este é o mesmo interpolador utilizado para criação do GRID no presente trabalho, sendo assim, esta e as demais características apresentadas para os dois modelos adequam melhor o modelo GRID para os manuseios posteriores deste trabalho.

Os Modelos Digitais de Terreno produzidos evidenciam, nas áreas mais claras, e, principalmente, em tons de azul, as áreas com maior susceptibilidade a inundações, (exceto os tons de cinza e branco, na área urbana do município, que são as áreas mais altas da área de estudo). Conforme se pode observar na paleta de cores da legenda, as áreas em tons de azul e amarelo claro, representam áreas com cotas na escala de 0,5, 1,0 e 1,5 metro (tons azuis) e 2,0 metros (amarelo claro); desta forma, são as áreas mais baixas da área de trabalho, estando, sobretudo, localizadas nas proximidades das margens das lagoas Feia e do Jacaré. Já as áreas com variações em tons alaranjados representam as áreas de altimetria intermediária da área de trabalho, áreas distribuídas, sobretudo, nas áreas urbanas do município (Figura 6).

Conforme observado, os Modelo Digitais de Terreno gerados, possibilitaram

uma representação real da superfície da área estudada, a partir da utilização das características intrínsecas do terreno, facilitando a identificação visual das áreas com maior susceptibilidade a inundações.

Os Modelos Digitais de Terreno produzidos no presente trabalho, aliados a outros planos de informação, podem ser utilizados como base de dados para novas consultas e manipulações geográficas, tanto para fins de determinação de áreas susceptíveis a inundações quanto para outros objetivos.

A importância do presente estudo se traduz ainda, com relação à otimização da produtividade e do uso e ocupação do espaço, principalmente, no que se refere às áreas destacadas nas cores mais claras dos MDTs. Estas regiões devem ser utilizadas, prioritariamente, para preservação ambiental. Na porção Sul, como já observado, existe uma predominância de cores claras, principalmente, azul nas proximidades das lagoas Feia e do Jacaré, são as áreas mais baixas da área de trabalho e possivelmente, no passado, deveriam pertencer ao espelho d'água destas lagoas. Conforme citado, anteriormente, SERLA (2004) relata que as Lagoas Feia e do Jacaré deviam alcançar cotas de até 2,6 metros antes da finalização do canal da Flecha (1949). Outros trabalhos aumentam ainda mais esta medida, (4,73m), registrada em 1943, por um Relatório produzido pela Engenharia Gallioli em 1969, encontrado no acervo do DNOS, pesquisado por Bidegain; Bizerril; Soffiati Neto (2002). Hoje se sabe que a cota máxima destas Lagoas é 1,5 metro, que corresponde altura máxima do Canal da Flecha.

Bidegain, Bizerril & Soffiati Neto (2002), relatando a hidrologia primitiva da lagoa Feia, destacou as inundações ocorridas no passado, quando o nível do espelho d'água ultrapassava determinada cota, provavelmente, acima de 2,8m. Em função das características ambientais peculiares da área (evidentemente grandeza e importância ambiental), Bidegain, Bizerril & Soffiati Neto (2002) sugeriram a implantação de uma APA na região. Segundo o autor, a Unidade de Conservação proposta deveria abranger, tanto a área de espelho d'água, quanto as suas FMPs. Entretanto, diferente da Metodologia adotada pelo “Projeto de Demarcação das FMP – Faixas Marginais de Proteção das Principais Lagoas da Baixada Campista”, Bidegain, Bizerril & Soffiati Neto (2002) sugeriu a cota de 4,73 como o limite externo de FMP. O que entra em desacordo com a legislação vigente de demarcação de FMP que leva em função o NMA como o ponto de partida para demarcação lateral das FMPs, as larguras das FMPs. A Lagoa Feia, uma vez que foi considerada Área de Interesse Especial do Estado, teve sua FMP definida em 300 metros.

A recuperação da Lagoa Feia, com recuperação da área até onde esta alcançava a sua cota máxima de meados do século XX (4,73 m) como proposto por Bidegain, Bizerril & Soffiati Neto (2002), seria algo bastante complicado, em função dos atuais usos que se fazem na região. Áreas com até 4,73m, conforme se pode observar no tom limítrofe (amarelo-mostarda) do MDT na Figura 7, representa a maior parte da área de trabalho, inclusive, grande parte do Perímetro de Expansão Urbana do município, indicado pelo

Plano Diretor Municipal. Outrossim, o processo de transformação de lagos e lagoas em brejos ou áreas pantanosas é considerado um processo natural, mas que vem sendo acelerado por interferências antrópicas. Desta forma, uma alternativa para uma gestão sustentável da área, seria considerar as áreas sujeitas a inundações, tanto em função da recuperação ambiental, quanto no sentido de redução de perdas socioeconômicas, considerando limites plausíveis para recuperação do principal ecossistema presente na área de estudo deste trabalho: as Lagoas Feia e do Jacaré.

O Projeto de Demarcação das FMP – Faixas Marginais de Proteção das Principais Lagoas da Baixada Campista, produzido pela antiga SERLA em 2002 em conjunto com uma empresa contratada, questionava a possibilidade de elevação da altura das comportas do Canal da Flecha, para, desta forma, recuperar a área das lagoas Feia e do Jacaré, avaliando, para isso, o impacto socioeconômico nas adjacências das mesmas, pode ser em parte respondido, comparando as áreas claras (no entorno da lagoa Feia/Jacaré) do MDE e suas correspondentes localizações no Google Earth.

Traçando uma linha nos limites da zona amarela clara do MDT, próximo às margens da lagoa Feia e do Jacaré, como ilustrado na Figura 7, e sobrepondo esta à imagem Google Earth da área, pode-se simular a influência de um aumento no nível d'água da lagoa Feia na cota de 2 metros, evidenciando as supostas regiões atingidas (frisando que o presente estudo levou em conta somente a porção Norte da Lagoa Feia, dentro do município de Campos). Neste ponto, sem maiores refinamentos sobre o uso do solo das áreas atingidas, observa-se um baixo impacto no caso de uma possível elevação do espelho d'água nas margens da lagoa, já que a maior parte das áreas urbanizadas encontra-se fora do alcance destas linhas. As áreas dentro da linha limite estão subutilizadas, sendo utilizadas, majoritariamente, por pastagens. Entretanto, pode-se visualizar uma parte urbana de Ponta Grossa dos Fidalgos e de Tocos tocadas pela linha. Já para simular uma elevação para o nível de 2,4/2,6 m, como proposto pelo trabalho de “Demarcação das 22 principais lagoas da Baixada Campista”, seria mais complicado, uma vez que estas zonas estão classificadas num verde claro bastante miscigenado e atingindo bem mais áreas na área de trabalho. Para se ter uma resposta mais concisa, seria necessário fazer um mapeamento eficiente de uso da terra na região, abordando toda a área marginal da lagoa Feia (indo além dos limites da área de trabalho) e identificar a partir de curvas de nível de muito pequena equidistância (da ordem de 0,5 m), as áreas totais atingidas. A geração destas curvas de nível pode ser obtida por estudos futuros a partir do próprio GRID elaborado, já que o mesmo foi gerado com informações bastante detalhadas sobre a área de estudo.

Outra ponderação a ser considerada, é com relação às alterações humanas feitas nas margens destas lagoas, provocadas pela construção de diques irregulares para represamento da água em determinados pontos, inibindo o espalhamento natural do

espelho d'água nestes pontos, que tinham objetivo de expandir as áreas das propriedades rurais do entorno. Este fato altera a dinâmica das águas e a confiança da simulação feita. Além disso, diminui o volume d'água necessário para elevação do espelho d'água das lagoas.

Segundo Miro (2008), as áreas críticas mais sujeitas a inundações ou enchentes devem ter seu uso direcionado, preferencialmente, para recreação ou preservação ambiental, evitando, assim, problemas de ordem socioeconômica e catástrofes com possíveis perdas humanas.

Figura 4: Modelo Digital de Terreno da Área de Estudo no Formato TIN

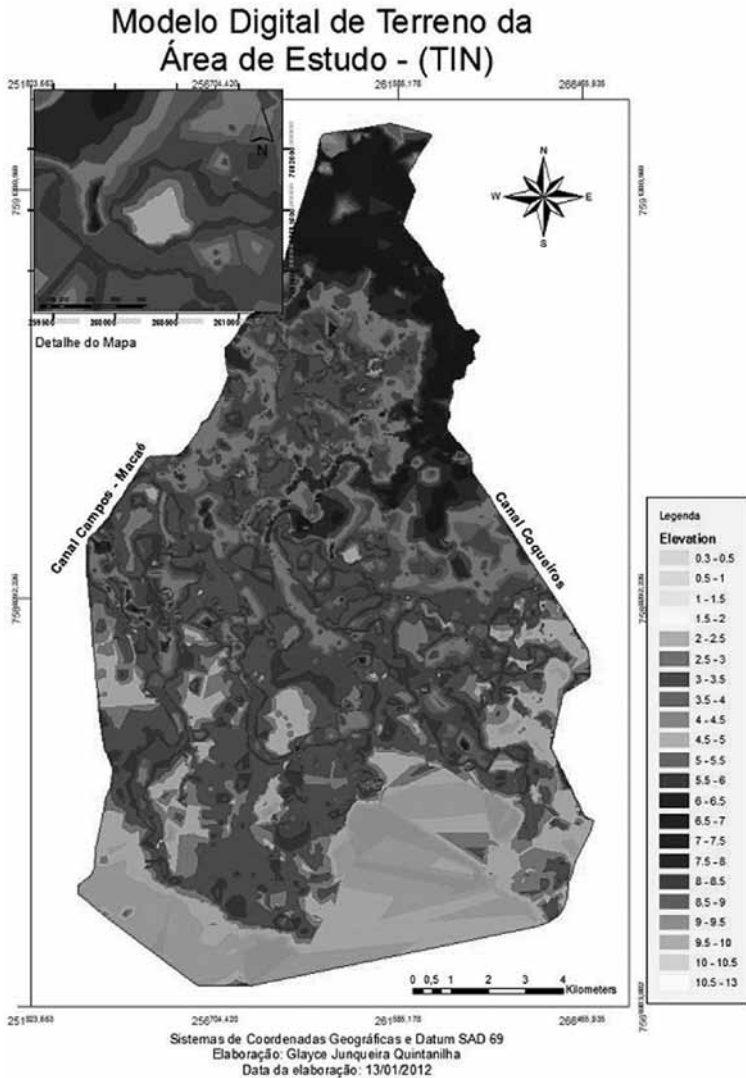


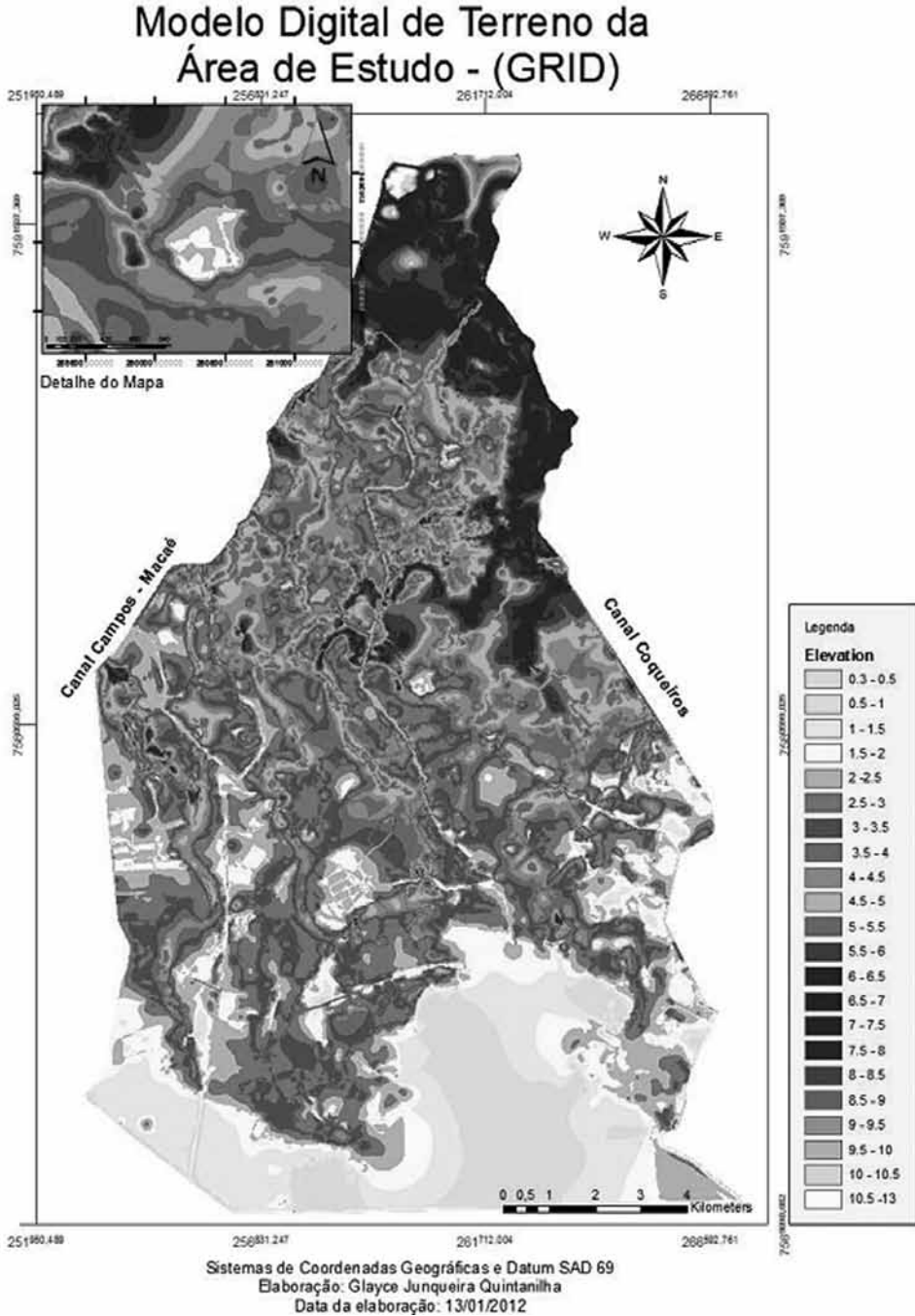
Figura 5: Modelo Digital de Terreno da Área de Estudo no Formato GRID

Figura 6: Perímetros Urbanos Sobrepostos ao MDT, formato GRID.

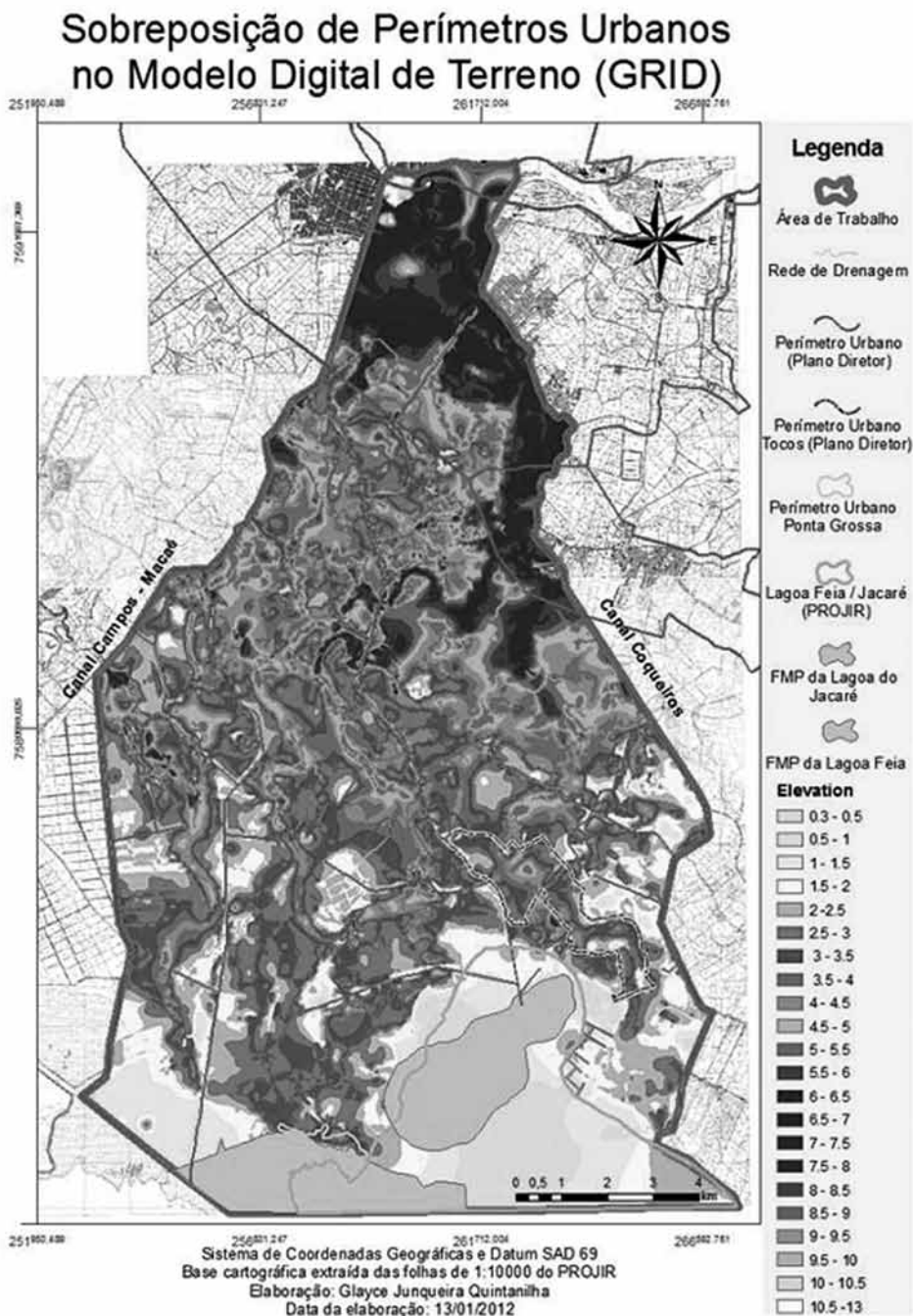
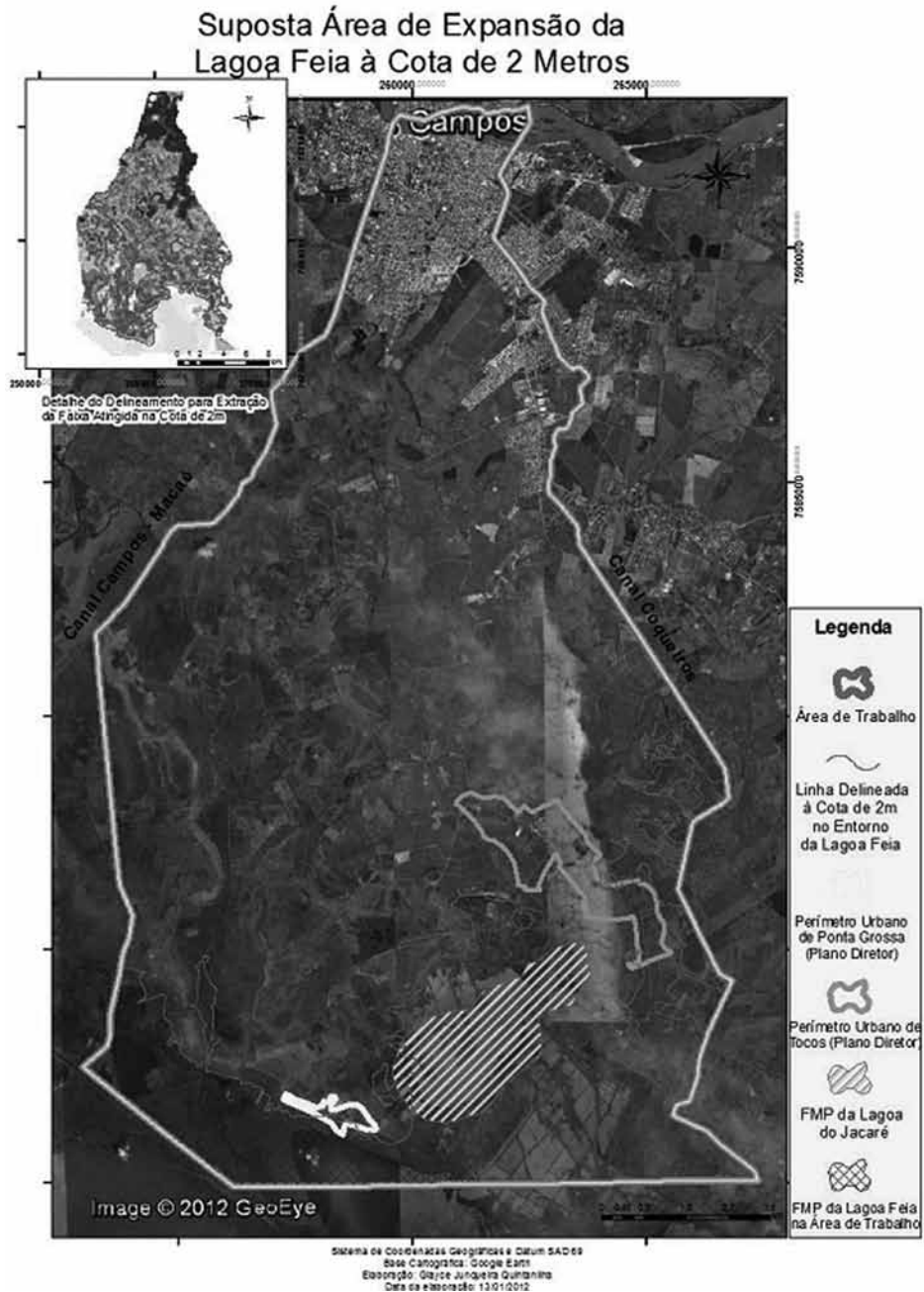


Figura 7: Suposta Área de Expansão da Lagoa Feia à Cota de 2 Metros.

Conclusão

O uso dos Sistemas de Informações Geográficas no presente trabalho possibilitou a recuperação, agregação, organização e sistematização de dados e informações espaciais da área de estudo, gerando como produto final um mapa de susceptibilidade a inundações ao qual deve servir de instrumento para o planejamento de políticas públicas urbanas, agrícolas e de proteção ambiental.

A representação da superfície real do terreno da área estudada, a partir do sistema computacional ArcGis, foi indispensável para visualização das áreas mais baixas da área de estudo. Os Modelos gerados se apresentam como ferramentas úteis para extração de dados para produções futuras e para definição de zonas de inundação.

Como visto, grande parte do município de Campos dos Goytacazes está desenvolvida em áreas antes banhadas por extensos corpos d'água e, hoje, várias áreas existem como resultado de grandes intervenções humanas para drenagem dos terrenos baixos da região, principalmente, para expandir as áreas agricultáveis.

Para as áreas baixas, apresentando maior susceptibilidade a inundações, devem-se desenvolver atividades de usos adequados, propondo otimização da produtividade, respeitando sua característica alagável e promovendo, com prioridade, medidas de organização do uso e ocupação do espaço, principalmente, no que se refere às áreas destacadas nas cores mais claras dos MDTs. Estas regiões devem ser utilizadas prioritariamente para preservação ambiental, conforme indagação da SERLA (2004), avaliando medidas para reincorporá-las ao espelho d'água das Lagoas Feia e do Jacaré.

Um destaque importante deste trabalho está na recuperação de uma base de dados do PROJIR, com auxílio do SIG (ArcGis), que possibilitou colocar informação antiga num novo contexto. A base analógica do PROJIR tem sido pouco explorada, porém possui uma gama de informações valiosas e precisas da Região Norte Fluminense, passíveis de serem utilizadas para diversos trabalhos.

Referências

ALCOFORADO, R. G.; CIRILO, J. A. Sistema de Suporte à Decisão para Análise, Previsão e Controle de Inundações. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Recife – PE, v. 6, n. 4, p.133-153, 2001.

ASSUNÇÃO, G. V.; FORMAGGIO, A. R.; ALVES, A. R.. Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras: uma abordagem usando SIG e imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1990, Manaus. Anais... São José dos Campos: INPE, 1990. p. 162 - 166.

BIDEGAIN, P. B. S. P.; BIZERRIL, C. R. S. F.; SOFFIATI NETO, A. A. Lagoas do Norte-Fluminense: perfil ambiental. Rio de Janeiro: SEMADS, 2002.

CÂMARA, G.; FELGUEIRAS, C. A. Introdução à Ciência da Geoinformação: Apresentação. In: CÂMARA, G.; DAVIS JR, C. A.; MONTEIRO, A. M. V. (Organizadores). Modelagem Numérica de Terreno. 1999. c. 7, p. 1-36.

CHICATI, M. L.; NANNI, M. R.; OLIVEIRA, R. B.; CEZAR, E. Modelagem de um Complexo de Inundação por Meio de Sistema de Informações Geográficas. Bragantia, Campinas, v.69, n.2, p.485-491, 2010.

COSTA, H.; WILFRIED, T. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro: uma abordagem geral. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160p.

COSTA, M. G. A. Avaliação de Áreas de Risco à Inundação no Perímetro Urbano de Caratinga - MG Através do Uso de Dados Altimétricos Provenientes do Sensor Aerotransportado Lidar. Monografia – Universidade Federal de Viçosa-MG, 2007.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P. et. al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE, jun. 2001. p.103 (INPE-8454-RQP/722)

CRESPO, M.S P.; ROSEIRA, R. E. G.; DO NASCIMENTO, G. S.; DA SILVA, J.A.F.; QUINTO JUNIOR, L. P. Contribuições para o Planejamento Urbano-ambiental na região Norte-Fluminense. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 4, p. 113-126, 2010.

EMÍDIO, T. Meio Ambiente & Paisagem. São Paulo: Editora SENAC/SP, 2006.

FENORTE/TECNORTE. Projeto de revitalização dos canais da Baixada Campista. Campos dos Goytacazes, RJ. Fundação Estadual do Norte Fluminense/Parque de Alta Tecnologia do Norte Fluminense, 2003. 463p.

GOMES, P. M. Gestão ambiental na esfera do Estado e do mercado: quem regula o quê e por quê. In.: QUINTAS, J.S. Pensando e Praticando a Educação Ambiental na Gestão do Meio Ambiente. Brasília: Ed. IBAMA, 1992, p. 129-136.

LAMEGO, A. R. O Homem e o Brejo. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1945.

KURTZ, F. C.; ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. et al. Zoneamento Ambiental dos Banhados da Estação Ecológica do Taim, RS. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 1, p.77-83, jan./fev. 2003.

MIRO, J. S. L. Proposta para a Elaboração do Zoneamento de Áreas Sujeitas à Inundação na Baixada Campista/Norte Fluminense. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - IFF Campos.

OLIVEIRA, M. O. A Crise Ambiental e suas Implicações na Produção de Conhecimento. In.: QUINTAS, J.S. Pensando e Praticando a Educação Ambiental na Gestão do Meio Ambiente. Brasília: Ed. IBAMA, 1992. p. 77-92.

OLIVEIRA, F. H.; PINTO, J. F.; WOSNY, G. C.; DAL SANTO, M. A. Utilização de Geotecnologias Para Avaliação do Risco Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi – Florianópolis/ SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis.

OLIVEIRA, A. S. Desenvolvimento de Modelo Numérico de Fluxo de Água Subterrânea no Município de São Paulo - Jurubatuba. Monografia (Graduação) - USP de São Carlos, São Paulo, 2008.

PLANER Ltda. Consórcio Intermunicipal Campos dos Goytacazes/Quissamã, Relatório de Impacto no Meio Ambiente. Projeto de Solução Integrada para Reabilitação Ambiental da Lagoa Feia, Canal das Flechas, Praia da Barra do Furado e Praia da Boa Vista. 2007. PROJIR. Projeto de Irrigação e Drenagem do Norte Fluminense. 1982

QUINTANILHA, G. J.; OLIVEIRA, V. P. S. Zoneamento de Áreas Sujeitas a Inundações na Baixada Campista-Norte Fluminense com o Auxílio do Geoprocessamento. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 5, n. 1, p. 163-175, jan./jun. 2011

ROSA, R. O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica. Tese (Doutorado) - São Paulo, 1995.

SERLA. Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul-RJ. Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. MPO/SEPURB/PQA-ABC-PNUD-UFRJ/COPPE. Governo do Estado do Rio de Janeiro. 1997.