

A CARTOGRAFIA NO ZONEAMENTO AMBIENTAL DE ÁREAS URBANAS EM ATENDIMENTO AO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO

Ivan Dornelas Falcone de Melo¹
Andrea F. T. Carneiro²

^{1,2} Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
^{1,2} Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
ivandornelas@uol.com.br

² Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
aftc@ufpe.br

RESUMO

Este trabalho discute a aplicação do Código Florestal em áreas urbanas e a utilização da cartografia no zoneamento ambiental do município. Com esse objetivo, foi realizada uma pesquisa da legislação pertinente, incluindo o meio ambiente na Constituição Federal, o Código Florestal Brasileiro e legislações ambientais do estado e município. A partir da conclusão de que a legislação ambiental não está restrita às áreas rurais, foi realizado um estudo numa área do município de Recife, para delimitação da área de preservação permanente situada ao longo do rio Capibaribe. A partir de base cartográfica da FIDEM – Fundação de Desenvolvimento Municipal e de levantamento altimétrico realizado para definir a cota de máxima inundação, foi produzida uma carta na escala de 1:10.000, contendo a delimitação da área de preservação.

Palavras-chave: Zoneamento Ambiental, Código Florestal Brasileiro, Cartografia para planejamento urbano

THE CARTOGRAPHY IN THE ENVIRONMENTAL ZONING OF URBAN AREAS TO THE REQUIREMENTS OF BRAZILIAN FOREST CODE

ABSTRACT

This paper discusses the application of the Brazilian Forest Code in urban areas and the use of cartography in the environmental zoning of the municipality. With this objective in mind, a research was carried out on the environmental legislation, including the Federal Constitution, Brazilian Forest Code and others. From the conclusion that the environmental legislation is not restricted to rural areas, a study was realized in an area of Recife, to delimit the permanent preservation areas located along the Capibaribe river. A map on a scale of 10.000 was elaborated using a cartographic base produced by FIDEM – Foundation of Municipality Development and an altimetric survey, to define the maximum height of flood water.

Keywords: *Environmental Zoning, Brazilian Forest Code, Cartography to urban planning*

1. INTRODUÇÃO

O descontrolado crescimento populacional e suas conseqüentes necessidades têm levado o homem a utilizar os recursos naturais de forma imediata, sem pensar nas implicações imediatas e nas gerações futuras.

Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento foi amplamente discutido uma nova forma de desenvolvimento que passou a ser objetivo fundamental de uma agenda de compromissos entre as Nações de forma que resultasse em um modelo de desenvolvimento sustentável, esse conjunto de metas foi intitulado de Agenda 21.

Para que se atinja o desenvolvimento sustentável é imprescindível conjugar esforços da sociedade como um todo, e entre estes esforços encontramos a necessidade de um planejamento que regule a ocupação desordenada do solo urbano. Como conseqüência desse planejamento, deve ser elaborado

um zoneamento ambiental. Um planejamento mal estruturado, mal fundamentado poderá ensejar um zoneamento incorreto e inadequado.

A Constituição Federal, no capítulo sobre o meio ambiente, prevê a necessidade do desenvolvimento sustentável quando traz que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Em atenção à Constituição Federal e ao Código Florestal Brasileiro, em julho de 2002, o município do Recife recebeu dos ministérios público Federal e estadual a recomendação que se não aprovasse projetos, nem autorizasse ou concedesse licenças para obras e construções, de qualquer natureza, em áreas de preservação previstas na lei, sob o risco de sanções legais, civil, criminal e administrativa. A determinação é aplicável a todos os municípios brasileiros, podendo ser exigida nos mesmos termos à qualquer administração municipal.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para a elaboração de documentos cartográficos aplicados ao zoneamento e mapeamento dessas áreas de preservação. Foi realizado um amplo estudo da aplicação do Código Florestal Brasileiro (Lei nº. 4771, de 15 de setembro de 1965), além da contextualização do direito ambiental e do planejamento e gestão urbana. Este estudo propõe, ainda, uma metodologia para a determinação da curva máxima de inundação de cursos d'água.

2. PLANEJAMENTO, GESTÃO E LEGISLAÇÃO URBANA

O desenvolvimento deste projeto teve início com o estudo teórico indispensável para o entendimento das variáveis e metodologias de tratamento do problema disponíveis. Assim, esse capítulo apresenta o desenvolvimento teórico dos temas: Planejamento e gestão para um desenvolvimento sustentável e legislação ambiental e a cidade.

2.1 – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Sustentável

Em 1940, a população brasileira apresentava uma concentração em torno de 25% nas áreas urbanas. No ano de 2000, esta concentração alcançou um taxa de aproximadamente 80%.

Esse incremento da concentração populacional apresentado nas zonas urbanas brasileiras, aliado à falta de planejamento e gestão urbana, tem ocasionado um desequilíbrio decorrente do impacto ambiental da má utilização do solo e dos recursos naturais das cidades.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, em sua resolução nº. 001 de 23 de janeiro de 1986, define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante da atividade humana. O CONAMA é um órgão colegiado, com formação paritária entre poder público e sociedade, sendo responsável pela elaboração da Política Nacional de Meio Ambiente.

Segundo SANTOS (2001), a partir da segunda metade do século XIX percebeu-se a degradação ambiental em âmbito mundial e suas catastróficas conseqüências, originando estudos e as primeiras reações no sentido de se conseguir fórmulas e métodos de diminuição dos danos ao ambiente. Entre os resultados destas ações, destacam-se os estudos do Clube de Roma, liderado por Dennis L. Meadows, que culminou com a publicação do livro Limites de crescimento (*The Limits to Growth*), que fez um diagnóstico dos recursos terrestres, concluindo que a degradação ambiental é resultado principalmente do descontrolado crescimento populacional e suas conseqüentes exigências sobre os recursos da terra. Se não houver uma estabilidade populacional, econômica e ecológica, os recursos naturais, que são limitados, serão extintos, e com eles a população humana.

Partindo destes estudos, chegou-se a definição de desenvolvimento sustentável que propõe a integração do desenvolvimento econômico à preservação do meio ambiente, ou seja, o modelo de desenvolvimento que atenda às necessidades dos presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades.

O desenvolvimento sustentável das cidades implica, ao mesmo tempo, no crescimento dos fatores positivos para a sustentabilidade urbana e diminuição dos impactos ambientais, sociais e econômicos indesejáveis no espaço urbano, CONSÓRCIO PARCERIA 21 (2000). A ocupação das áreas urbanas dos municípios requer uma ordem superior que garanta, através de leis, planejamento e gestão, um desenvolvimento sustentável.

Segundo SOUZA (2002), o planejamento tem por missão criar as condições para uma sobrevivência do sistema a longo prazo, mesmo que, para isso, fosse necessário, algumas vezes, ir contra os interesses imediatos de alguns capitalistas e, gestão urbana é a administração do presente com a ajuda da vontade e da criatividade. Neste sentido, o Planejamento e a Gestão Urbana são meios para se alcançar um desenvolvimento urbano, ou seja, um maior desenvolvimento sócio-espacial na cidade.

2.1.1 – Zoneamento

Zoneamento é a divisão do espaço sob jurisdição de um governo local em zonas que serão objeto de diferentes regulações no que concerne ao uso e ocupação da terra (CULLINGWORTH, 1993)

Entre os diversos campos abrangidos pelo direito urbanístico destaca-se o do zoneamento urbano. As diversas partes do território urbano são destinadas funcional e racionalmente a determinadas ocupações. Como acentua Le Corbusier, o zoneamento é uma operação feita no plano da cidade com o fim de atribuir a cada função e a cada indivíduo seu justo lugar, tendo por base a discriminação necessária entre as diversas atividades humanas.

Os municípios devem executar seus planos de desenvolvimento sem descumprir os planos nacionais. As decisões sobre zoneamento ambiental podem ser tomadas em âmbito municipal, contendo as áreas com fins de conservação e recuperação dos recursos naturais, sendo de caráter mais restritivo em relação à legislação federal e estadual.

Desta forma, o zoneamento ambiental deve ser a conseqüência do planejamento. Um planejamento mal estruturado, mal fundamentado poderá ensejar um zoneamento incorreto e inadequado.

2.2 – A legislação Ambiental e a Cidade

MACHADO (1988), elaborou alguns princípios fundamentais do Direito Ambiental:

- I – o ambiente sadio é um direito de todo ser humano;
- II – a diversidade biológica é condição da harmonia entre o ser humano e a natureza. A extinção das espécies deve ser evitada;
- III – o acesso aos recursos naturais deve ser eqüitativo e razoável;
- IV – quem usa os recursos naturais deve pagar e quem polui também deve pagar e reparar;
- V – o perigo de dano significativo ao meio ambiente, ainda que não reconhecido com absoluta certeza, obriga a atitudes imediatas de proteção;
- VI – o dano ao meio ambiente deve ser prevenido e evitado;
- VII – o dano ao meio ambiente deve ser reparado, se possível integralmente;
- VIII – as atividades concernentes ao meio ambiente devem ser informadas de forma transparente, eficaz e tempestiva;
- IX – as pessoas e as organizações não governamentais tem direito de participar do processo nas decisões públicas ambientais e tem direito de acesso ao poder judiciário para a defesa dos interesses difusos; e
- X – o poder público é responsável pelas ações e decisões que prejudiquem ou possam prejudicar o meio ambiente.

A Agenda 21 é um plano de ação estratégico, que constitui a mais ousada e a mais abrangente tentativa já feita de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

A Agenda 21 consolidou a idéia de que o desenvolvimento e a conservação do meio ambiente devem constituir um binômio indissolúvel, que promova a ruptura do antigo padrão de crescimento econômico, tornando compatíveis duas grandes aspirações desse final de século: o direito ao desenvolvimento, sobretudo para os países que permanecem em patamares insatisfatórios de renda e de riqueza, e o direito ao usufruto da vida em ambiente saudável pelas futuras gerações.

Trata-se de decisão consensual extraída de documento de quarenta capítulos, para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países, envolvidos, por dois anos, em um processo preparatório que culminou com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, em 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida por ECO-92.

O Brasil, assim como os demais países signatários dos acordos oriundos da CNUMAD/92, assumiu o compromisso de elaborar e implementar a sua própria Agenda 21.

A Agenda 21 brasileira tem por objetivo instituir um modelo de desenvolvimento sustentável a partir da avaliação das potencialidades e vulnerabilidades de nosso país, determinando estratégias e linhas de ação cooperadas ou partilhadas entre a sociedade civil e o setor público. O documento pode ser elaborado para o país como um todo, para regiões específicas, estados e municípios. Não há fórmula pré-determinada para a construção de Agendas. Também não há vinculação ou subordinação entre a Agenda 21, em fase de organização no país, e as iniciativas de Agendas 21 locais, ou seja, os municípios não devem esperar a conclusão da Agenda 21 brasileira para iniciar seus processos próprios de elaboração da Agenda 21.

Como uma das metas traçadas pela Agenda 21 brasileira, está o aperfeiçoamento da regulamentação do uso e da ocupação do solo urbano e a promoção do ordenamento do território, contribuindo para a melhoria das condições de vida da população, considerando a promoção da eqüidade, a eficiência e a qualidade ambiental.

2.2.1 – O Meio Ambiente na Constituição Federal

A Constituição Federal – CF de 1988, em seu artigo 225, Capítulo VI – Do Meio Ambiente, preceitua que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para o presente e as futuras gerações. Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

- I** – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;
- II** – preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;
- III** – definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;
- IV** – exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;
- V** – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;
- VI** – promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;
- VII** – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.

A CF determina, ainda, que quando de condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente os infratores estarão sujeitos, sendo pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. A legislação está baseada em determinações da CF, tendo os estados e os municípios as suas próprias constituições, que são denominadas Constituição Estadual – CE e Lei Orgânica do Município – LOM, respectivamente.

2.2.2 – A Constituição do Estado de Pernambuco

A Constituição do Estado de Pernambuco diz que é dever do estado de Pernambuco proteger o meio ambiente, combatendo a poluição em qualquer uma de suas formas. Um capítulo é dedicado a Proteção do Meio Ambiente, determinando que o desenvolvimento deve ser conciliado com a proteção ao meio ambiente. Os seguintes princípios devem ser obedecidos:

- I** – preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais;
- II** – conservação do manejo ecológico das espécies e dos ecossistemas;
- III** – proibição de alterações físicas, químicas ou biológicas, direta ou indiretamente nocivas a Saúde, a Segurança e ao bem-estar da comunidade.

Na Constituição Estadual – CE de Pernambuco encontra-se ainda, um capítulo dedicado ao Desenvolvimento Urbano, que trata da política de desenvolvimento urbano devendo ser formulada e executada pelo Estado e municípios, de acordo com as diretrizes fixadas em lei, visando a atender a função social do solo urbano, ao crescimento ordenado e harmônico das cidades e ao bem-estar dos seus habitantes.

A CE, em seu artigo 146, determina que a Lei Orgânica dos Municípios, obedecendo às exigências da Constituição da República, fixará o âmbito, conteúdo, periodicidade, obediência, condições de aprovação, controle e revisão do plano diretor, utilizando, quanto a sua feitura, mecanismos de participação popular em sua elaboração e competência dos órgãos de planejamento.

O plano diretor, como instrumento básico da política de desenvolvimento urbano, deverá ser aprovado pela Câmara Municipal, sendo obrigatório para os municípios com mais de vinte mil habitantes, para os municípios integrantes da região metropolitana ou das aglomerações urbanas, criadas através de lei complementar. Compreenderá o plano diretor a totalidade do território municipal, dispondo, entre outras matérias, sobre o zoneamento urbano, ordenação da cidade, preservação e proteção do meio ambiente e dos recursos hídricos, implantação do sistema de alerta e de defesa civil e identificação dos vazios urbanos e das áreas subutilizadas.

Os municípios a que alude o Parágrafo 1º e os que tenham mais de vinte mil habitantes e sejam vizinhos, poderão formar Conselhos Regionais ou de microrregião, para elaboração dos seus Planos Diretores e fiscalização da sua execução.

2.2.3 – A Lei Orgânica Municipal do Recife

A Lei Orgânica Municipal – LOM do Recife determina que cabe ao Município, em conjunto com a União e o Estado proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas. No capítulo de Políticas Urbanas consta que a mesma será formulada e executada pelo Município, de acordo com as diretrizes gerais fixadas nas legislações federal e estadual, com o objetivo de ordenar as funções sociais da cidade no contexto da Região Metropolitana, garantindo o bem-estar a toda a população e que o instrumento da política urbana é o Plano Diretor.

O Plano Diretor é um instrumento norteador da ação do municipal, no sentido de promover a definição da configuração urbanística da cidade, orientando a produção e uso do espaço urbano, tendo em vista a função social da propriedade. É objetivo Plano Diretor estabelecer parâmetros de equilíbrio ambiental e mecanismos de controle para seu cumprimento.

O Plano Diretor de Desenvolvimento da Cidade do Recife – PDDR foi criado através da Lei nº. 15.547, de 1991, e estabelece as Diretrizes Gerais em Matéria de Política Urbana, criando o Sistema de Planejamento e de Informações da Cidade.

No PDDR encontra-se também um capítulo dedicado ao meio ambiente, trazendo em seu primeiro artigo que o município do Recife promoverá o seu desenvolvimento urbano considerando como critério, no planejamento e na execução das ações, a busca do equilíbrio entre os benefícios sócio-econômicos e os impactos ambientais decorrentes das intervenções no espaço urbano.

2.2.4 – A Lei do Parcelamento do Solo Urbano e o Estatuto da Cidade

A Lei Federal nº. 6.766, de 1979, dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e recebeu uma importante alteração em 1999, através da Lei nº. 9.875. A Lei nº. 9.875 fez constar como legislação municipal à definição das zonas em que o território do Município deverá ser dividido, como, os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, incluindo, obrigatoriamente, as áreas mínimas e máximas de lotes, bem como os coeficientes máximos de aproveitamento.

A partir do dia 10 de outubro de 2001, entrou em vigor a Lei nº. 10.257, conhecida como Estatuto da Cidade, que, em conjunto com o capítulo de Política Urbana da Constituição Federal, dão as diretrizes para a política urbana do país, nos níveis federal, estadual e municipal.

2.2.5 – O Código Florestal Brasileiro

Em 1965 foi criado o Novo Código Florestal Brasileiro – CFB, que determina serem as florestas e as demais formas de vegetação existentes no Território Nacional, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, como bens de interesse comum a todos os habitantes do País, devendo ser exercido direitos de propriedade, com as limitações estabelecidas na legislação em geral e especialmente no CFB.

As áreas de preservação permanente são consideradas, pelo CFB, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima, seja:
 - 1 - de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 2 - de 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - 3 - de 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - 4 - de 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - 5 - de 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, em um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Em uma revisão do CFB, ocorrida em 1989, foi incluído um importante parágrafo que descreve, no caso de áreas urbanas. As áreas urbanas são entendidas com os perímetros urbanos definidos pela lei municipal, as regiões metropolitanas e as aglomerações urbanas, em todo o território, devendo ser observado os respectivos planos diretores e as leis de uso do solo, e respeitados os princípios e os limites a que se refere à lei.

Através de uma medida provisória a Presidência da República alterou alguns artigos do CFB. Elaborou definições importantes, como a que profere como sendo áreas de preservação permanente, as áreas protegidas nos termos dos artigos CFB, cobertas ou não por vegetação nativa, cuja função ambiental seja preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, bem como, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADA AO PLANEJAMENTO URBANO

Neste capítulo, são apresentados brevemente os temas específicos de Geodésia e Cartografia, cujo conhecimento foi necessário para a elaboração da presente proposta de zoneamento ambiental de áreas urbanas.

3.1 – Modelo Digital de Terreno - MDT

A representação do relevo ou terreno é uma componente fundamental no processo cartográfico. Esta representação, em formato digital, recebe o nome de Modelo Digital do Terreno (MDT) ou Modelo Numérico do Terreno (MNT), consistindo de um conjunto de dados que explicitam as coordenadas (X,Y,Z) do terreno e a forma como as mesmas estão relacionadas, ou seja, MDT é uma representação matemática da distribuição espacial de um fenômeno vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado.

Para a representação de uma superfície real no computador é indispensável a criação de um modelo digital, podendo ser por equações analíticas ou por uma rede de pontos na forma de uma grade de pontos regulares e ou irregulares.

A partir dos modelos podem ser calculados volumes, áreas, desenhados perfis e seções transversais, geradas imagens sombreadas ou em tons de cinza, gerados mapas de declividade e exposição, gerados fatiamentos em intervalos e perspectivas tridimensionais.

Para a geração de grades, a partir de amostras, são utilizados interpoladores amostrais. No processo de Modelagem Numérica de Terreno existem três fases distintas, são: aquisição dos dados, geração de grades e elaboração de produtos representando as informações obtidas.

3.2 – Posicionamento com GPS

Para ROMÃO (2002) o objetivo da Geodésia, do ponto de vista prático, é localizar precisamente pontos sobre a superfície da Terra. Nesse sentido, o Sistema de Posicionamento Global – GPS tem facilitado todas as atividades que necessitam de posicionamento.

O sistema GPS é composto por 24 satélites que orbitam em torno da Terra, há uma altitude de aproximadamente 20.000 quilômetros, distribuídos em seis planos orbitais com quatro satélites em cada plano, permitindo que em qualquer local da superfície terrestre tenha a sua disposição pelo menos quatro satélites para serem rastreados.

O princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites num sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites (MONICO, 2000).

O termo posicionamento por tecnologia GPS pode ser compreendido como a determinação das coordenadas de posição de pontos, na superfície da Terra, em relação a um referencial específico, utilizando-se das medições nos sinais de rádio transmitidas pelos satélites (CARVALHO, 2003).

Entre os métodos de posicionamento por GPS, quando são utilizados dois ou mais receptores, com a determinação das coordenadas a partir das coordenadas de um outro ponto previamente conhecidas, sendo estes pontos ocupados, simultaneamente, por receptores GPS, temos o posicionamento relativo, ou seja, as coordenadas de um ponto são calculadas em relação à outro ponto com coordenadas conhecidas.

Como coordenadas conhecidas, pode ser utilizado as de um ponto da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC que é uma rede ativa e de coleta permanente de dados GPS, implantada e mantida pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, cujas informações são disponibilizadas pela rede mundial de computadores Internet.

No posicionamento dos satélites e nos cálculos internos dos receptores GPS é utilizado o sistema de coordenadas cartesianas.

O sistema de coordenadas cartesianas (X,Y,Z) possui a sua origem no centro da Terra, os eixos X e Y pertencem ao plano do equador e o eixo Z coincide com o eixo de rotação da Terra. Como a coordenada Z é vertical, em relação ao plano do equador, e a altura elipsoidal (h), é normal a superfície de referência. Um acréscimo no valor de h não produz de mesmo valor em Z.

O posicionamento por GPS permite a obtenção de coordenadas tridimensionais com boa precisão. No entanto, quase sempre o valor da altura elipsoidal não tem grande valia para projetos de engenharia e ciências afins, onde geralmente os valores de altitude utilizados são referenciados ao campo gravitacional, neste caso o geóide.

3.3 – Determinação de Altimetria com GPS

O GPS proporciona altitudes de natureza puramente geométrica, ao passo que, na maioria das atividades práticas, o que interessa são as altitudes vinculadas ao campo de gravidade da Terra, ou seja as altitudes ortométricas, as quais possuem ligação com a realidade física.

A ondulação geoidal até bem pouco tempo só podia ser determinada através de levantamento gravimétrico através do Teorema de Stokes. Sendo a coleta de dados gravimétricos e cálculos bastante demorado e oneroso. A do GPS na obtenção das coordenadas tridimensionais facilitou sobremaneira a determinação da ondulação geoidal, com o modelo matemático reduzido a uma simples adição (SANTOS, 2002).

A altitude ortométrica (h) pode ser encontrada a partir da altitude elipsoidal (H) obtida pelo processamento dos dados dos satélites GPS, desde que se conheça a ondulação geoidal (N) usando apenas relações de soma e subtração algébrica (equação 1). De uma forma simplificada, mas com aproximação muito boa tem-se (GEMAEL, 1999):

$$h = H + N \quad (1)$$

onde:

h = Altura ortométrica;
 H = Altura elipsoidal; e
 N = Ondulação Geoidal.

No entanto, segundo MONICO (2000), a determinação de altitudes ortométricas via GPS, visando substituir o nivelamento geométrico de alta precisão, ainda é um objetivo a ser atingido, a longo prazo. Enquanto isto não é viável, soluções locais e técnicas aproximadas devem ser adotadas nas aplicações que requeiram um nível de precisão intermediário, desde que a região do projeto não seja muito extensa e não existam evidências de que possam ocorrer variações bruscas no geóide.

Uma técnica para a determinação da ondulação geoidal é realizada pela diferença de altitudes, ou seja, o conhecimento prévio das alturas elipsoidal e ortométrica, possibilitando a definição da ondulação geoidal.

Em pequenas distâncias, a ondulação geoidal, por aproximação, pode ser considerada constante, sendo aplicada ao outro ponto com altura elipsoidal determinada, obtendo-se, assim, a altura ortométrica.

4. ÁREA DE ESTUDO

A Cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco, foi edificada sobre uma planície flúvio-marinha, em forma semicircular e ocupa uma área de aproximadamente 220 quilômetros quadrados, tendo como fronteira, ao norte, os Municípios de Paulista e Olinda; a leste, o Oceano Atlântico; ao sul, o Município do Jaboatão dos Guararapes e a oeste, os Municípios de Camaragibe e São Lourenço da Mata (Figura 1).

O município do Recife, fundado em 12 de março de 1537, possui uma população residente de 1.422.905 habitantes (IBGE, 2000) distribuídas em 94 bairros, seu processo de ocupação fez-se por meio de aterros em áreas de maré e nas terras de planícies. O ambiente natural do Recife é composto por praias, rios, mangues, matas e mananciais, o que se constitui em uma riqueza ímpar e lhe atribui características que o diferencia das demais cidades brasileiras.

O rio Capibaribe (Figura 2) nasce nas encostas da Serra de Jacarara a uma altitude aproximada de mil metros no município de Jataúba (PERH, 2000). Este rio tem origem na zona do Agreste pernambucano, a cerca de duzentos quilômetros da cidade do Recife, passando por vários centros urbanos. Apresenta direção inicial Sudeste-Nordeste até as proximidades da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, quando seu curso toma a direção Oeste-Leste, percorrendo uma extensão total de 270km, até foz na cidade do Recife.

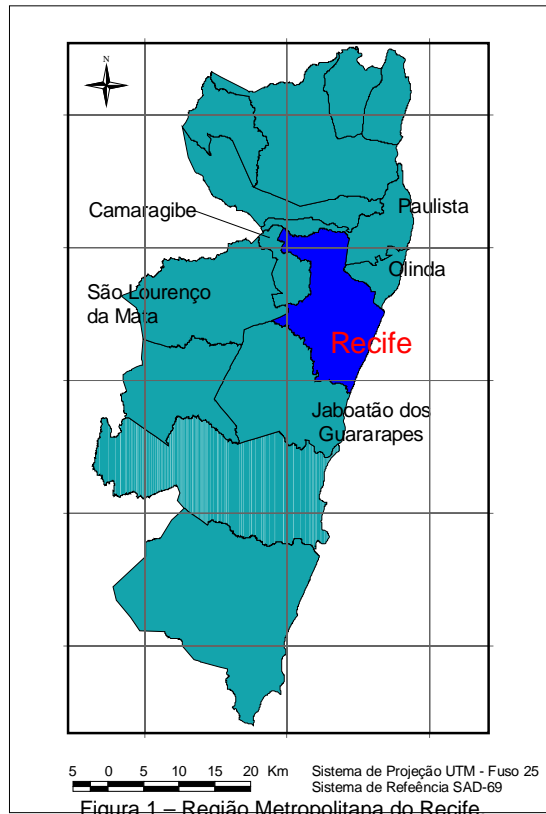


Figura 1 – Região Metropolitana do Recife.

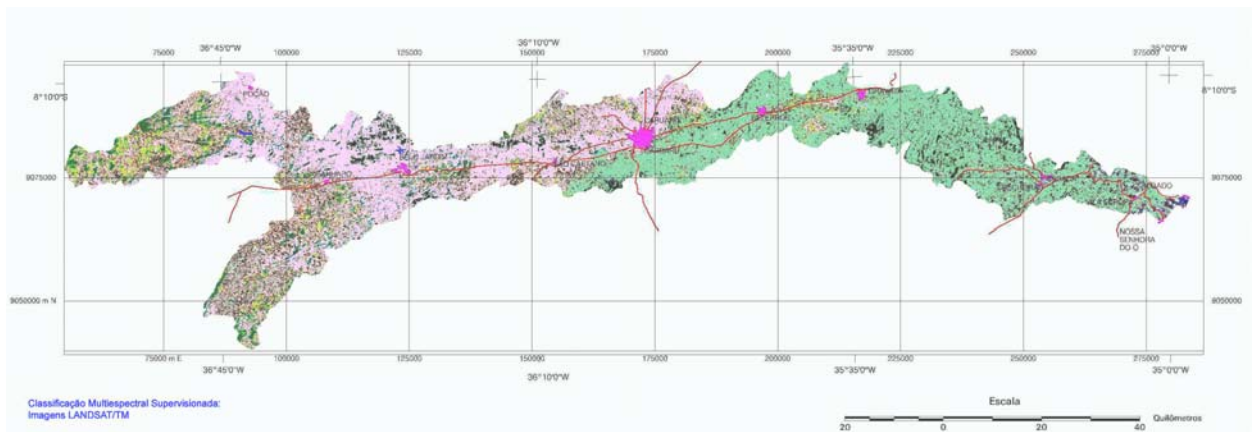


Figura 2 – Bacia do rio Capibaribe

Fonte: Programa Estadual de Recursos Hídricos, 2000

A área selecionada para este trabalho compreende uma parte da cidade do Recife, situada às margens do rio Capibaribe, respeitando-se a articulação do mapeamento cadastral da Região Metropolitana do Recife – Projeto UNIBASE (Figura 3).

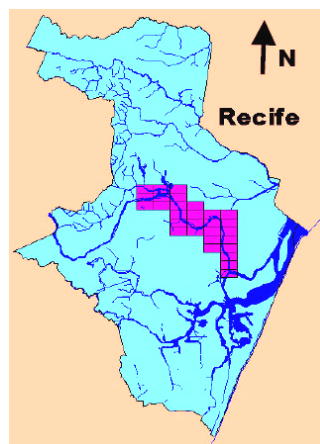


Figura 3 – Área de Estudo

5. METODOLOGIA DO ESTUDO

Este ítem apresenta o desenvolvimento do estudo de caso realizado no município de Recife, descrevendo os métodos utilizados em cada fase do trabalho.

5.1 – Projeto Cartográfico

Para realização desta pesquisa foi elaborado inicialmente um projeto cartográfico com o objetivo de definir o produto final a ser alcançado.

Um Projeto Cartográfico deve conter todas as informações necessárias para a produção da base de dados espaciais, tais como escala, sistema de projeção e convenções a serem adotadas. Neste sentido, foram definidos os elementos que caracterizam o projeto cartográfico para o mapeamento da área de estudo, de forma que o documento cartográfico resultante seja um instrumento eficiente para a aplicação do Código Florestal.

Como base cartográfica para este projeto foram adotadas as plantas cadastrais do Consórcio UNIBASE – FIDEM (Projeto Unificação de Bases Cadastrais – Fundação de Desenvolvimento Municipal). Essas plantas são representadas no sistema de projeção UTM e sistema de referência SAD-69, sendo preservadas estas características no material cartográfico produzido, enquanto que nos estudos que envolveram altimetria foi adotado o Datum Altimétrico de Imbituba – SC.

Analisando a escala dessas plantas (1:1000) e, considerando que a acurácia visual corresponde a 1/5 do milímetro, a menor classe a ser representada não poderia apresentar dimensões menores que 0,2m, sendo esta a menor distância entre margens dos cursos d'água com possibilidade de representação.

5.2 – Zoneamento preliminar com base na cartografia existente

Para a elaboração de um zoneamento preliminar foi realizada a medição da distância entre as margens, na base cartográfica adotada.

Como procedimento de medição foram tomados alguns pontos em uma das margens do Rio Capibaribe e traçada uma perpendicular a outra margem, sendo tomada o comprimento dos seguimentos de retas e enquadrado no artigo 2º do CFB (Figura 4).

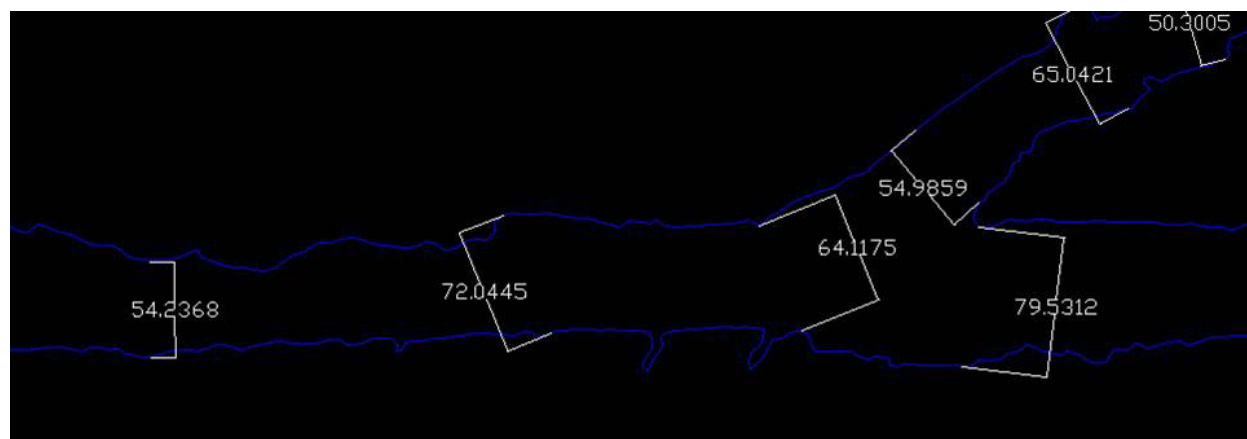


Figura 4 – Distância entre margens

De posse dessas medidas e do respectivo enquadramento ao CFB foi delimitada uma área de abrangência correspondente a área de preservação permanente (conforme o artigo 2º do CFB) e elaboradas as plantas de Zoneamento das Áreas de Preservação Permanente na escala 1:1.000 (Figura 5), que posteriormente foram generalizadas para uma carta na escala 1:10.000 (Figura 6).

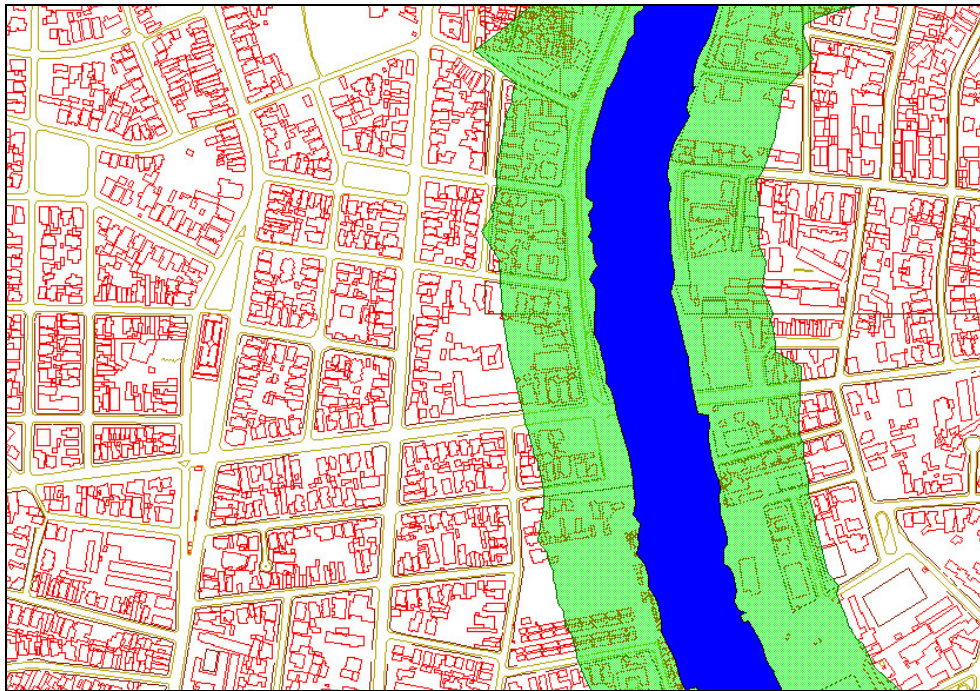


Figura 5 – Zoneamento das áreas de preservação permanente – 1:1000

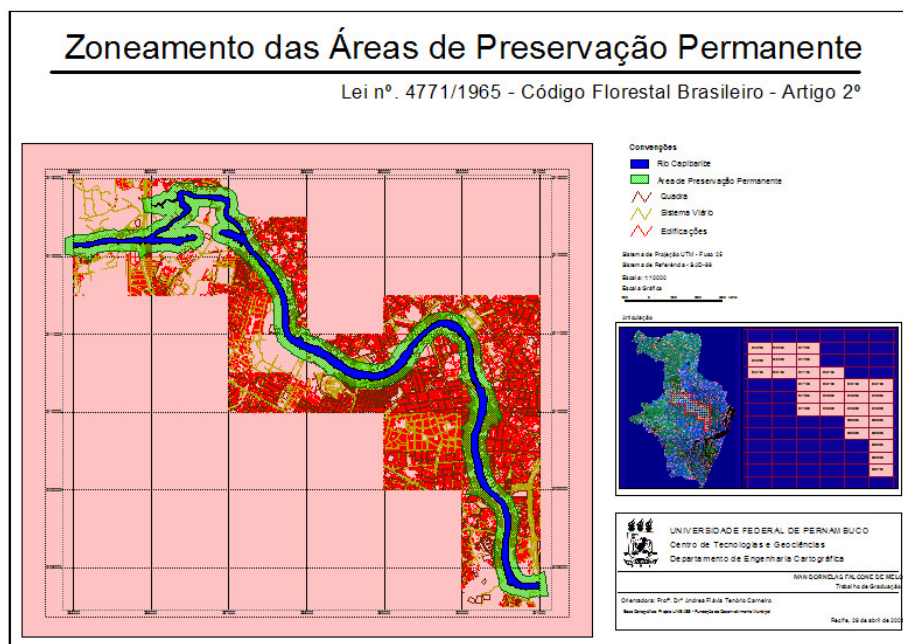


Figura 6 – Zoneamento das áreas de preservação permanente – 1:10000

5.2.1 – Zoneamento com base na curva máxima de inundação

Como as plantas UNIBASE foram produzidas por fotogrametria, é impossível afirmar se o leito do rio restituído representava o nível mais alto desse curso d'água.

Para a identificação das áreas passíveis de preservação segundo o CFB, foi necessária a determinação do nível mais alto do curso d'água. Para tanto, foi monitorado o comportamento do nível da maré através da observação das tábuas de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) dos meses de fevereiro e março.

Esses meses foram caracterizados por períodos de altos índices pluviométricos como demonstram as informações publicadas pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE do Instituto de Tecnológico de Pernambuco – ITEP, que apresentam precipitações elevadas em todas as regiões do Estado de Pernambuco.

Segundo seus relatórios mensais, a precipitação média do Estado no mês de janeiro é de 65 milímetros, enquanto que em janeiro deste ano a precipitação total medida foi de 295 milímetros. Na primeira quinzena de fevereiro, observaram-se chuvas de grande intensidade, com registros acima de 100 milímetros, em todas as regiões do estado. Os totais médios acumulados superaram a média mensal de fevereiro em praticamente todas as regiões. Nos primeiros cinco dias do mês, as precipitações médias por região atingiram valores entre 60 e 200 milímetros, sendo que os maiores índices ocorreram na Zona da Mata e Litoral.

As chuvas acumuladas no período de janeiro a março de 2004 podem ser observadas na Figura 6. De um modo geral, os totais pluviométricos ultrapassaram a média climatológica em todo o estado de Pernambuco, devido as fortes chuvas ocorridas durante o mês de janeiro e os primeiros dias de fevereiro.

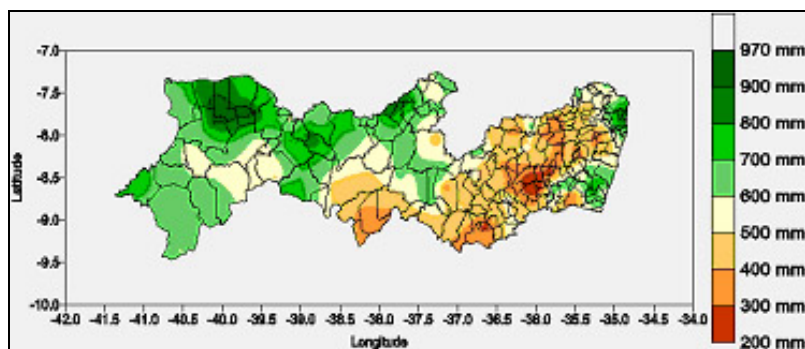


Figura 7 – Distribuição espacial das chuvas (mm) acumuladas no período de janeiro a março de 2004 no estado de Pernambuco. Fonte: LAMEPE/ ITEP

O Recife apresenta um histórico de enchentes com o transbordamento do Rio Capibaribe que remontam de 1632, quando foi registrada a primeira enchente que se tem notícia, e 1638, quando o conde Maurício de Nassau mandou construir a primeira barragem no leito do Capibaribe. Desde então existe uma preocupação com as enchentes no Recife. A “cheia” de 1975 foi considerada a maior calamidade do século passado, deixando 80% da cidade sob as águas e mais 25 Municípios da Bacia do Capibaribe em estado grave.

Em maio de 1978 foi inaugurada a Barragem de Carpina, construída para conter as enchentes do Rio Capibaribe. Com 950 metros de comprimento, 42 metros de altura, a barragem tem capacidade para armazenar 295 milhões de metros cúbicos de água e fica a maior parte do ano seca, só enchendo no período chuvoso. Outras barragens foram construídas ao longo da Bacia do Capibaribe com o objetivo de abastecimento de água para a população do Estado.

Estas obras civis proporcionaram uma nova realidade ao Recife que passou a sofrer inundações pela impermeabilização dos solos e precária rede de drenagem e não mais pelo transbordamento do Rio Capibaribe.

Desta forma, torna-se dispensável uma série histórica que englobe anos antecedentes a essas obras para a determinação do nível mais alto do rio, visto que a realidade atual da cidade é outra.

Analisando as Tábuas de Marés de fevereiro e março, observou-se que a altura máxima a ser alcançada neste período seria de 2,4 metros, no dia 21 de fevereiro, no entanto as condições meteorológicas deste dia não permitiram a observação da cota máxima atingida nas margens do rio. A próxima altura máxima da maré seria de 2,3 metros, sendo escolhido o dia 7 de março, as 16 horas e 24 minutos, para esta observação.

Com esse objetivo, foi selecionado um ponto em uma das margens do Capibaribe, no interior da área de estudo, que não possuísse cais. Na data e horário previsto, observou-se a subida da maré, materializando-se o ponto mais alto alcançado pelas águas.

Nas proximidades da área foi localizado um ponto de referência de nível - RN, situado na parede externa da igreja localizada no Parque da Jaqueira, sendo, em seguida realizado o transporte de sua cota para um ponto mais adequado ao rastreamento por receptor GPS.

Simultaneamente, foram ocupados o ponto transportado a partir do RN e o ponto na margem do rio, que representa a cota máxima de inundação. Estes pontos foram georreferenciado por posicionamento GPS, e, processados a partir do ponto da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC localizado no prédio da Biblioteca Central da UFPE.

Com esses dados e com o conhecimento da altura ortométrica da Referência de Nível, foi possível calcular a altura ortométrica do ponto mais alto do rio.

Através do convênio de cooperação firmado junto à FIDEM, foi disponibilizada a planta, em meio digital, contendo a altimetria (curvas de nível e pontos cotados) da área de estudo. Com este material foi

possível a elaboração de um Modelo Digital de Terreno – MDT, planta de curvas de nível e visualização em três dimensões (Figura 8).

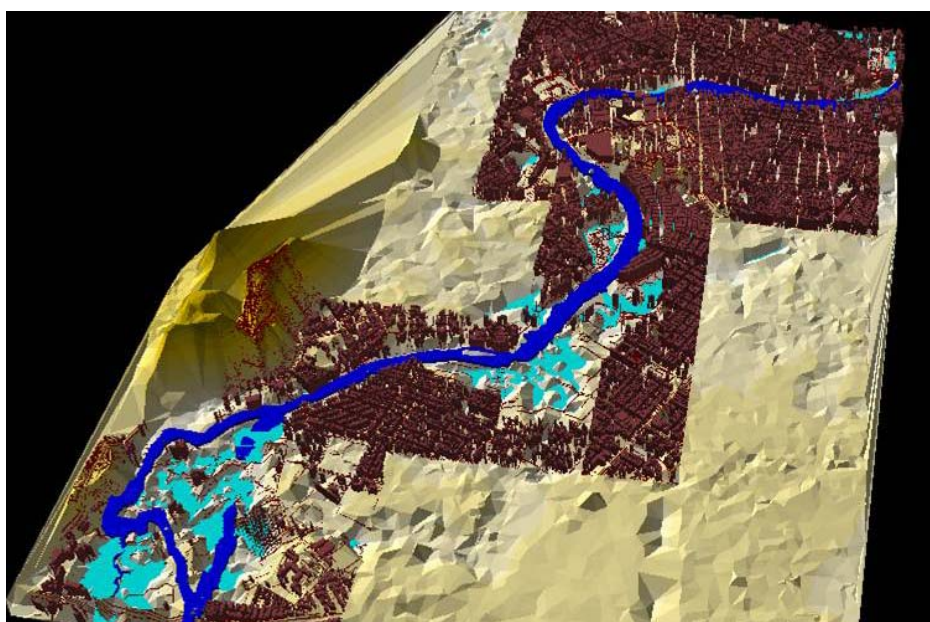


Figura 8 – Modelo Digital do Terreno da área de estudo

Comparando a cota máxima do Capibaribe com a altimetria gerada e as plantas cadastrais da UNIBASE, foi determinada uma curva representativa do limite máximo do rio Capibaribe, para implementação do zoneamento das áreas de preservação.

Para determinação da faixa de preservação, em função da largura do rio, foi repetido o procedimento realizado no zoneamento preliminar.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo da legislação ambiental deixou clara a obrigatoriedade de aplicação do Código Florestal Brasileiro em zonas urbanas. A identificação das áreas sujeitas à preservação, em áreas urbanas de alta densidade e valorização imobiliária, envolve a utilização de procedimentos técnicos adequados, para que os limites de aplicação da legislação sejam precisos.

Este trabalho apresentou ferramentas adequadas ao planejamento num nível macro, onde é necessário que se tenha a visão de uma superfície maior, com menor detalhamento. Por isso, foi necessário generalizar a base cartográfica inicial, para obtenção da carta na escala de 1:10.000. A efetiva aplicação do Código Florestal, que deve envolver processos de regularização fundiária, desapropriação, e outros atos judiciais que implicam em direitos de propriedade, torna-se necessária a elaboração de produtos cartográficos em escala cadastral.

A inclusão de dados altimétricos e a confiabilidade dos mesmos são imprescindíveis para a extração das informações necessárias à identificação das áreas de preservação previstas no Código Florestal Brasileiro, conforme o estudo realizado.

Os resultados mostrados nesta pesquisa não podem ser considerados conclusivos, no entanto trazem uma contribuição importante para um tema pouco valorizado na área de planejamento urbano, que é a qualidade do produto cartográfico adequado a cada aplicação. É necessário, portanto, que este tenha continuidade, para o desenvolvimento de uma metodologia consistente para o zoneamento de áreas de preservação permanente em zonas urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**, DF: Congresso Federal, 1988.

BRASIL, Lei Federal (1965). **Código Florestal Brasileiro – Lei nº 4771**, DF: Congresso Federal, 1965.

BRASIL, Lei Federal (1979). **Lei do Parcelamento do Solo Urbano – Lei nº 6766**, DF: Congresso Federal, 1979.

BRASIL, Lei Federal (2001). **Estatuto da Cidade – Lei nº 10257**, DF: Congresso Federal, 2001.

BRASIL. **Censo Demográfico Brasileiro**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Brasília, 2000.

CARVALHO, PRC. **Estudo das Distorções do Sistema Geodésico de Referência da Região Metropolitana do Recife**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Engenharia Cartográfica. Dissertação de Mestrado. Recife, 2003.

<http://www.itep.br/meteorologia/infoclima.htm>, em 23/04/2004

<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21>, em 21/04/2004

<http://www.pe-az.com.br/enchentes.htm>, em 24/04/2004

MACHADO, PAL. **Direito Ambiental Brasileiro**. Malheiros, 1998. 7ª Edição

MONICO, JFG. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: UNESP, 2000.

ONU. **Agenda 21 nos Municípios**. Consórcio Agenda 21. 2000
PERNAMBUCO, Constituição (1989). **Constituição do Estado de Pernambuco**, PE: Assembléia Legislativa, 1989.

PERNAMBUCO. **Programa Estadual de Recursos Hídricos – PERH**. Secretaria Estadual de Recursos Hídricos. Recife, 2000.

RECIFE, Lei Municipal (1991). **Plano Diretor de Desenvolvimento da Cidade do Recife – Lei nº 15547**, PE: Câmara dos Vereadores do Recife, 1991.

RECIFE, Lei Orgânica (1990). **Lei Orgânica do Município do Recife**, PE: Câmara dos Vereadores do Recife, 1990.

ROMÃO, VMC; Silva, TFS; SILVA, A. **A Lei 10267 e a Norma 14166: Procedimentos para o Geoprocessamento**. Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro, 2002, Florianópolis: UFSC, 2002.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco - Condepe / Fidem a cessão das plantas do Projeto UNIBASE utilizadas como base cartográfica nesta pesquisa.